

METRO DE MADRID

PROGRAMA DE CONOCIMIENTOS

OFICIO 2025

OBRA CIVIL



Para el nuevo proceso de ingreso en Metro de Madrid, se han creado un **CANAL** y un **GRUPO** de **Telegram** para informar, resolver dudas y compartir novedades en tiempo real.

El **CANAL** y el **GRUPO** ofrecerán actualizaciones sobre el proceso, mientras que el **GRUPO** además se permitirá la comunicación directa entre participantes para resolver inquietudes y compartir información relevante. Se fomenta un ambiente de **respeto y colaboración**, asegurando interacciones constructivas para todas las personas interesadas. ¡Participa y mantente al tanto! Accede aquí:



PLANES DE FORMACIÓN OFICIALES EN ESPAÑA PARA LAS SIGUIENTES TITULACIONES DE FORMACIÓN PROFESIONAL:

A continuación, se amplía la información sobre las titulaciones de **Técnico en Construcción, Técnico en Soldadura y Calderería y Técnico en Obras de Interior, Decoración y Rehabilitación.**

Técnico en Construcción

Esta titulación de grado medio, perteneciente a la familia profesional de Edificación y Obra Civil, capacita al estudiante para ejecutar obras de albañilería, estructuras de fábrica y hormigón, cubiertas y elementos auxiliares. El técnico participa en tareas de replanteo, ejecución y control de calidad de los trabajos, siguiendo los planos técnicos y cumpliendo con la normativa vigente en materia de seguridad, salud laboral y sostenibilidad medioambiental.

Técnico en Soldadura y Calderería

Esta titulación de grado medio, adscrita a la familia profesional de Fabricación Mecánica, prepara al estudiante para realizar uniones mediante soldadura y corte, así como la fabricación y montaje de estructuras metálicas y calderería ligera y pesada. Las actividades se desarrollan con técnicas manuales y automáticas, ajustándose a procedimientos técnicos, especificaciones de calidad y normativa de seguridad, prevención de riesgos y respeto al entorno.

Técnico en Obras de Interior, Decoración y Rehabilitación

Esta titulación de grado medio, integrada en la familia profesional de Edificación y Obra Civil, habilita al estudiante para ejecutar trabajos de tabiquería, revestimientos, falsos techos, acabados decorativos y rehabilitación de elementos constructivos. El técnico interviene en la mejora estética y funcional de los espacios interiores, aplicando técnicas tradicionales y actuales, conforme a los criterios de calidad, seguridad y sostenibilidad.



Para obtener información detallada sobre los planes de formación de las titulaciones de **Técnico en Construcción, Técnico en Soldadura y Calderería y Técnico en Obras de Interior, Decoración y Rehabilitación**, puedes consultar los siguientes enlaces oficiales del Ministerio de Educación y Formación Profesional de España:

- **Técnico en Construcción:**

<https://www.todofp.es/que-estudiar/familias-profesionales/edificacion-obra-civil/construccion.html>

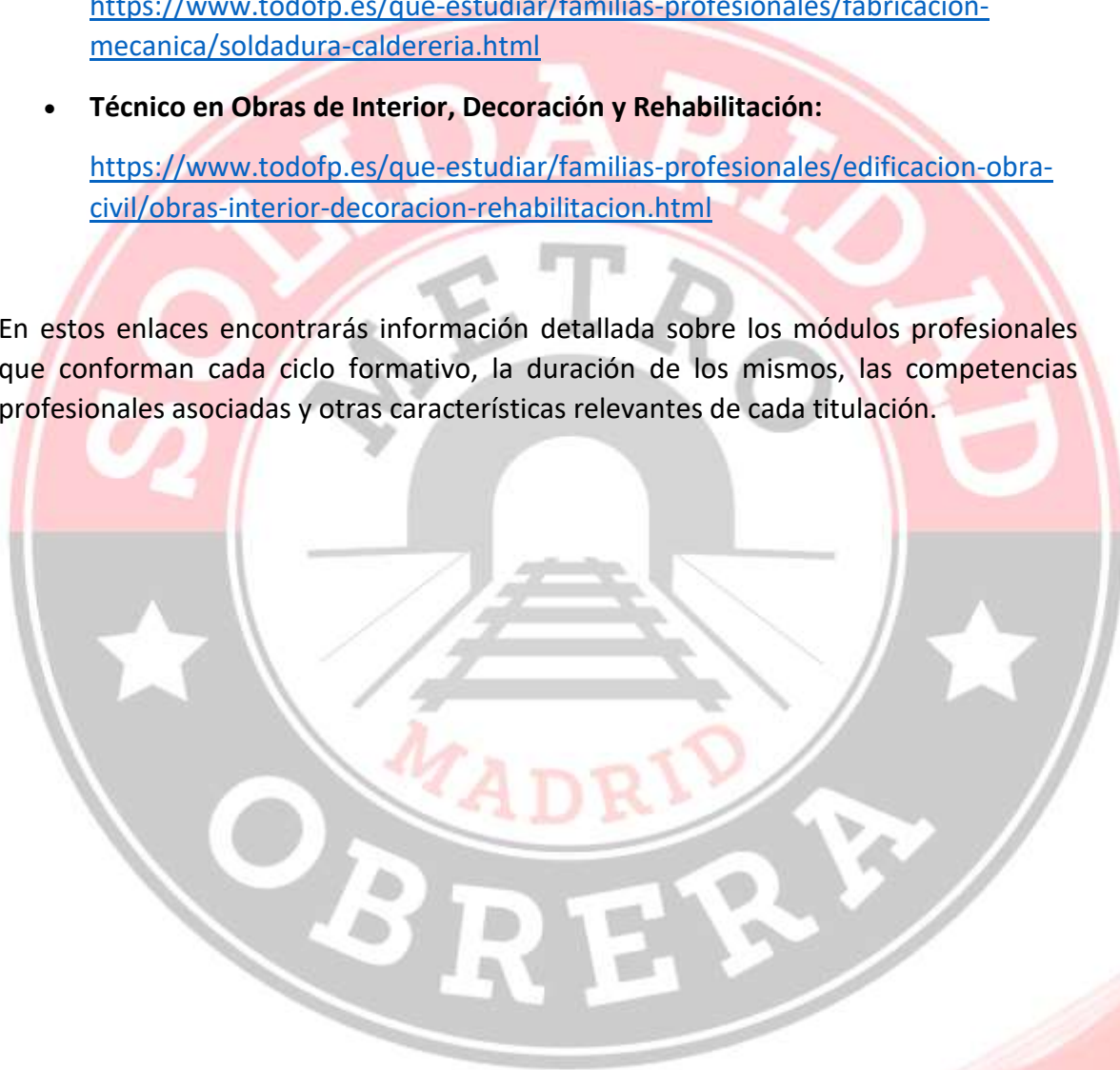
- **Técnico en Soldadura y Calderería:**

<https://www.todofp.es/que-estudiar/familias-profesionales/fabricacion-mecanica/soldadura-caldereria.html>

- **Técnico en Obras de Interior, Decoración y Rehabilitación:**

<https://www.todofp.es/que-estudiar/familias-profesionales/edificacion-obra-civil/obras-interior-decoracion-rehabilitacion.html>

En estos enlaces encontrarás información detallada sobre los módulos profesionales que conforman cada ciclo formativo, la duración de los mismos, las competencias profesionales asociadas y otras características relevantes de cada titulación.





AVISO IMPORTANTE SOBRE ESTE TEMARIO



Este material se ofrece de forma gratuita y tiene como único propósito complementar el estudio individual del programa oficial de conocimientos. No sustituye ni reemplaza los contenidos oficiales, por lo que puede contener erratas o imprecisiones.

Conocimiento compartido y mejora colectiva

Este temario se basa en la idea de que el conocimiento debe ser libre, accesible y construido de forma colectiva. Entendemos la formación como un proceso en constante evolución, donde cada persona puede aportar, corregir y enriquecer el contenido. Si encuentras errores, tienes propuestas de mejora o deseas incluir información útil, tu colaboración es bienvenida. Este material está vivo y abierto, como reflejo de nuestros principios de Solidaridad, apoyo mutuo y empoderamiento Obrero. Aprender juntos, compartir saberes y mejorarlos es también una forma de luchar y avanzar hacia una formación más consciente y transformadora.

te agradeceríamos que nos lo comuniques enviando un correo a:

soliinformacion@gmail.com

Este temario es fruto del gran esfuerzo y dedicación de los delegados y delegadas de Solidaridad Obrero, quienes han trabajado para elaborarlo y distribuirlo de manera altruista.

❤️🖤 ¡Gracias por tu confianza y colaboración! 🖤❤️



1.	ALBAÑILERÍA.....	9
1.1.	MATERIALES UTILIZADOS EN ALBAÑILERÍA	9
1.2.	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS EN TRABAJOS DE ALBAÑILERÍA.....	11
1.3.	TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE MUROS Y TABIQUES	12
1.4.	REHABILITACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE ALBAÑILERÍA	14
1.5.	ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE ALBAÑILERÍA	15
2.	INTERPRETACIÓN DE PLANOS DE CONSRTUCCIÓN	33
2.1.	DEFINICIÓN	33
2.2.	TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PLANOS	34
2.3.	LECTURA DE UN PLANO	45
2.4.	NOMENCLATURA	48
3.	REVESTIMIENTOS	57
3.1.	INTRODUCCIÓN A LOS REVESTIMIENTOS.....	57
3.2.	REVESTIMIENTOS CONTINUOS	63
3.3.	REVESTIMIENTOS DISCONTINUOS.....	72
3.4.	PATOLOGÍAS Y MANTENIMIENTO EN REVESTIMIENTOS	82
4.	ENCOFRADOS	89
4.1.	INTRODUCCIÓN A LOS ENCOFRADOS.....	89
4.2.	ENCOFRADOS HORIZONTALES	95
4.3.	ENCOFRADOS VERTICALES	107
5.	HORMIGÓN ARMADO	128
5.1.	INTRODUCCIÓN AL HORMIGÓN ARMADO.....	128
5.2.	MATERIALES Y PREPARACIÓN	137
5.3.	ARMADO.....	145
5.4.	HORMIGONADO	154
6.	SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS.....	165
6.1.	INTRODUCCIÓN A LOS SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS	165
6.1.	DEFINICIÓN Y FINALIDAD DE LOS SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS	165
6.2.	EJECUCIÓN DE SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS.....	169
6.3.	TRABAJOS DE ACABADO	189
7.	CUBIERTAS	196
7.1.	INTRODUCCIÓN A LAS CUBIERTAS.....	196
7.2.	CUBIERTAS PLANAS.....	201
7.3.	CUBIERTAS INCLINADAS.....	206
7.4.	FIJACIONES Y REMATES.....	214

7.5.	COMPARACIÓN ENTRE CUBIERTAS PLANAS E INCLINADAS.....	220
8.	IMPERMEABILIZACIONES Y AISLAMIENTOS	226
8.1.	INTRODUCCIÓN	226
8.2.	AISLAMIENTO TÉRMICO	227
8.3.	AISLAMIENTO ACÚSTICO	233
8.4.	AISLAMIENTO FRENTE AL FUEGO	237
8.5.	IMPERMEABILIZACIÓN	240
9.	PARTICIONES PREFABRICADAS, MAMPARAS, SUELOS TÉCNICOS Y TECHOS SUSPENDIDOS.....	249
9.1.	INTRODUCCIÓN	249
9.2.	PARTICIONES PREFABRICADAS	250
9.3.	MAMPARAS	260
9.4.	SUELOS TÉCNICOS.....	268
9.5.	TECHOS SUSPENDIDOS.....	278
10.	REFORMA Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS.....	294
10.1.	CONCEPTOS BÁSICOS.....	294
10.2.	DAÑOS Y DEFECTOS FRECUENTES	296
10.3.	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN REFORMAS.....	303
10.4.	REPARACIONES SENCILLAS EN LA EDIFICACIÓN	307
10.5.	INSTALACIONES Y SISTEMAS AUXILIARES EN REHABILITACIÓN.....	316
10.6.	TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS APLICADAS A LA REHABILITACIÓN	323
11.	INTERPRETACIÓN GRÁFICA.....	330
11.1.	HERRAMIENTAS DE DIBUJO	330
11.2.	NORMALIZACIÓN EN DIBUJO INDUSTRIAL.....	334
11.3.	PRINCIPIOS GENERALES DE REPRESENTACIÓN.....	338
11.4.	CROQUIZADO.....	345
11.5.	PERSPECTIVA.....	350
11.6.	VISTAS.....	355
11.7.	CORTES, SECCIONES Y ROTURAS	360
11.8.	ACOTACIÓN.....	365
11.9.	INTERPRETACIÓN DE PLANOS.....	369
11.10.	REPRESENTACIÓN DE TOLERANCIAS	375
11.11.	REPRESENTACIÓN DE TOLERANCIAS	388
11.12.	DIBUJO ASISTIDO POR ORDENADOR.....	412
12.	TÉCNICAS DE SOLDADURA.....	414



12.1.	SOLDADURA POR ARCO PROTEGIDO.....	414
12.2.	SOLDADURA TIG O GTAW	430
12.3.	SOLDADURA GMAW – MIG/MAG.....	441
13.	TÉCNICAS DE TRAZADO, CORTE Y CONFORMADO	451
13.1.	CONCEPTO Y OBJETIVOS DEL TRAZADO	451
13.2.	INSTRUMENTOS DE MEDIDA	452
13.3.	HERRAMIENTAS Y UTILIZADAS EN EL TRAZADO	456
13.4.	PRODUCTOS QUE CONTRIBUYEN AL TRAZADO Y COMPROBACIÓN DE PIEZAS..	462
13.5.	TECNICAS DE TRAZADO	466
13.6.	OPERACIONES DE SUJECCIÓN DE PIEZAS Y HERRAMIENTAS	473
13.7.	HERRAMIENTAS DE SUJECCIÓN	474
13.8.	CENTRADOS Y TOMA DE REFERENCIAS EN PROCESOS DE CORTE, CONFORMADO Y TALADRADO DE PIEZAS MECÁNICAS METÁLICAS DE MENOR TAMAÑO	476
13.9.	TÉCNICAS DE CORTE	479
13.10.	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE CORTE MECANICO.....	482
13.11.	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE CORTE TÉRMICO	484
13.12.	TÉCNICAS DE CONFORMADO DE MATERIALES METÁLICOS	487
13.13.	CONSIDERACIONES EN LOS PROCESOS DE CORTE, CONFORMADO Y TALADRADO	491
14.	MECANIZADO DE PIEZAS	498
14.1.	DEFINICIÓN Y TÉCNICAS BÁSICAS DE MECANIZADO	498
14.2.	TIPOS DE MECANIZADO	498
14.3.	TIPOS DE HERRAMIENTAS DE MECANIZADO	505
14.4.	MATERIALES DE FABRICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CORTE PARA MECANIZADO 510	
14.5.	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN MECÁNICA.....	511
14.6.	MAQUINAS HERRAMIENTAS.....	514
14.7.	MATERIALES UTILIZADOS EN MECANIZADO.....	523

1. ALBAÑILERÍA

La albañilería es una disciplina fundamental en la construcción que abarca la ejecución de muros, tabiques, revestimientos y estructuras con diversos materiales como ladrillos, bloques y piedra. Su objetivo principal es proporcionar resistencia y estabilidad a los edificios, garantizando su funcionalidad y durabilidad.

El trabajo de albañilería implica la utilización de herramientas especializadas y técnicas constructivas que han evolucionado con el tiempo, adaptándose a las nuevas tecnologías y materiales empleados en la edificación moderna. Además, la albañilería abarca la construcción y reparación de infraestructuras básicas como viviendas, muros de contención y estructuras comerciales.

1.1. MATERIALES UTILIZADOS EN ALBAÑILERÍA

Los materiales de albañilería han evolucionado con el tiempo para mejorar la eficiencia y durabilidad de las construcciones. Entre los principales materiales se encuentran:

1.1.1. LADRILLOS

Los ladrillos son piezas modulares fabricadas con arcilla cocida. Se utilizan en la construcción de muros y tabiques por su resistencia y facilidad de colocación. Existen distintos tipos de ladrillos:

- **Ladrillos macizos:** Alta resistencia mecánica, utilizados en estructuras portantes.
- **Ladrillos perforados:** Más ligeros, permiten mejor adherencia del mortero.
- **Ladrillos huecos:** Aislantes térmicos y acústicos, usados en particiones interiores.



Los bloques de hormigón son piezas prefabricadas utilizadas en la construcción de muros de carga y cerramientos. Son más grandes que los ladrillos y ofrecen alta resistencia estructural. Pueden ser:

- **Bloques macizos:** Ideales para estructuras resistentes.
- **Bloques huecos:** Facilitan la colocación de refuerzos de acero y relleno de hormigón.
- **Bloques de hormigón celular:** Ligeros y con excelentes propiedades aislantes.



1.1.2. MORTEROS

El mortero es una mezcla de conglomerantes y áridos que se utiliza para unir ladrillos y bloques. Dependiendo de su composición, se pueden encontrar:

- **Mortero de cemento:** Alta resistencia y durabilidad.
- **Mortero de cal:** Más flexible y transpirable, adecuado para rehabilitación de edificios.
- **Mortero mixto:** Combinación de cal y cemento para mejorar trabajabilidad y resistencia.



1.1.3. CEMENTOS

El cemento es el principal material aglomerante en albañilería. Se utiliza para la fabricación de morteros y hormigones. Algunos de los tipos de cemento más comunes son:

- **Cemento Portland:** El más utilizado en construcción general.
- **Cemento de aluminato:** Rápido fraguado y alta resistencia química.
- **Cemento blanco:** Para acabados decorativos y arquitectónicos.



1.1.4. ÁRIDOS

Los áridos son materiales granulares utilizados en la fabricación de hormigón y mortero. Se clasifican en:

- **Arena:** Material fino que mejora la cohesión del mortero.
- **Grava:** Se emplea en hormigones estructurales para mejorar su resistencia.
- **Piedra triturada:** Utilizada en hormigón ciclópeo y pavimentaciones.



1.1.5. PIEDRA NATURAL

La piedra es un material tradicional en la albañilería. Se usa en muros de mampostería, revestimientos y pavimentos. Los tipos más utilizados son:

- **Granito:** Alta resistencia y durabilidad.
- **Mármol:** Ideal para acabados decorativos.
- **Pizarra:** Excelente para cubiertas y revestimientos.



Los materiales de albañilería desempeñan un papel crucial en la calidad y durabilidad de las construcciones. Su correcta selección y aplicación aseguran la estabilidad y funcionalidad de cualquier edificación.

1.2. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS EN TRABAJOS DE ALBAÑILERÍA

El albañil utiliza una gran variedad de herramientas para realizar su trabajo con precisión y eficiencia. Algunas de las más comunes incluyen:

- **Paleta:** Utilizada para aplicar y extender el mortero.
- **Llana:** Empleada en el acabado de superficies revocadas.



- **Nivel:** Fundamental para asegurar la alineación de muros y estructuras.



- **Cuerda y plomada:** Permiten el correcto alineado de estructuras verticales y horizontales.



- **Maza y cincel:** Para cortar y dar forma a los ladrillos y bloques.



- **Hormigonera:** Facilita la mezcla de mortero y hormigón en obra.



- **Carretilla:** Se utiliza para transportar materiales pesados de un punto a otro.



- **Reglas y escuadras:** Para asegurar la alineación correcta de los elementos constructivos.



1.3. TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE MUROS Y TABIQUES

La ejecución de muros, tabiques y fábricas requiere el uso de técnicas específicas para garantizar estabilidad estructural, durabilidad y alineación precisa. Estas técnicas varían dependiendo del tipo de material empleado y del diseño arquitectónico requerido.

1.3.1. MUROS DE FÁBRICA DE LADRILLO

Los muros de ladrillo son ampliamente utilizados debido a su versatilidad y resistencia. Su ejecución involucra los siguientes pasos:

- **Preparación del terreno y replanteo:** Se marcan las dimensiones del muro en el suelo, asegurando una correcta alineación.

- **Colocación de la primera hilada:** Se inicia con una capa de mortero sobre la cimentación para garantizar estabilidad.
- **Aparejos de ladrillos:** Se utilizan distintos tipos de aparejos (a soga, a tizón, inglés, flamenco) para mejorar la resistencia y estética del muro.
- **Control de plomada y nivel:** Cada hilada se revisa con plomada y nivel para evitar desviaciones.
- **Juntas de mortero:** Se aplican de manera uniforme para garantizar cohesión y aislamiento.



1.3.2. MUROS DE BLOQUE DE HORMIGÓN

Los bloques de hormigón ofrecen una mayor resistencia estructural y rapidez de ejecución:

- **Armado y replanteo:** Similar al ladrillo, se realiza un trazado previo.
- **Colocación de bloques:** Se utilizan morteros específicos y se pueden incluir refuerzos de acero en los huecos para mejorar la resistencia estructural.
- **Refuerzos verticales y horizontales:** En construcciones de gran altura, se refuerzan los muros con varillas de acero y rellenos de mortero.
- **Revoques y acabados:** Una vez finalizado el muro, se aplica un revestimiento para mejorar su estética y protección.



1.3.3. TABIQUES DIVISORIOS

Los tabiques internos separan ambientes y no suelen soportar cargas estructurales:

- **Tabiques de ladrillo hueco:** Ligeros y fáciles de manejar, adecuados para interiores.

- **Tabiques de pladur o yeso laminado:** Su montaje rápido y versatilidad los hace ideales en reformas y construcciones modernas.
- **Anclaje a estructura existente:** Se fijan a muros o techos con perfiles metálicos y tornillería especializada.
- **Aislamiento acústico y térmico:** Se pueden incorporar materiales aislantes entre las placas.



1.4. REHABILITACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE ALBAÑILERÍA

Las estructuras de albañilería pueden sufrir deterioros debido al tiempo, factores ambientales o fallos en su construcción. Existen diversas técnicas para rehabilitar y reforzar estos elementos, asegurando su durabilidad y resistencia.

1.4.1. DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS EN MUROS

Antes de proceder a una intervención, se realiza un análisis de los daños existentes:

- **Fisuras y grietas:** Se evalúan para determinar si son superficiales o estructurales.
- **Humedades:** Se detecta la presencia de filtraciones, capilaridad o condensación.
- **Desprendimientos de material:** Ocurren por erosión o pérdida de cohesión del mortero.
- **Pandeo de muros:** Indica una posible sobrecarga o asentamiento inadecuado.



1.4.2. MÉTODOS DE REFUERZO ESTRUCTURAL

Para garantizar la estabilidad de los muros deteriorados, se pueden emplear diversas técnicas:

- **Inyecciones de mortero o resina:** Se rellenan grietas para restaurar la cohesión.

- **Refuerzos con mallas metálicas:** Se aplican sobre el muro y se fijan con mortero para mejorar su resistencia.
- **Puntales y refuerzos provisionales:** Se utilizan mientras se ejecutan las reparaciones definitivas.
- **Colocación de perfiles metálicos:** Para reforzar muros portantes afectados.
- **Refuerzo con fibra de carbono:** Técnica moderna que mejora la capacidad estructural sin añadir peso excesivo.



1.4.3. SUSTITUCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DAÑADOS

Cuando un muro o tabique se encuentra en estado crítico, es necesario sustituir o reconstruir algunas de sus partes:

- **Reemplazo de ladrillos y bloques deteriorados.**
- **Reconstrucción parcial con materiales similares a los originales.**
- **Mejoras en el drenaje y ventilación para evitar futuras patologías.**

La rehabilitación y refuerzo de estructuras de albañilería es clave para mantener la seguridad y funcionalidad de los edificios. Aplicando las técnicas adecuadas, es posible prolongar la vida útil de las construcciones y prevenir problemas estructurales a largo plazo.

1.5. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE ALBAÑILERÍA

1.5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CIMENTACIONES

Movimiento de tierras

Antes de comenzar a construir cualquier elemento en obra, es imprescindible preparar adecuadamente el terreno. Esta fase inicial, conocida como **movimiento de tierras**, sirve para adaptar el terreno natural a las necesidades del proyecto, asegurando que esté nivelado, limpio y en condiciones de recibir las cimentaciones.

El proceso comienza con el **replanteo**, donde se marcan sobre el terreno las dimensiones de la edificación según los planos. Se utilizan cuerdas, estacas, cal y niveles para delimitar las zonas de excavación. Es fundamental que esta tarea se realice con precisión, ya que de ella depende la correcta ejecución del resto de los trabajos.



A continuación, se realiza la **excavación**, que puede ser de diferentes tipos según la parte del edificio que se va a construir:

- **Zanjas:** excavaciones alargadas para cimentaciones corridas o canalizaciones.
- **Pozos:** excavaciones puntuales para zapatas aisladas o arquetas.
- **Vaciados:** cuando se necesita rebajar una gran superficie, por ejemplo para construir un sótano.

Estas excavaciones pueden hacerse manualmente, con herramientas como la pala, el pico o la carretilla, o con ayuda de maquinaria (retroexcavadora, miniexcavadora, dumper, etc.), según el tamaño y características del terreno.



Durante esta fase es importante tener en cuenta:

- La profundidad y nivel de las excavaciones, que deben ajustarse al plano.
- La seguridad en los taludes y la señalización del área.
- La posible aparición de agua en el fondo, que debe ser retirada para continuar.

Cimentaciones

Una vez preparado el terreno, se procede a ejecutar las **cimentaciones**, que tienen como misión transmitir el peso de la construcción al terreno de forma segura y uniforme. Su correcta ejecución es clave para evitar asentamientos o grietas en el futuro.

Las **cimentaciones más comunes** en albañilería son las **superficiales**, especialmente:

- **Zapatas aisladas**, empleadas bajo pilares o elementos puntuales.
- **Zapatas corridas**, utilizadas bajo muros de carga.
- **Losas de cimentación**, cuando se requiere repartir las cargas de manera uniforme en terrenos poco resistentes.



En casos especiales, donde el terreno superficial no ofrece garantías, se recurre a **cimentaciones profundas**, como los pilotes. Sin embargo, este tipo de soluciones son más habituales en obras de gran envergadura y no tanto en albañilería tradicional.

- **Proceso general de ejecución:**

1. **Excavación** del volumen necesario, ajustándose a cotas y dimensiones del plano.
2. **Colocación de armaduras**, si la cimentación es de hormigón armado.
3. **Encofrado** (cuando se necesite dar forma al hormigón).
4. **Vertido del hormigón**, vibrándolo para compactarlo y evitar huecos.
5. **Curado del hormigón**, manteniéndolo húmedo durante varios días.
6. **Desencofrado**, una vez alcanzada la resistencia suficiente.

Durante este proceso, el albañil debe prestar especial atención a la correcta nivelación de la base, a la limpieza del fondo de la excavación antes de hormigonar y a la protección del hormigón recién vertido.

Una cimentación bien hecha no se ve, pero se nota: si está mal ejecutada, con el tiempo aparecerán grietas, desniveles o incluso colapsos. Por eso, aunque estos trabajos suelen desarrollarse en las primeras fases de obra y luego queden enterrados, su importancia es fundamental.

1.5.2. FÁBRICAS DE LADRILLO TOSCO Y VISTO

Las fábricas de ladrillo son uno de los elementos más característicos y tradicionales en la construcción. Ya sea para levantar muros portantes, cerramientos o divisiones interiores, el ladrillo sigue siendo un material fundamental por su resistencia, facilidad de manejo y durabilidad.

Ladrillo tosco y ladrillo visto

Podemos distinguir dos tipos principales según su función en obra:

- El **ladrillo tosco** es el que se utiliza para fábricas que después serán revestidas, por ejemplo, con enfoscados, revocos o trasdosados. Su acabado no tiene importancia estética, pero debe colocarse correctamente para asegurar la resistencia del conjunto.
- El **ladrillo visto**, en cambio, permanece a la vista como acabado final. En este caso, además de una buena ejecución técnica, se exige un trabajo limpio y cuidadoso, con juntas bien alineadas y llagueadas, y piezas seleccionadas para ofrecer un aspecto homogéneo y estético.



Ejecución de fábricas

Levantar una fábrica de ladrillo es un proceso que requiere método, cuidado y conocimiento de técnicas básicas.

Antes de comenzar, se debe comprobar la alineación con reglas y niveles, replantear con cuerdas guía y disponer correctamente los ladrillos según el aparejo que se vaya a utilizar. El mortero se extiende con paleta, y se colocan las piezas ajustándolas mediante golpes suaves y nivelando cada hilada.



Los **aparejos** (modo en que se colocan los ladrillos) más habituales en obra son:

- **A sogá:** ladrillos colocados longitudinalmente, todos en la misma dirección.
- **A tizón:** piezas colocadas de forma que se ve su lado corto.
- **A sardinel:** ladrillos en vertical, mostrando la testa.
- **Aparejo inglés o flamenco:** combinan sogas y tizones de forma alternada.

El uso de un aparejo u otro depende del tipo de muro, de si se deja visto o no, y de la resistencia que se quiere conseguir.

Control de ejecución

Una buena fábrica de ladrillo debe cumplir las siguientes condiciones:

- Estar **aplomada y nivelada**, sin desplomes ni deformaciones.
- Tener las **juntas llenas de mortero**, tanto horizontales como verticales.
- Disponer de **juntas trabadas**, de forma que no coincidan unas sobre otras en altura.
- Estar **bien alineada**, siguiendo las cuerdas guía y revisando con niveles y reglas.
- Evitar que el ladrillo quede **manchado de mortero**, sobre todo si es visto.

En el caso del **ladrillo caravista**, se suele realizar el **llagueado** una vez terminada la fábrica. Esto consiste en repasar las juntas con un puntero o hierro redondo, dejando una forma y profundidad uniforme. También puede aplicarse un hidrofugante para protegerlo del agua.

El trabajo con ladrillo es una de las tareas más visibles en albañilería. Por eso, tanto si se va a revestir como si va a quedar a la vista, el albañil debe prestar atención a la geometría, la resistencia y la estética del muro. Una fábrica bien hecha refleja oficio y profesionalidad.

1.5.3. FÁBRICAS DE BLOQUES DE HORMIGÓN

El bloque de hormigón es una alternativa al ladrillo cada vez más utilizada en obra. Se trata de un elemento prefabricado, de mayor tamaño que el ladrillo tradicional, que permite levantar muros de forma rápida, con buena resistencia y un aislamiento térmico y acústico aceptable. Su uso está especialmente extendido en cerramientos, muros de carga y divisiones interiores de grandes dimensiones.

Ejecución de la fábrica

Trabajar con bloques de hormigón requiere una planificación previa, ya que por su tamaño y peso no es tan fácil de manipular como el ladrillo. La fábrica debe comenzar siempre desde una base perfectamente nivelada. Se replantea el muro, se colocan las cuerdas guía y se inicia el tendido del mortero.



El procedimiento general es similar al de la fábrica de ladrillo:

1. Se aplica una capa de mortero sobre la base.
2. Se colocan los bloques con junta vertical trabada respecto a la hilada anterior.
3. Se comprueba con regla y nivel que la alineación y el aplomo sean correctos.
4. Se rellenan completamente las juntas verticales y horizontales.

Es importante respetar el **traba de juntas**, alternando la posición de los bloques para garantizar la estabilidad del muro. En muros estructurales, también puede ser necesario **colocar varillas de refuerzo** verticales y horizontales, embebidas en las juntas o en los huecos de los bloques, que se rellenan con mortero.

Ventajas y consideraciones

Los bloques permiten una mayor rapidez de ejecución que el ladrillo, ya que se necesita menos mano de obra por metro cuadrado y se reducen los tiempos de trabajo. Además, al ser prefabricados, ofrecen una medida más precisa y una resistencia uniforme.

Sin embargo, también presentan algunos inconvenientes:

- Son más pesados, por lo que su colocación requiere más esfuerzo físico.
- Absorben mucha agua, por lo que es recomendable **humedecerlos previamente** para evitar que el mortero se seque demasiado rápido.
- Las juntas deben estar muy bien trabajadas, especialmente si el bloque va visto.
- En algunos casos, es necesario **recubrirlos con enfoscado o revestimientos** para mejorar su acabado o aislamiento.

La fábrica de bloques de hormigón es una solución robusta y eficiente, especialmente útil en construcciones de gran tamaño o en obras donde se requiere rapidez. El albañil debe conocer bien su técnica de colocación, los tipos de bloque y sus aplicaciones, ya que forman parte habitual del trabajo en obra nueva, reformas y cerramientos perimetrales.

1.5.4. SANEAMIENTO

El saneamiento en una obra es el conjunto de instalaciones destinadas a **recoger y evacuar las aguas residuales y pluviales** hacia la red general de alcantarillado o hacia un sistema de tratamiento. Aunque no siempre se ve, es una de las partes más importantes de cualquier edificio, ya que garantiza su salubridad, evita humedades y permite un funcionamiento adecuado de los servicios higiénicos.

En albañilería, los trabajos relacionados con el saneamiento suelen realizarse en las primeras fases de la obra, generalmente **antes de levantar los forjados de planta baja**, para dejar empotradas las tuberías y arquetas en el terreno o en la solera.



Elementos del sistema de saneamiento

Un sistema de saneamiento está compuesto por distintos elementos que el albañil debe conocer y saber colocar correctamente:

- **Tuberías:** normalmente de PVC o polietileno, aunque en algunas instalaciones antiguas todavía se utilizan tubos de gres o fundición. Las hay de distintos diámetros según el caudal que deben transportar.
- **Arquetas:** pequeñas cámaras de registro enterradas que permiten inspeccionar y limpiar el sistema. Pueden ser de obra (ladrillo y mortero) o prefabricadas (plástico o hormigón).

- **Colectores:** tuberías principales que recogen las aguas procedentes de varios puntos del edificio.
- **Bajantes:** tubos verticales que recogen las aguas desde los pisos superiores y las conducen hacia la red horizontal.
- **Sumideros y canaletas:** elementos que recogen el agua superficial en patios, terrazas o garajes.



Tipos de aguas

En toda instalación de saneamiento, se deben distinguir dos tipos de agua:

- **Aguas negras o residuales:** procedentes de inodoros, fregaderos, duchas, lavabos, etc.
- **Aguas pluviales:** recogidas por tejados, patios y zonas exteriores durante la lluvia.

Ambas deben canalizarse correctamente y, en muchos casos, se evacúan por tuberías diferentes, aunque acaban conectadas al mismo sistema general de alcantarillado.

Colocación y pendiente

Uno de los aspectos más importantes en la instalación de saneamiento es **respetar la pendiente mínima** de las tuberías, que suele ser del **1% al 2%** (es decir, entre 1 y 2 cm de caída por metro lineal). Esto permite que el agua fluya por gravedad y evita atascos.

Para conseguirlo, es necesario:

- Replantear con precisión el recorrido de las tuberías.
- Utilizar niveles o mangueras de agua para controlar las cotas.
- Rellenar y compactar el terreno alrededor de las tuberías sin dañarlas.



Las uniones entre tubos se realizan generalmente mediante **juntas de goma o adhesivos**, según el sistema, y deben quedar perfectamente estancas para evitar fugas.

Pruebas y recomendaciones

Una vez instalada la red de saneamiento, antes de tapar las zanjias o soleras, es obligatorio realizar **pruebas de estanqueidad**, llenando los conductos de agua o sellando las salidas para comprobar que no hay fugas.

Además, es fundamental:

- Proteger las tuberías durante el resto de la obra para evitar roturas.
- Dejar registros accesibles para futuras reparaciones.
- Utilizar materiales homologados y adaptados a las normativas vigentes.

El trabajo de saneamiento requiere precisión y responsabilidad. Aunque muchas veces queda oculto tras la obra terminada, una instalación mal ejecutada puede provocar humedades, malos olores y problemas graves en el edificio. Por eso, el albañil debe conocer no solo cómo colocar las piezas, sino también cómo garantizar su correcta funcionalidad a lo largo del tiempo.

1.5.5. FORJADOS

Los forjados son elementos estructurales que forman los **pisos y techos** de un edificio. Su función principal es **soportar el peso de cada planta** (personas, muebles, tabiquería, instalaciones, etc.) y transmitir esas cargas a los elementos verticales de la estructura, como muros y pilares. Además, ayudan a dar rigidez al conjunto de la edificación y permiten organizar el espacio interior.

En albañilería, los forjados más comunes son de **hormigón armado**, aunque también existen variantes con acero, madera o sistemas mixtos. Su ejecución en obra requiere precisión, planificación y medidas de seguridad adecuadas, ya que son piezas clave para la estabilidad del edificio.

Tipos de forjados más habituales

1. Forjado unidireccional (viguetas y bovedilla)

Es el sistema más utilizado en edificación residencial. Se compone de:

- **Viguetas**, que son elementos resistentes dispuestos en paralelo, apoyados en vigas o muros.
- **Bovedillas**, que se colocan entre las viguetas. No soportan carga estructural, solo sirven para aligerar el forjado.
- **Capa de compresión**, una lámina de hormigón armado vertida sobre todo el conjunto, que solidifica el sistema.



Las viguetas pueden ser **prefabricadas** o hechas in situ, y las bovedillas pueden ser cerámicas, de hormigón o de poliestireno.

2. Forjado reticular

También llamado bidireccional. Transmite las cargas en **dos direcciones**, gracias a una retícula de nervios cruzados. Entre los nervios se colocan **casetones** que aligeran el volumen de hormigón.

Es habitual en edificios con luces grandes o sin muros de carga intermedios. Su montaje es más laborioso, pero permite obtener forjados planos sin vigas vistas.



3. Forjado de chapa colaborante

Muy usado en estructuras metálicas. Se compone de una **chapa grecada de acero** que actúa como molde y como parte resistente. Encima se vierte una capa de hormigón, que se adhiere a la chapa mediante conectores.

Es un sistema rápido de montar y con buen rendimiento estructural, aunque requiere protección especial contra el fuego y la corrosión.



Fases básicas de ejecución

1. **Replanteo:** se marcan los límites del forjado sobre la estructura existente.
2. **Apeo:** se colocan puntales y sopandas para sostener el forjado mientras el hormigón fragua.
3. **Montaje:** se colocan las viguetas, bovedillas o casetones, y los cercos perimetrales.
4. **Armado:** se instalan las armaduras necesarias (mallazo, negativos, zunchos).
5. **Hormigonado:** se vierte el hormigón, vibrando y nivelando la superficie.
6. **Curado:** se mantiene el hormigón húmedo durante varios días.
7. **Desencofrado:** una vez alcanzada la resistencia suficiente, se retiran los puntales y encofrados.

Buenas prácticas y errores comunes

Buenas prácticas:

- Comprobar el nivel y la alineación de las viguetas.
- Asegurar que las armaduras estén completas y en su sitio.
- Mantener limpio el forjado antes del hormigonado.
- Mojar ligeramente las bovedillas si hace calor.

Errores comunes:

- Quitar los puntales demasiado pronto.
- Olvidar partes del armado (zunchos, negativos, conectores).
- No vibrar bien el hormigón, dejando huecos.
- Colocar bovedillas rotas o mal apoyadas.

Los forjados no solo sostienen lo que ocurre encima de ellos, sino que garantizan que el edificio se mantenga firme y seguro durante toda su vida útil. Por eso, su ejecución debe ser cuidadosa y rigurosa, siguiendo el plan de obra y supervisando cada paso.

1.5.6. CUBIERTAS

La cubierta es el elemento que **cierra la parte superior del edificio** y lo protege frente a la lluvia, el viento, el frío y el calor. Además de su función protectora, contribuye al aislamiento térmico y acústico del edificio y, en algunos casos, puede ser transitable o aprovecharse como espacio útil (terraza, azotea, cubierta vegetal, etc.).

Para que una cubierta cumpla correctamente su función, debe tener una pendiente adecuada, una buena impermeabilización, y estar bien ejecutada tanto en su estructura como en sus remates.

Clasificación general de cubiertas

Según su forma

- **Cubiertas planas:** con poca pendiente (normalmente menor al 5%). Necesitan una buena impermeabilización y un sistema de evacuación eficaz.
- **Cubiertas inclinadas:** más habituales en viviendas unifamiliares o zonas de lluvia. Tienen una pendiente superior al 10% y permiten un drenaje más natural del agua.
- **Cubiertas curvas:** menos frecuentes, se utilizan en obras singulares o industriales. Su ejecución requiere técnicas y materiales específicos.



Según el orden de las capas

- **Cubierta tradicional:** la impermeabilización se coloca sobre el aislamiento térmico. Es el sistema más común.
- **Cubierta invertida:** el aislamiento se sitúa encima de la impermeabilización, protegiéndola mejor del sol y los cambios térmicos.
- **Cubierta combinada:** mezcla capas de ambas soluciones para mejorar el rendimiento en determinadas zonas.

Según el comportamiento higrotérmico

- **Cubierta caliente:** sin cámara de aire, el aislamiento se sitúa junto al soporte estructural. Es estanca al paso de aire y vapor.
- **Cubierta fría:** tiene una cámara ventilada entre el aislamiento y el soporte. Se usa cuando se desea mejorar la ventilación del conjunto.
- **Cubierta ventilada:** dispone de una cámara de aire continua que permite la ventilación natural entre las capas. Se utiliza mucho en cubiertas inclinadas con teja.

Elementos que componen una cubierta

Una cubierta bien ejecutada está formada por varios elementos que se disponen en capas, cada uno con una función específica:

- **Estructura portante:** puede ser de hormigón, madera, acero o cerchas. Es la base que soporta todas las cargas.
- **Formación de pendientes:** se realiza mediante tabiquillos, mortero o paneles inclinados, para guiar el agua hacia los puntos de evacuación.
- **Aislamiento térmico:** protege el interior del edificio de las temperaturas exteriores.
- **Impermeabilización:** impide el paso del agua de lluvia hacia el interior. Se realiza con láminas bituminosas, plásticas o sistemas líquidos.
- **Capa de protección o acabado final:** puede ser teja, losa filtrante, grava, chapa metálica, etc.
- **Evacuación de aguas:** canalones, bajantes, limas y sumideros que recogen y conducen el agua hacia el exterior.

Ejecución de una cubierta

La ejecución de una cubierta varía según su tipo, pero suele seguir este orden general:

1. **Preparación del soporte:** limpieza, nivelación y revisión de la estructura o forjado.



2. **Colocación de pendientes:** mediante capa de mortero, paneles especiales o elementos constructivos como tabiquillos.
3. **Instalación del aislamiento térmico,** si está previsto por proyecto.
4. **Colocación de la impermeabilización,** prestando atención a solapes, encuentros y puntos singulares.
5. **Ejecución del acabado exterior:** colocación de tejas, losas, chapas, grava, etc.
6. **Montaje de remates y evacuación de agua:** instalación de limas, albardillas, vierteaguas, canalones y bajantes.

Buenas prácticas

- Asegurar una **pendiente mínima adecuada** según el tipo de cubierta y material.
- Garantizar la **continuidad de la impermeabilización** y proteger las uniones entre planos (chimeneas, petos, juntas).
- **Revisar encuentros** con muros y otros elementos verticales, aplicando refuerzos o bandas especiales si es necesario.
- Realizar **pruebas de estanqueidad** antes de cubrir definitivamente la impermeabilización.
- Evitar pisar directamente sobre los materiales sensibles, sobre todo en días calurosos o durante el curado.

Una cubierta bien diseñada y correctamente ejecutada es fundamental para la **protección, habitabilidad y eficiencia energética** del edificio. Por eso, el albañil debe conocer no solo cómo colocar los materiales, sino también **qué función cumple cada capa y cómo resolver los puntos críticos** que pueden provocar filtraciones o condensaciones.

1.5.7. DIVISIONES INTERIORES

Las **divisiones interiores** son elementos de obra que permiten **organizar el espacio dentro de un edificio**, separando las distintas estancias y zonas de uso. Aunque no forman parte de la estructura portante del edificio, su ejecución tiene una gran importancia tanto funcional como estética.

En albañilería, las divisiones se construyen con materiales ligeros, fáciles de manejar y que permiten alcanzar una buena planeidad y nivelación. Además, deben facilitar el paso de instalaciones y servir como base para los acabados finales (pintura, alicatado, etc.).



Funciones de las divisiones interiores

Las divisiones tienen como principales objetivos:

- **Delimitar espacios** según la distribución prevista (habitaciones, baños, pasillos...).
- **Aportar aislamiento** acústico y térmico entre distintas estancias.
- **Servir de soporte** para instalaciones (electricidad, fontanería, calefacción) y para revestimientos.
- **Aportar privacidad** y confort al usuario.

Aunque no soportan cargas estructurales, sí deben resistir su propio peso y los elementos que se instalan sobre ellas (muebles, sanitarios, etc.).

Materiales utilizados

Los sistemas tradicionales de divisiones en albañilería utilizan los siguientes materiales:

- **Ladrillo hueco doble o triple:** cerámico, ligero, fácil de cortar y muy utilizado en interiores por su buen comportamiento con el yeso y su capacidad de aislamiento.
- **Ladrillo machihembrado:** se monta encajando las piezas entre sí, lo que mejora el aplomado y reduce el uso de mortero.
- **Bloques de yeso:** prefabricados, lisos y de colocación rápida. Se usan sobre todo en reformas.
- **Tabiquería seca (tipo Pladur):** sistema de placas de yeso laminado atornilladas a perfiles metálicos. Aunque no es albañilería propiamente dicha, es muy habitual en obra nueva y rehabilitación.

La elección del sistema dependerá de factores como el tipo de edificio, el uso del espacio, el aislamiento requerido, el tipo de acabado y la rapidez de ejecución.

Ejecución de una división interior

1. **Replanteo:** se marcan en el suelo, paredes y techo las líneas donde irá cada tabique, siguiendo el plano de distribución. Se comprueban escuadras, medidas y alineaciones.
2. **Montaje del tabique:** se colocan las piezas (ladrillos o bloques) hilada a hilada, con juntas bien trabadas. Se controla el plomo y la horizontalidad con regla y nivel.
3. **Huecos y premarcos:** se dejan previstos los huecos para puertas o registros, colocando premarcos de madera o metálicos si es necesario.



4. **Instalaciones:** una vez levantado el tabique, se hacen las **rozas** (canales) para pasar cables, tubos o cajas de empotrar. Deben respetarse las alturas y trazados reglamentarios.
5. **Remates superiores:** los tabiques pueden dejarse a ras del forjado o con una junta flexible para evitar fisuras. También se puede usar espuma o yeso para sellar el encuentro.
6. **Acabados:** finalmente se aplica yeso, enfoscado, alicatado o pintura, según corresponda.

Buenas prácticas

- Comprobar la **nivelación y el aplomo** constantemente durante el montaje.
- Utilizar mortero de buena consistencia, evitando excesos de agua.
- Planificar las **instalaciones empotradas** antes de levantar el tabique.
- No cargar los tabiques con elementos pesados sin refuerzo previo (por ejemplo, lavabos o muebles colgados).
- Prever juntas de dilatación si hay longitudes grandes o encuentros con elementos estructurales.

Las divisiones interiores bien ejecutadas son esenciales para lograr un edificio cómodo, funcional y con buen acabado. Aunque no son portantes, un tabique mal aplomado o mal rematado puede arruinar el aspecto final de una estancia. Por eso, es importante que el albañil domine tanto la técnica de colocación como la interpretación de planos y detalles.

1.5.8. ACABADOS EXTERIORES E INTERIORES

Los **acabados** son las capas finales que se aplican sobre los elementos constructivos (muros, suelos, techos...) para protegerlos, decorarlos o prepararlos para su uso. En albañilería, los acabados forman parte esencial del proceso, ya que definen **el aspecto final** de la obra y contribuyen al **confort y durabilidad del edificio**.

Existen dos grandes tipos: **acabados exteriores**, que deben soportar las condiciones climáticas, y **acabados interiores**, orientados al confort y a la estética de los espacios habitables.

Acabados exteriores

En el exterior, los acabados cumplen una función de **protección contra el agua, el sol, el viento y los cambios de temperatura**. Además, aportan una imagen estética al edificio, que puede ser tradicional, moderna, rústica, etc.

Los más habituales son:

- **Enfoscado de mortero:** recubrimiento de mortero de cemento que sirve de base para otros acabados o como acabado en sí mismo. Puede aplicarse fratasado, rugoso o raspado.
- **Revoco:** acabado más fino que el enfoscado, generalmente de cal o cemento blanco, con función decorativa.
- **Monocapa:** mortero premezclado que se aplica directamente sobre el paramento exterior. Impermeable y decorativo. Puede llevar distintos acabados: raspado, gotelé, chafado, etc.
- **Aplacado:** revestimiento de piedra natural, cerámica, pizarra u otros materiales colocados con adhesivo o anclajes.
- **Pintura exterior:** se aplica sobre enfoscado o revoco. Debe ser transpirable e impermeable.
- **Revestimientos ventilados:** sistema más moderno que incluye una cámara de aire entre el aislamiento y el revestimiento exterior, mejorando la eficiencia térmica.



Los acabados exteriores deben colocarse correctamente para evitar **filtraciones, desprendimientos o degradación prematura**.

Acabados interiores

En el interior, los acabados tienen una función más estética, aunque también influyen en el **aislamiento acústico y térmico**, en la **resistencia al uso** y en la **salubridad del espacio**.

Entre los más usados en albañilería están:

- **Enlucido de yeso:** capa fina y lisa aplicada sobre ladrillo o enfoscado, que deja la pared lista para pintar.
- **Enfoscado interior:** mortero más basto que se aplica en locales húmedos o como base para alicatados.
- **Alicatado:** colocación de piezas cerámicas en paredes, especialmente en baños y cocinas. Se realiza sobre enfoscado, usando adhesivos y material de rejuntado.
- **Pintura interior:** plástica, temple, esmalte, etc. Se aplica sobre yeso o paneles. Requiere una base bien nivelada y seca.
- **Revestimientos decorativos:** como papel pintado, vinilos, frisos de madera, entre otros.



También se consideran parte de los acabados los **falsos techos, zócalos, cornisas, molduras** y cualquier elemento que contribuya al aspecto final del espacio.

Recomendaciones generales

- Preparar bien el soporte: limpio, seco, firme y sin polvo.
- Utilizar los materiales adecuados según el tipo de estancia (zonas húmedas, zonas de paso...).
- Aplicar en condiciones favorables: sin lluvia, sin heladas y con temperaturas moderadas.
- Respetar los tiempos de secado entre capas.
- Usar niveles, reglas y cintas para asegurar una colocación recta y uniforme.

Un buen acabado **marca la diferencia en el resultado final de una obra**. Aunque es lo último que se ejecuta, no por ello debe hacerse con prisas. Es en esta etapa donde más se aprecia el oficio del albañil: superficies lisas, juntas alineadas, encuentros bien rematados... todo habla del cuidado puesto en el trabajo.

1.5.9. TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

En el proceso constructivo existen una serie de **tareas auxiliares o de acabado** que, aunque no pertenecen a los elementos principales de la obra (como muros, cubiertas o forjados), son **imprescindibles para completar correctamente los trabajos de albañilería**.

Estos trabajos complementarios son muy variados y pueden incluir desde remates funcionales hasta adaptaciones puntuales del edificio para alojar instalaciones o mejorar su durabilidad.

Formación de pendientes

Las pendientes son necesarias para garantizar la correcta **evacuación del agua** en cubiertas, terrazas, patios, balcones o zonas húmedas. Se forman generalmente con:

- **Mortero de cemento** aplicado con llana y regla.
- **Tabiquillos palomeros**, que sirven de guía para crear la inclinación deseada.
- **Paneles inclinados prefabricados**, en algunos sistemas más industrializados.

Una pendiente mal ejecutada puede provocar **encharcamientos, filtraciones o deterioro del acabado superficial**.

Recrecidos y nivelaciones

En muchas ocasiones, el suelo de una estancia necesita ser **elevado o nivelado** para recibir un acabado, corregir un desnivel o cubrir instalaciones. Para ello se utilizan:

- **Recrecidos de mortero:** aplicados sobre el forjado o solera.
- **Pavimentos flotantes** o sistemas secos (en obras con limitación de peso o tiempos).



Es importante respetar los espesores mínimos y las juntas de dilatación si se trata de grandes superficies.

Sellados y rejuntados

Estas tareas consisten en **rellenar juntas o uniones entre materiales** para asegurar la estanqueidad, la estabilidad o el acabado estético. Algunos ejemplos:

- **Sellado de juntas** con masilla elástica en ventanas, carpinterías, pasatubos o grietas.
- **Rejuntado de alicatados y solados** con pastas específicas que mejoran la durabilidad y facilitan la limpieza.
- **Tratamiento de juntas estructurales**, especialmente en fachadas y cubiertas.



Colocación de vierteaguas y albardillas

Son elementos que se instalan en coronaciones de muros, antepechos de ventanas, petos de cubierta o remates exteriores, con el fin de **proteger las fábricas del agua de lluvia**. Se colocan con ligera pendiente y vuelo hacia el exterior para evitar que el agua escurra por el paramento.

Materiales habituales:

- Piedra natural.
- Hormigón prefabricado.
- Cerámica esmaltada.
- Chapas metálicas.



Reparaciones y repasos

Durante y al final de la obra es habitual realizar **trabajos de reparación y ajuste**, ya sea por defectos, daños durante otros oficios o modificaciones de última hora. Incluyen:



- Relleno de huecos, fisuras o desconchones.
- Tapado de rozas una vez colocadas las instalaciones.
- Ajuste de niveles en suelos o escalones.
- Reposición de piezas dañadas (tejas, ladrillos, aplacados...).

Estos trabajos requieren cuidado y atención al detalle para no desentonar con el resto de la obra ya ejecutada.

Integración con instalaciones

La albañilería también colabora con otros oficios (electricidad, fontanería, climatización, etc.) para:

- **Apertura y tapado de rozas** para tubos y cables.
- **Formación de huecos, registros o nichos** en paredes.
- **Refuerzo de zonas de paso o sujeción** (por ejemplo, para sanitarios suspendidos o cuadros eléctricos).
- **Sellado de pasatubos** o encuentros entre diferentes materiales.

Una buena coordinación entre oficios y una ejecución ordenada son clave para evitar retrabajos y retrasos.

En definitiva, los **trabajos complementarios** son aquellos que **ponen el broche final a la obra de albañilería**, asegurando que todos los elementos queden bien rematados, alineados y funcionales. Aunque puedan parecer secundarios, son los que marcan la diferencia entre una obra simplemente terminada y una obra bien hecha.

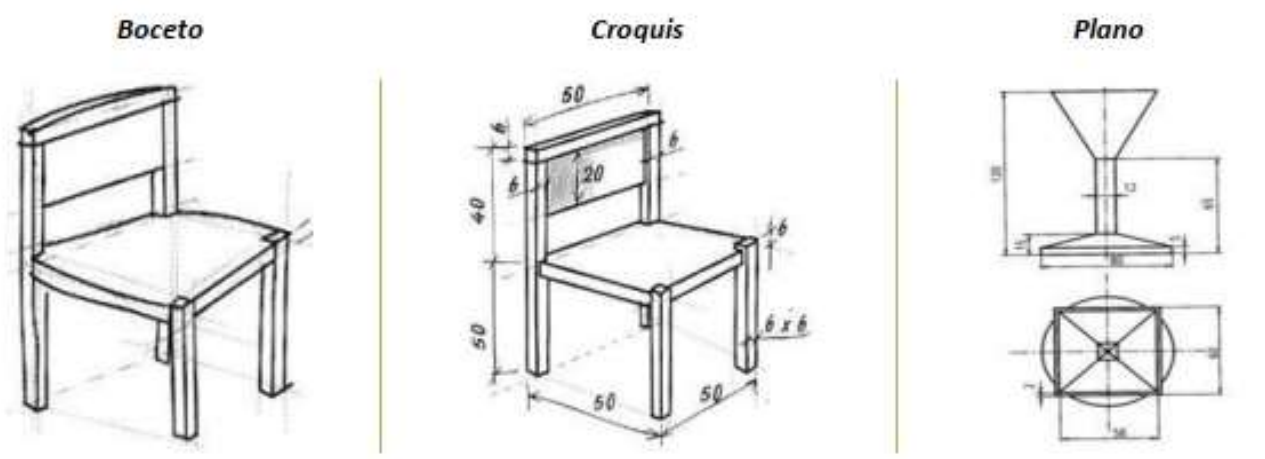


2. INTERPRETACIÓN DE PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

2.1. DEFINICIÓN

La representación de una idea o de un boceto en el área industrial requiere de algunos conocimientos que permitan su transformación por medio de cálculos y mediciones, para luego representarlos por medio de líneas o trazos, utilizando diversos instrumentos como lápices, reglas, escuadras y en algunos casos, incluso, equipos tecnológicos como computadores o procesadores por medio del programa AutoCAD, pero nada de esto es posible sin el papel, elemento que permite vaciar todo este conocimiento en forma de bocetos, croquis o planos.

- **Boceto:** es el dibujo realizado a mano alzada, sin la ayuda o soporte de instrumento alguno, donde el autor solo requiere de lápiz y papel.
- **Croquis:** si bien también se efectúa a mano alzada, es más completo en cuanto a la información que proporciona, ya que cuenta con medidas y determina de mejor manera la estructura del elemento a representar.
- **Planos:** este tipo de dibujo es muy técnico, se realiza con el aporte de instrumentos de dibujo como reglas, escuadras, etc. Además, generalmente, se diseñan sobre un tablero o mesón apropiado y donde tanto las medidas como el dibujo mismo están basados en una proporción o escala que permite determinar la dimensión real de lo trazado.



Un plano es considerado como el conjunto de dibujos que ha sido necesario efectuar para presentar el proyecto, para diseñarlo o definitivamente construirlo.

2.2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PLANOS

Un plano es un dibujo que según las características requeridas se puede mostrar a escala natural, ampliado o reducido según sea el caso o dimensiones del mismo. Cuando los elementos son muy pequeños en el dibujo se aprecian ampliados, a su vez, cuando los elementos son de grandes dimensiones, el dibujo los ilustra de proporciones menores y, si sus medidas lo permiten, el dibujo se aprecia a escala natural.

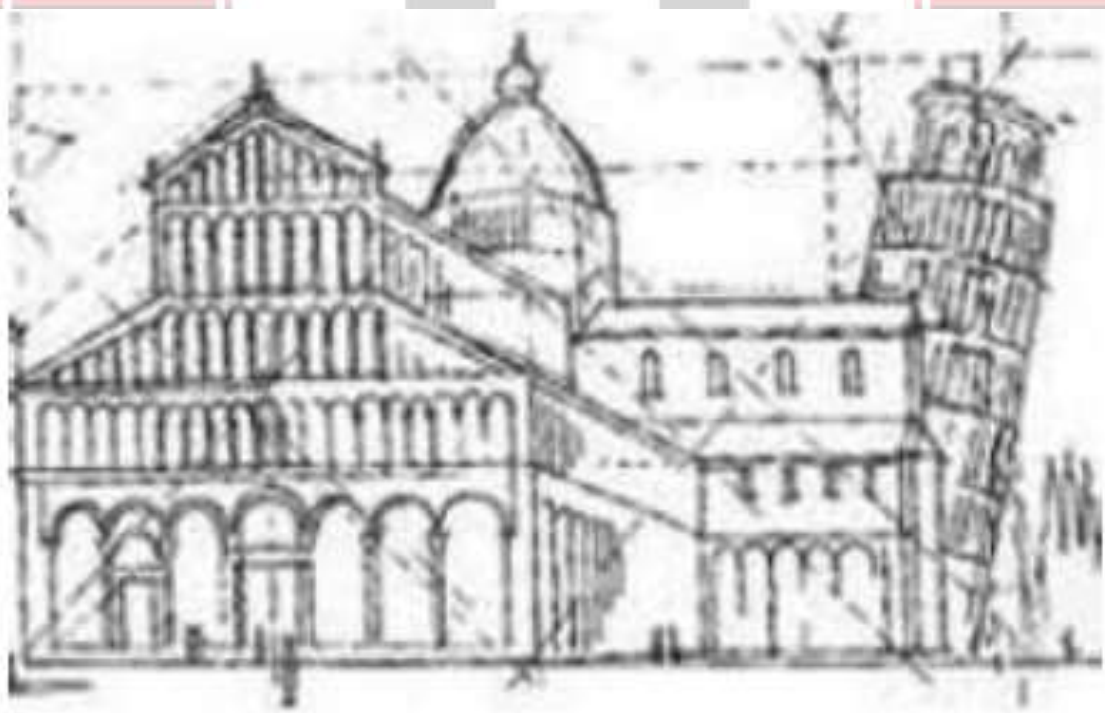
La naturaleza del área o actividad industrial permite determinar algunos tipos de planos o dibujos según las siguientes características.

2.2.1. ARQUITECTÓNICOS

Este tipo de plano es la forma de representar gráficamente espacios habitables. Considera para su elaboración la ayuda de croquis, bocetos, planos arquitectónicos y de construcción o desarrollo.

Para su representación es necesaria la comprensión de fundamentos de dibujo técnico para el desarrollo de los planos arquitectónicos y de las estructuras de instalación o soporte.

En los planos arquitectónicos, la geometría es considerada la herramienta principal para la representación de planos tridimensionales de los objetos.



El plano arquitectónico se compone de elementos gráficos para simbolizar detalles constructivos o estructurales, la identificación de procedimientos, especificaciones técnicas o normas de construcción.

Entre los elementos que componen un dibujo arquitectónico están:

<p>• Planos estructurales: son los que contienen los elementos estructurales de la edificación como vigas y pilares. Planos de fundación: incluyen los cimientos y las características del terreno.</p>
<p>• Planos de obra: aquellos que representan los muros, ventanas, techos, terminaciones.</p>
<p>• Planos topográficos: que contienen todas las características del terreno en el cual se va a construir. Como requisito previo del diseño, ya que determinan los niveles de suelos de la construcción.</p>
<p>• Planos de instalaciones eléctricas: estos representan todas las instalaciones eléctricas y su conexión con la red.</p>
<p>• Planos sanitarios: son los encargados de representar las redes para el abastecimiento de agua y evacuación de líquidos usados, así como de las redes de alimentación de gas, internet y telefonía, etc.</p>
<p>• Planos de cortes y secciones: presentan los cortes o detalles de la edificación en los cuales se muestran especificaciones constructivas y su ubicación en el edificio. Las perspectivas son dibujos a mano alzada en los cuales se emplean técnicas mixtas de dibujo artístico y dibujo con instrumental, como el uso de la perspectiva, etc.</p>

2.2.2. ESTRUCTURALES

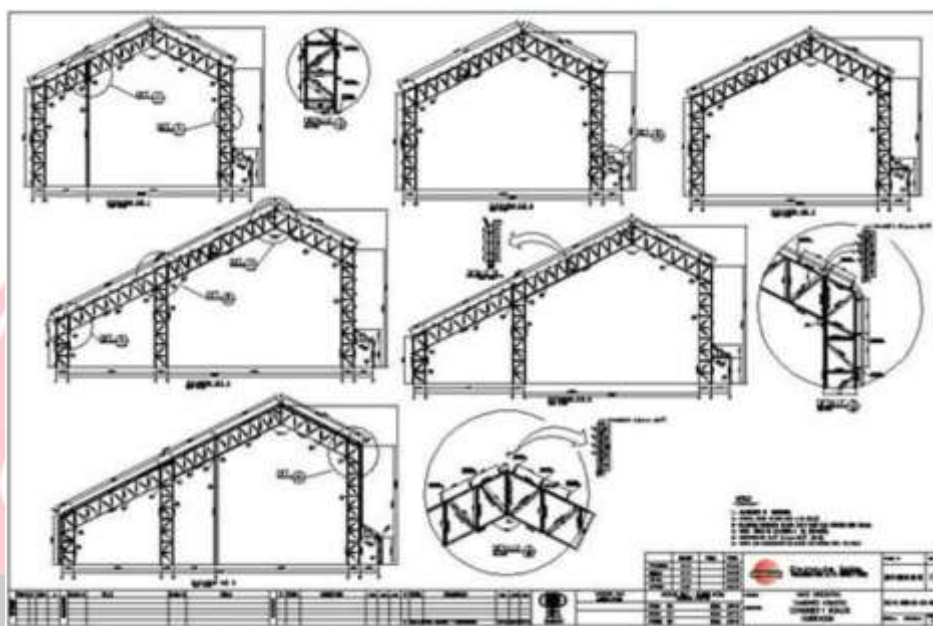
Este tipo de plano se orienta específicamente a facilitar el estudio y representación de objetos en construcción. El dibujo estructural cubre la preparación de los planos de diseño y desarrollo de: edificios, puentes, estanques o torres donde tanto el dibujante como el diseñador deben estar compenetrados con el proyecto estructural, poseer conocimientos de los materiales y de los métodos y sistemas de sujeción o unión que se utilizan para armar estas estructuras.

Los tipos de materiales más recurrentes utilizados en este tipo de estructuras son: acero, hormigón, madera y otros como ladrillos y piedras.



Un tipo de plano muy reconocido es el de estructuras metálicas o de acero estructural, principalmente compuesto de pilares, vigas y soportes de apoyo, que conforman el esqueleto o armazón. Este tipo de estructuras se compone fundamentalmente de barras o láminas de acero en formas de L o C procesado, dimensionado y unido, ya sea por soldaduras de distinto tipo, remaches o sistemas de sujeción apernados.

Estos planos se componen de un dibujo general para mostrar la estructura completa en su elevación, una planta y una variedad de cortes y detalles para especificar tipos de barras, medidas, características de unión y elementos utilizados en esta unión.

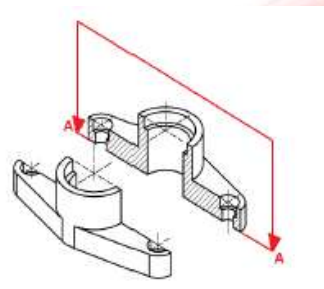


2.2.3. CORTES Y SECCIONES

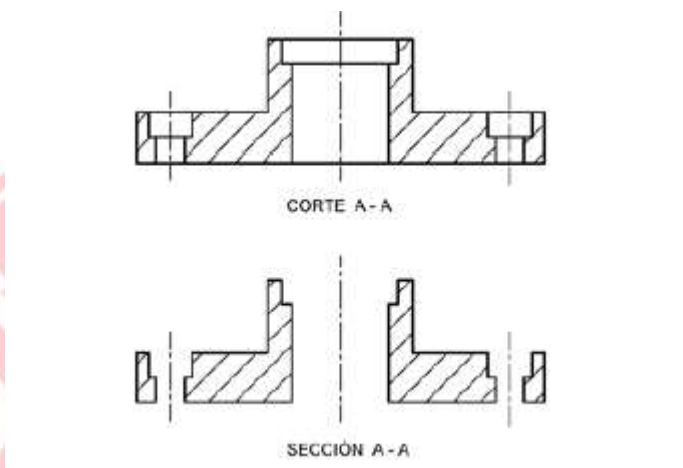
En dibujo técnico es muy importante lograr entender toda la información presente en un plano, otorgando una única interpretación a quien lo requiere. Por esta razón, cuando un dibujo es complejo o contiene detalles o elementos difíciles de observar en una sola vista, se recurre a una opción de ayuda que consiste en mostrar el interior de la pieza, por ejemplo, por medio de un detalle o división imaginario. A esto se le denomina *corte* o *sección*, tal como se puede apreciar en la figura de la derecha en perspectiva, destacando el plano de corte con la línea roja.



Al realizar esta operación se hace visible el interior de la pieza presentada, ya que tras el corte se pueden separar las partes llamadas secciones, dejando en evidencia el interior de esta con sus perforaciones o formas no apreciables de manera inmediata desde fuera, tal como se muestra en la figura de la derecha.



En dibujo técnico se debe tener en consideración la diferencia entre un corte y una sección, principalmente por la forma como se representan los elementos una vez que se ha realizado la separación. La sección entrega una representación o dibujo única y exclusivamente de la zona sólida de la pieza marcada por achurado en diagonal, mientras que el corte representa todo el contorno y aristas del dibujo, destacando la zona por la cual pasa el corte con un achurado de líneas diagonales, para facilitar la comprensión de ambos métodos. A continuación, la siguiente imagen muestra la misma pieza anterior, pero representando ambos conceptos.

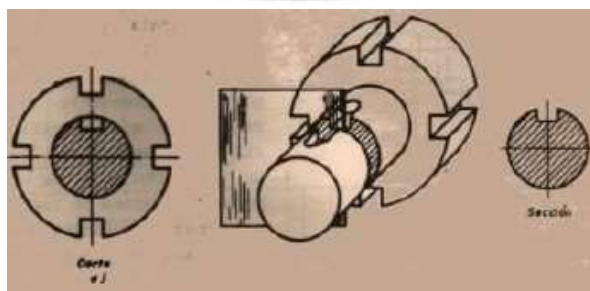


Se puede observar en la figura, que en el proceso de sección las líneas ocultas correspondientes al alzado han sido eliminadas, obteniéndose un plano limpio y claro, facilitándose de este modo la interpretación.

Por su parte, los cortes mejoran la representación de las piezas y se evita un gran número de aristas ocultas, permitiendo, como ya se ha mencionado, la acotación y observación plena de estas.

La norma ISO 128 presenta las reglas o estándares internacionales que se deben seguir para la representación de características en los cortes y secciones de piezas o partes de piezas mecánicas.

En el ámbito de los cortes, estos se indican por medio de una línea de trazo y punto de un grosor de 0,35 mm y en sus extremos de 0,7 mm. El plano de corte se nombrará o identificará por letras mayúsculas, especialmente las primeras del abecedario, y su sentido de visualización o abatimiento se muestra por las flechas. Junto al corte se deben ubicar las letras identificativas

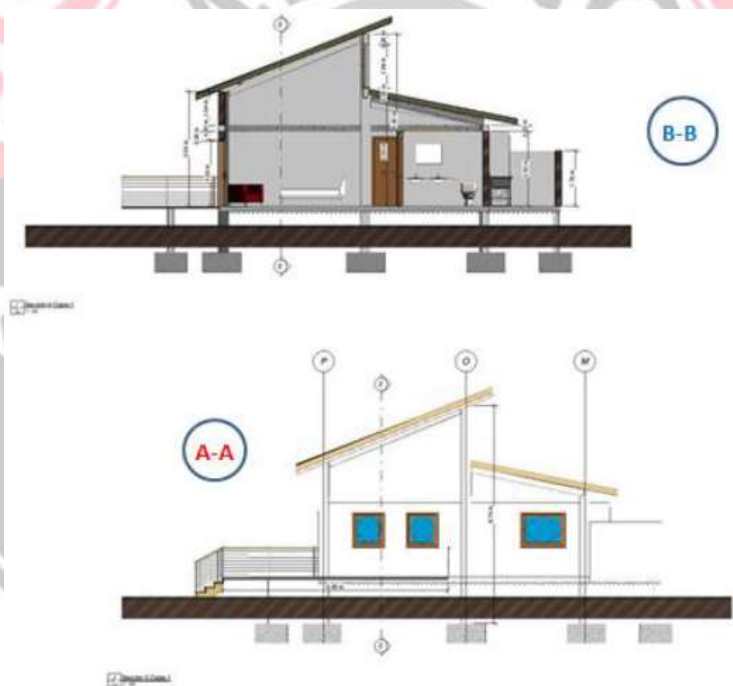


CORTES Y SECCIONES ARQUITECTÓNICOS

En el área del dibujo de estructuras o de arquitectura, una sección en el plano se entiende como la proyección del edificio cortado en sentido vertical o podría ser entendido como un corte de tipo perpendicular a la planta. Esto con la finalidad de mostrar todos aquellos aspectos o detalles que no son suficientemente presentados por medio de la fachada del edificio o en las plantas del mismo.

La necesidad de presentar la mayor cantidad de datos en un dibujo de estas características en construcción obliga a realizar al menos dos secciones una a lo largo de la estructura, en el sentido longitudinal y otra a lo ancho o en sentido transversal, especialmente para dejar establecido lo referente a las alturas de las estructuras.

Para aclarar aún más estos conceptos se adjunta la siguiente imagen, donde la primera muestra el sentido en el cual se realizan un corte o sección (A-A) que se realiza imaginariamente a lo ancho del edificio y luego se adjunta las vista (B-B) que se obtendría del corte sin la fachada del mismo, mostrando la distribución interior.



Como una mejor forma de graficar cómo se realizan los cortes se incorpora la siguiente imagen que representaría el corte de tipo A-A, pero que muestra el edificio en todo su largo (Figura C-C):



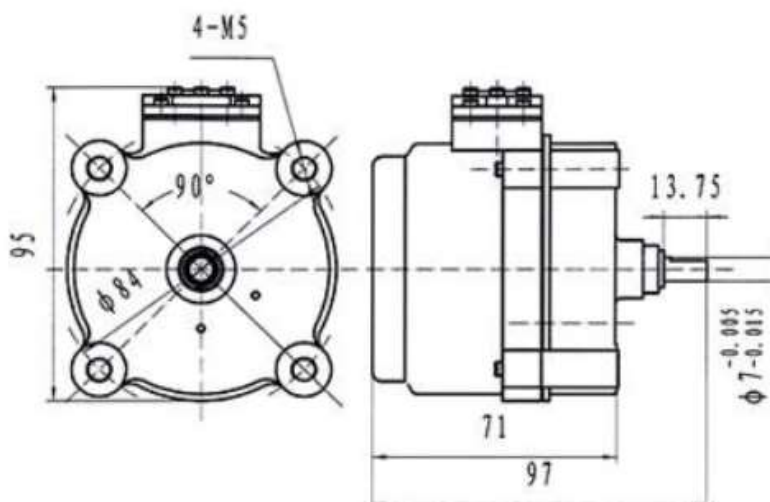
En los cortes es importante entregar el orden de los elementos más cercanos y más lejanos, con líneas gruesas o delgadas según sea la necesidad, donde la estructura como muros, losas, etc., dependerá de que el elemento sea más visible o no en el dibujo. Un tipo de jerarquía de dibujo podría ser: estructura (cimientos, sobrecimientos, muros, losas, vigas, etc.), pilares (si existen en el corte), tabiques y muros estructurales, puertas y ventanas o mobiliario.

Es muy importante dejar establecido que en proyectos donde exista una estructura de pilares, nunca se deben seccionar o cortar, ya que podrían ser confundidos con muros. Se deben dibujar estos pilares como líneas verticales más delgadas detrás del corte de losas como se representa en el dibujo anterior en el corte B-B.

2.2.4. DETALLES

Si bien los planos entregan una gran cantidad de antecedentes generales de la estructura sobre su distribución y dimensiones, es necesario incorporar información más específica o bien anexos de planos que presenten detalles a una escala menos reducida que muestre: secciones de muros típicos, gradas de escalas, chimeneas, jardineras, cenefas, campanas, etc.

Por otra parte, en cuanto al dibujo de piezas o partes mecánicas este tipo de representación entrega información sobre diámetros de perforaciones, tipo de hilo o roscas, uniones o terminaciones de superficies y todo tipo de detalles. Como ejemplo, la imagen siguiente muestra las dimensiones de un condensador.



Dentro de estas especificaciones se consideran también detalles de terminaciones de carpintería, albañilería, cerrajería y herrería, mobiliario, bases, etc. Estas presentaciones se muestran de acuerdo a proyecciones ortogonales (plantas), elevaciones y secciones, siempre a escalas de ampliación como es 1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:25, donde la más utilizada es la 1:25.

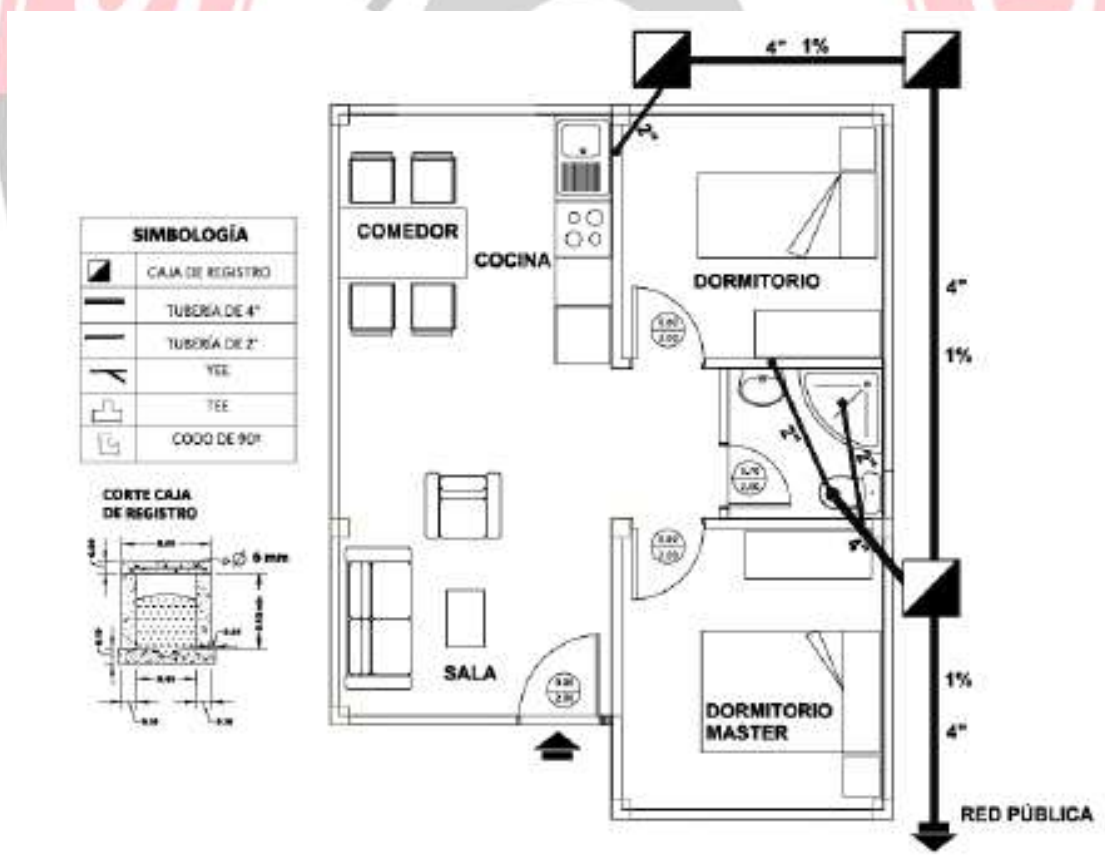


2.2.5. INSTALACIONES

En el dibujo arquitectónico las instalaciones de redes y tuberías, ya sea tramados eléctricos, agua potable o servida, gas o cables de televisión, por nombrar algunos, son considerados indispensables a la hora de incorporarlos en el diseño para la interpretación y comprensión de los planos. Este tipo de dibujo considera la participación de distintos tipos de profesionales de la ingeniería y donde los calculistas o proyectistas se basan en estos conocimientos para definir su ubicación en el plano.

Planos de estructuras, planos de instalaciones sanitarias, planos de instalaciones eléctricas, se presentan en los proyectos con diversos grados de complejidad.

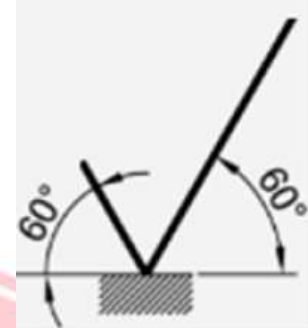
- **Planos de instalaciones sanitarias:** considera el detalle de las tuberías para la alimentación y el flujo de aguas blancas (potable), aguas negras (servidas), agua lluvia, sistemas hidroneumáticos o de calefacción, servicios de emergencias, etc.
- **Planos de instalaciones eléctricas:** aquí se muestran todos los detalles de iluminación, tomacorriente, telefonía, televisión, internet, tableros principales, subtableros de distribución, etc. Se presenta toda la canalización y distribución para este cableado, considerando tipo de elementos a utilizar, sistemas que alimenta y medidas de seguridad.
- **Planos de instalaciones mecánicas:** presentan todos los servicios anexos existentes en algunos edificios o casas como, por ejemplo, instalaciones de aire acondicionado, ventilación mecánica, presurización de ascensores, escaleras, tuberías de vapor, vacío, gas y todas aquellas instalaciones relacionadas con la especialidad; al igual que en las otras áreas, estas deben presentar los detalles, diagramas, especificaciones técnicas y toda la información necesaria para una correcta instalación.
- **Planos de instalaciones especiales:** aquí se consideran los planos y detalles de aquellas instalaciones y equipos tales como cavas, montacargas, equipos de aire comprimido, equipos para el manejo y transporte de material, etc. Aquellas que son de uso frecuente en construcciones residenciales, comerciales e industriales.



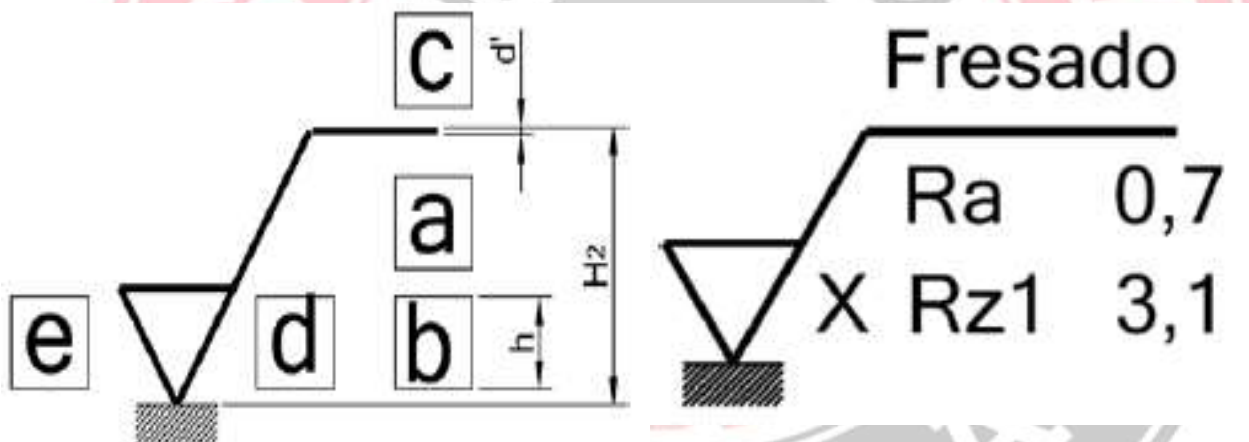
2.2.6. ACABADOS Y TERMINACIONES

EN PIEZAS MECÁNICAS

Estos tipos de planos o indicaciones de acabado tienen relación con el área mecánica y se presenta fundamentalmente para determinar el tipo de calidad superficial o rugosidad de piezas o partes de una maquinaria una vez mecanizadas o trabajadas en tornos y fresas, lo cual es generalmente representado por dos líneas de largo desigual que forman una especie de triángulo invertido con 60° de inclinación sobre la pieza, como lo muestra la figura de la derecha.

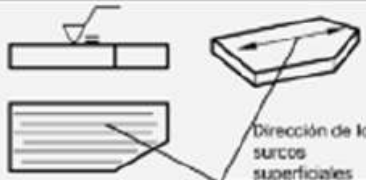
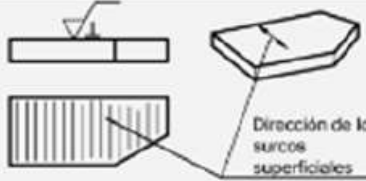
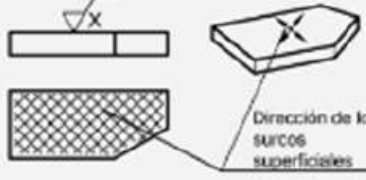
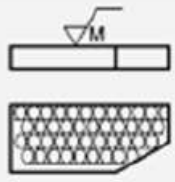


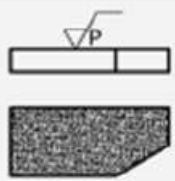


El siguiente símbolo, tiene especificaciones claramente establecidas por la norma ISO 1302:2002, que vincula la operación de mecanizado y los rangos de tolerancia o desbaste sobre la pieza. Otro aspecto que menciona la norma tiene relación con el método de fabricación, tratamientos o recubrimientos especiales de la pieza, si es factible de torneado, esmerilar, fresar, etc. Cada requisito o indicación se anexará en la misma figura y proporcionan diferentes aspectos:



- **a**: este es el requisito individual de calidad superficial.
- **b**: si existen dos o más requisitos de calidad superficial se anexa este dato.
- **c**: método de fabricación, tratamiento, recubrimiento, etc.
- **d**: este valor entrega los surcos superficiales y su orientación.
- **e**: tolerancia de mecanizado, rango máximo de entrada de la maquinaria expresado en mm.

Desde la indicación d se muestra el símbolo “X”, que corresponde a la representación de los surcos y su respectiva dirección (cruzado y en dos direcciones) que se produce durante el proceso de fabricación. Las denominaciones Ra y Rz1 corresponden a la máxima altura de rugosidad en la pieza y se presentan en las siguientes tablas:

Símbolo gráfico	Interpretación y ejemplo	
=	Paralelo al plano de la vista en el que se usa el símbolo.	 <p>Dirección de los surcos superficiales</p>
⊥	Perpendicular al plano de proyección de la vista en el que se usa el símbolo.	 <p>Dirección de los surcos superficiales</p>
X	Cruzado en dos direcciones oblicuas relativas al plano de proyección de vista en el que se usa el símbolo.	 <p>Dirección de los surcos superficiales</p>
M	Multidireccional	
C	Aproximadamente circular con respecto al centro de la superficie donde se aplica el símbolo.	
R	Aproximadamente radial con respecto al centro de la superficie donde se aplica el símbolo.	
P	Los surcos superficiales son en particular, no direccionales o protuberantes.	
Si fuera necesario especificar un patrón superficial que no estuviera claramente definido por estos símbolos, debe hacerse incluyendo una nota adecuada en el dibujo.		

En arquitectura estos planos se preocupan de entregar información sobre la forma como se termina o remata el proyecto y cuáles serán algunos aspectos relevantes, por ejemplo: tipos de puertas, ventanas, tipos de pisos, terminaciones de muros y techos, jardines, etc.

Si bien estos planos no se consideran al momento de la solicitud de permisos y revisión de obras, son importantes para un correcto presupuesto en cuanto a materiales y mano de obra para su realización.

En este tipo de dibujos se mencionan dimensiones y características como, por ejemplo:

- **Vano:** espacio o agujero donde se instalarán puertas o ventanas.
- **Dinteles:** que corresponden a la medida desde el piso terminado a la altura final de la ventana o puerta.

Planta de acabados



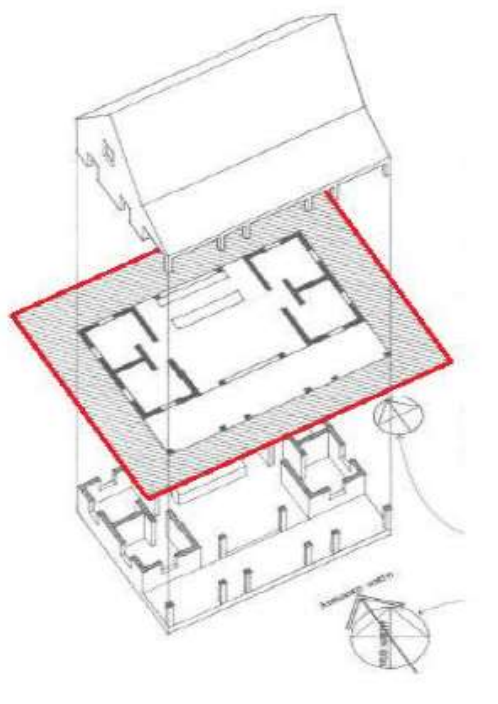
MATERIAL	SÍMBOLO	MATERIAL	SÍMBOLO
Ladrillo		Yeso y mortero	
Hormigón armado		Vidrio	
Piedra		Secciones metálicas	
Tableros de fibra		Tierra	
Madera (sección transversal)		Aislamiento ligero	
Madera (sección longitudinal)			

2.3. LECTURA DE UN PLANO

La información incorporada en un plano es variada y, por lo tanto, es necesario aprender a leer estos dibujos y símbolos correctamente, no solo entre los pares que los realizan, sino también para aquellos que ejecutarán las labores o la construcción. Para esta adecuada interpretación, hay que dividir este análisis en tres tipos de lecturas: plantas, vistas y cortes.

2.3.1. ANÁLISIS DE PLANTAS

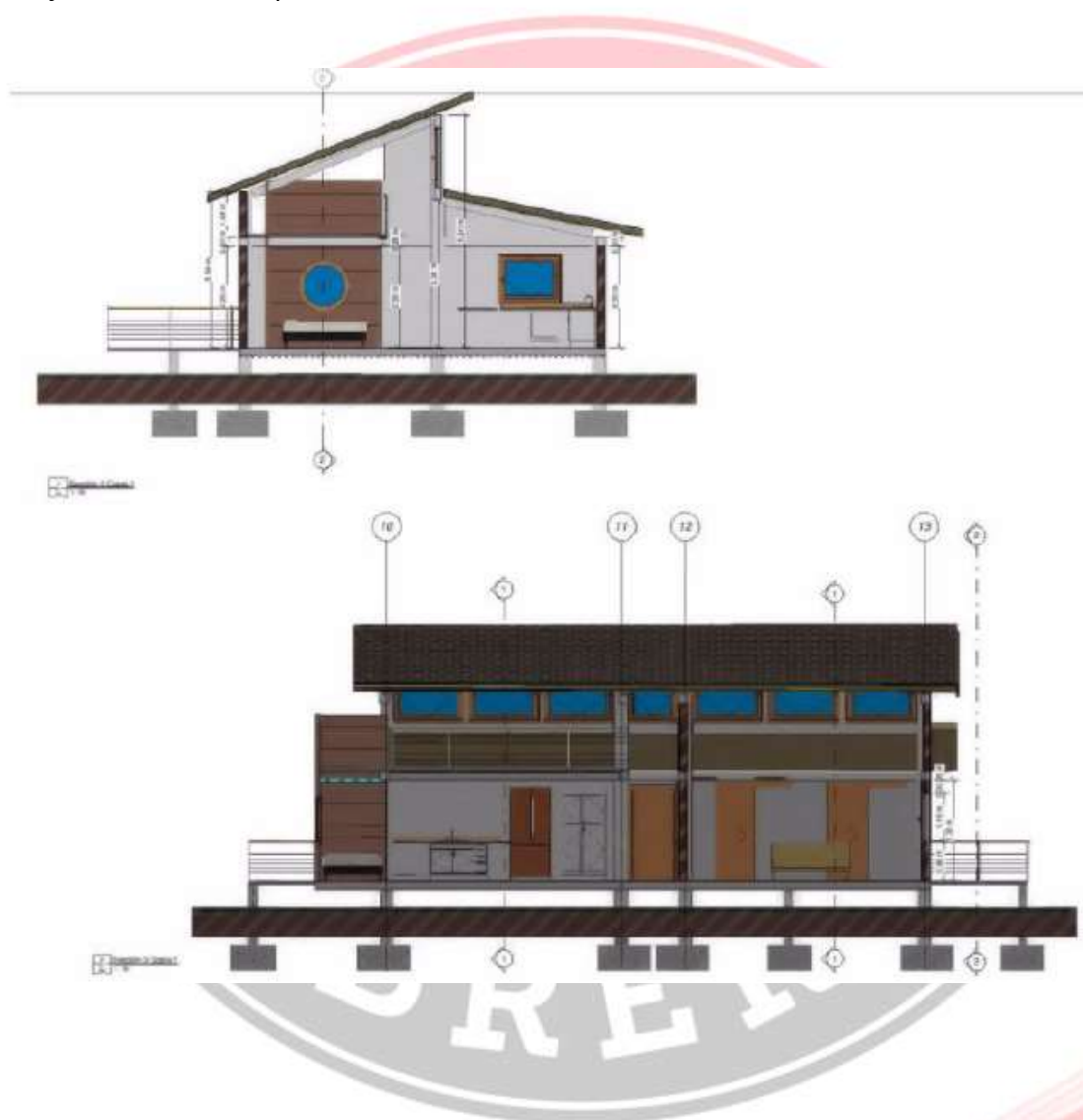
Esta lectura corresponde a una vista aérea del trabajo, pieza o construcción al cual se le realiza un corte imaginario de aproximadamente un metro de altura (medida que puede variar según sea la necesidad de detalles a mostrar y que se representa en la figura con un borde rojo), con la finalidad de lograr una visión completa en cuanto al ancho y largo del edificio, detalles de paredes, puertas o ventanas y así poder realizar una mejor distribución de espacios y sectores a utilizar, entregando un mayor orden y eficiencia de las áreas de trabajo. Generalmente este análisis en el área industrial es muy útil para ordenar espacios y que con ello se facilite el movimiento de personal, materiales y maquinarias o que el almacenamiento esté cercano a las líneas de producción, y proporcionar sectores de trabajo



seguro y delimitado, etc. Esta distribución se realiza en espacios ya existentes o en futuras ampliaciones o modificaciones. Estos dibujos generalmente se presentan en una escala de 1:100 o 1:50, porque una mayor escala permite entregar mayor cantidad de detalles y evidencias del plano presentado.

2.3.2. ANÁLISIS DE VISTAS O FACHADAS

Este análisis corresponde a las vistas laterales y frontales del trabajo en construcción, pero a diferencia de la planta entrega una visión limitada desde la postura vertical del dibujo, ofreciendo un punto de vista horizontal

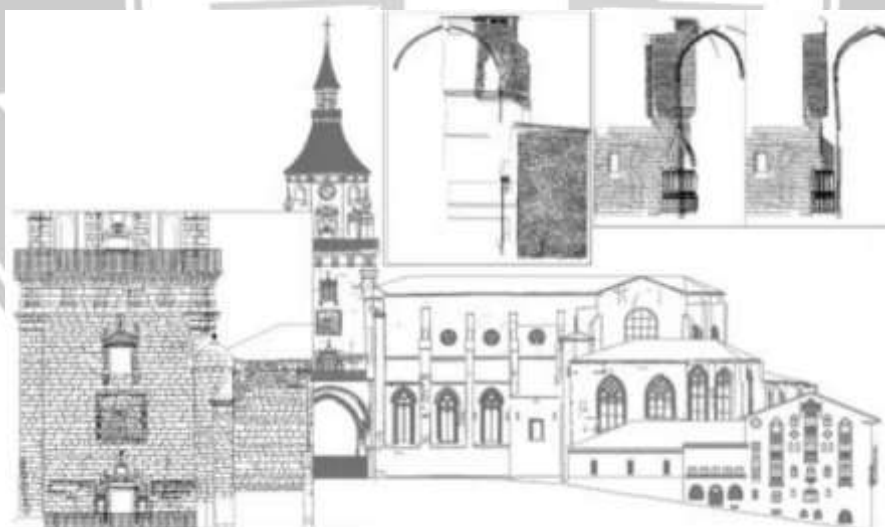


A cada vista se le identifica o denomina según el punto cardinal al cual corresponda su ubicación: norte, sur, este u oriente, oeste o poniente.

La ubicación de cada figura en el plano debe ser ordenada de acuerdo al punto cardinal por el cual se inicia su observación y presentarse por su nombre y en la escala en la cual se dibuja.



Otro aspecto importante a considerar tiene relación con la determinación de elementos que se encuentren cercanos o lejanos mediante el grueso de las líneas del dibujo. En otros casos se emplea para destacar el material o elemento con el cual se han construido (ladrillos, materiales de la techumbre, etc.), así como formas o terminaciones especiales (curvaturas, quiebres, etc.). Este dibujo facilita la observación de vanos de puertas y ventanas y de cualquier elemento como materiales o texturas del edificio, mobiliario urbano, arboles, estacionamientos, etc.



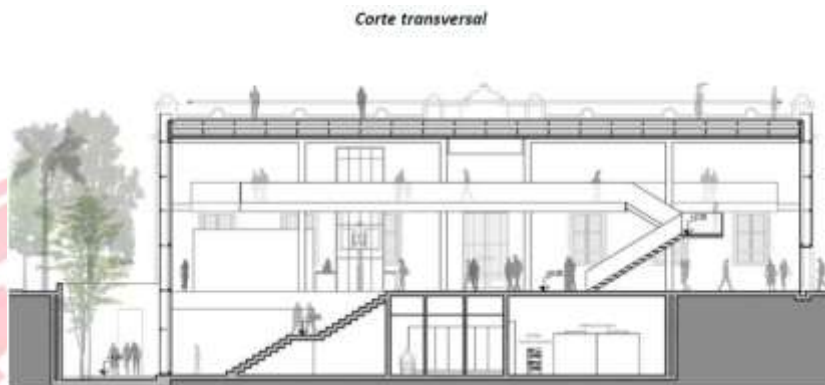
2.3.3. ANÁLISIS DE CORTES Y SECCIÓN

El corte o sección es una proyección ortogonal de un objeto que muestra cómo aparecería este si se cortara de manera secante o vertical, así se revela la constitución, composición y organización interna con respecto a la realidad. Igual que las vistas, las secciones representan dimensiones (alto, ancho y largo), es decir, la complejidad

tridimensional de un objeto. Con frecuencia se utilizan para diseñar y comunicar detalles constructivos, de montaje de mobiliario y terminaciones.

En este corte se mezclan las cualidades de las plantas con las perspectivas de los alzados, por el hecho de que se cortan muros, paneles y la cubierta o techumbre de un edificio, además de los espacios de puertas y ventanas. De este modo quedan al descubierto las condiciones de apoyo, luces, cierres y la organización en vertical de los espacios.

A diferencia de la planta esta representación se debe dibujar en todo su alto, ya que considera toda la estructura del edificio, siendo realizada a lo largo del proyecto (corte longitudinal) o a lo ancho del mismo (corte transversal).



En los cortes se debe considerar:

- Todos los elementos estructurales del proyecto por donde pase el corte, ya sean horizontales (losas, vigas, etc.) o verticales (cimiento, sobre cimiento, muros, tabiques livianos como compuestos, etc.).
- Los elementos de techumbre.
- El terreno.
- El contexto externo (calles, muros medianeros, etc.) por donde pasa el corte.

En los cortes además se debe dibujar:

- El mobiliario dentro del proyecto que sea visible por donde pase el corte.
- Elementos como mobiliario urbano, elementos arbóreos, vehículos y gente, para dar la idea de la escala y el emplazamiento del proyecto.
- Elementos normativos como ejes medianeros, rasantes y otros según se especifique.

2.4. NOMENCLATURA

El dibujo técnico se compone de varios aspectos básicos como el tipo de papel que se utiliza o la forma de representación de piezas o construcciones. Encierra en sí diversos elementos que se transforman en información para entender todos los datos, para lo cual se utilizan letras, señales o símbolos que favorecen y facilitan su lectura, también conocidos como *nomenclatura*.

2.4.1. VIÑETAS O MARCO DE ROTULACIÓN

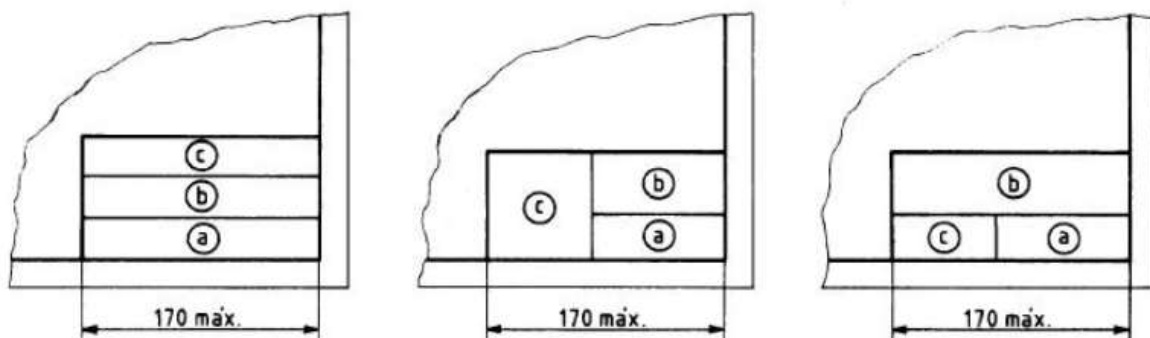
Este cuadro de rotulación o viñeta permite presentar los datos del proyecto realizado como el nombre (pieza, estructura, edificio, etc.), escala de dibujo, autor y revisor del trabajo, número o código de identificación, etc. En nuestro país la regulación y diseño de este cuadro está regido por la norma NCh 14 aplicable a todos los campos de la ingeniería y arquitectura. Esta especificación tiene por sentido generar un grado de coherencia dentro de los dibujos, facilitando su intercambio y comprensión. Algunos aspectos que regula y explica la norma son:

1) Reglas generales: todos los dibujos técnicos deben tener un cuadro de rotulación, el cual cumple con una serie de requisitos básicos para la descripción. El cuadro de rotulación consiste en una tabla con una o más casillas en diferentes distribuciones, en las que se inscriben los datos específicos.

2) Ubicación del cuadro de rotulación: el cuadro de rotulación debe situarse dentro de la superficie de ejecución del dibujo, conforme a las especificaciones entregadas en la NCh13.

3) Contenido del cuadro: para lograr una orden uniforme del cuadro de rotulación, las informaciones necesarias deben agruparse en las siguientes zonas:

- **Zona de identificación:** en esta se entrega información básica y obligatoria como:
 - A) Número del dibujo: que debe situarse en el ángulo inferior derecho de la zona de identificación.
 - b) Título del dibujo: que presenta el nombre.
 - c) Nombre del propietario legal del dibujo: el propietario del dibujo puede ser una persona natural, razón social (persona jurídica) o el logo de la empresa.



- Una o varias zonas para informaciones suplementarias. Estas zonas deben colocarse encima y/o a la izquierda de la zona de identificación. Estos datos adicionales pueden ser distinguidos como:

o Indicativos.

o Técnicos.

o Administrativos.

4) Datos indicativos: necesarios para evitar errores al interpretar el método de representación utilizado en el dibujo. Ellos deben incluir:

- El símbolo para designar el método de proyección (primer o tercer diedro).
- La escala principal del dibujo.
- La unidad dimensional.

Estos datos no son obligatorios dentro del dibujo, pero es recomendable su inclusión como una forma de asegurar una correcta interpretación y comprensión del plano.

5) Datos técnicos: información relativa a los métodos particulares y convenciones para la representación y fabricación del producto. Estos pueden incluir:

- El método para indicar el acabado superficial.
- El método para indicar las tolerancias geométricas, representación de soldaduras.
- Los valores de las tolerancias generales que deben aplicarse si no están indicadas con el dimensionamiento del dibujo.
- Otros datos necesarios con referencia a normas apropiadas (por ejemplo, tratamientos térmicos y/o superficiales, simbologías, etc.).


6) Datos administrativos: dependen de los métodos usados para la administración del dibujo en la organización. Estos pueden ser:

- El formato de la hoja de dibujo.
- Fecha y nombre (o firma) del personal responsable de la ejecución, revisión y aprobación de la primera copia del dibujo.
- Un índice numérico de modificaciones que debe ubicarse en la casilla correspondiente al número del dibujo.
- Números y fechas de las modificaciones, nombre (o firma) de los ejecutores, siguiendo el orden dado por el índice.
- El número y fecha del dibujo que reemplaza o que será reemplazado.



Estos últimos dos datos deben ser ubicados preferentemente en un rectángulo separado de otros datos administrativos. En los planos de hojas múltiples y que posean el mismo número de dibujo, se debe indicar el número sucesivo de la hoja, acompañado del total de hojas de la serie.

Por ejemplo: “Hoja n° N/P”, donde N es el número de la hoja y P es el número total de hojas, así como Hoja n° 1/4.

N°		DESCRIPCION			COORD.	CANT.	REFERENCIA	MATERIAL	kg	OBS.	
MODIFICACIONES	N°						REEMPLAZA A DIBUJO N°			FECHA	
	FECHA						REEMPLAZADO POR DIB. N°			FECHA	
	FIRMA	1	2	3	4	5	6				
ACABADO SUPERFICIAL Ra en µmm		SOLDADURA SIMBOLOS		TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y GEOMETRICAS NO INDICADAS			TRATAMIENTOS TERMIC. y/o SUPERF.		TOLER. GEOMET.		
DIBUJO		REVISO		APROBO		FORMATO	UNIDAD DIMENSIONAL	ESCALA			
FECHA											
NOMBRE/FIRMA											
(Nombre del propietario)				(Título del dibujo)							
				(N° del dibujo)				HOJA N°	INDICE MOD.		
								1/4	1	4	
									2	5	
									3	6	

2.4.2. ACOTACIONES

Por acotación se entiende al método por el cual se dimensiona un objeto en el plano o área donde se dibuje, lo cual permite llevar a ejecución esta tarea. Para esto se deben considerar dos aspectos que intervienen con grado de obligación:

- Que las vistas del dibujo no permitan dudas respecto a su forma, tamaño y proporción.
- Que la descripción de su tamaño sea exacta. Es decir, que el dibujo esté correctamente acotado.

En resumen, se puede determinar que la acotación o dimensionado corresponde al proceso de incorporar medidas y notas al dibujo para su correcta realización.

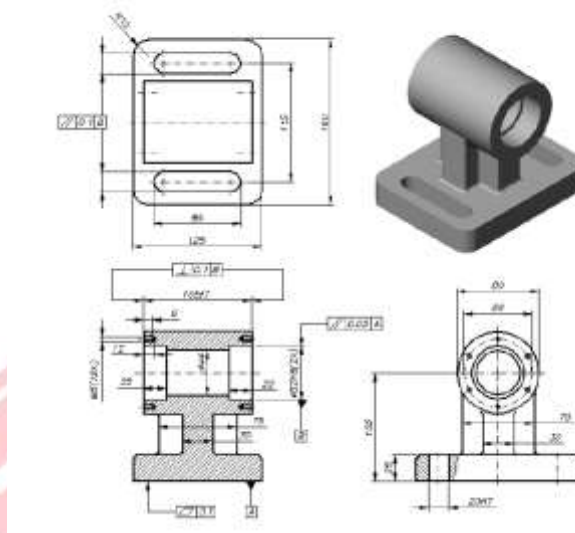
Existen tres tipos de dimensionamientos que son:

1) Dimensión funcional (F): es fundamental para el funcionamiento del elemento o el espacio.

2) Dimensión no funcional (NF): es aquella que no es fundamental para el funcionamiento del elemento o el espacio.

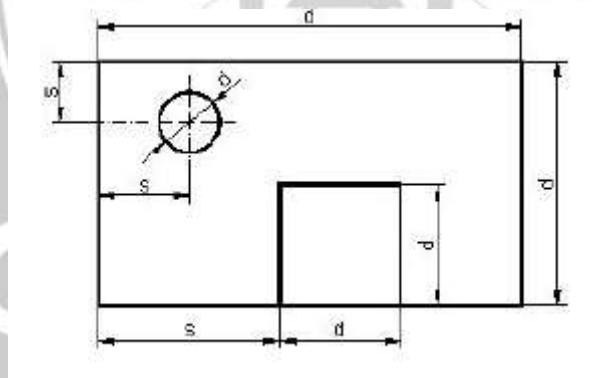
3) Dimensión auxiliar (AUX): es aquella de carácter informativo, ya que no tiene ningún papel decisivo en la fabricación o la inspección del objeto o proyecto. Se deriva de otras cotas indicadas en el dibujo o en documentos relacionados y es indicada entre paréntesis.

Representación de dimensiones funcionales, no funcionales y auxiliares



Se distinguen también cotas según su función dentro del plano, de las cuales se consideran dos:

- **Cotas de dimensión (d):** son las que indican el tamaño de los elementos del dibujo (diámetros de agujeros, ancho de la pieza, largo, etc.).
- **Cotas de situación (s):** son las que concretan o indican la posición de los elementos de la pieza.



ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA COTA

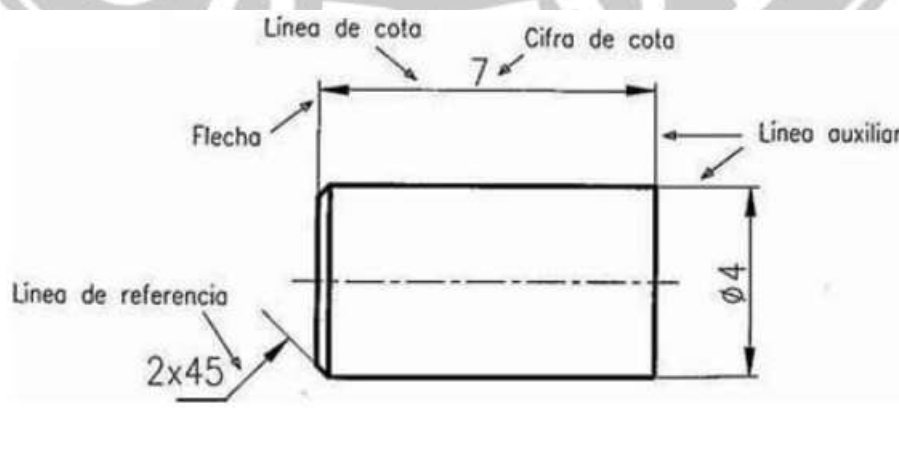
Para la representación de un acotado se requiere de líneas y símbolos con características e información de los elementos a dimensionar. Estos elementos son:

- **Línea de acotación o de dimensión:** esta se dibuja en forma paralela a la superficie de la pieza que es presentada o dimensionada.

- **Valor de cota o número:** es una cifra que entrega la dimensión de la pieza o dibujo representado. Es importante dejar definido el criterio del valor a mencionar en cuanto a la unidad (metros, pulgadas, milímetros) para todos los elementos en el dibujo. Se ubica en el centro de la línea de acotación. Su ubicación puede ser interrumpiendo la línea o sobre la misma, pero este criterio se debe mantener en todo el dibujo del plano.
- **Símbolo de extremo o cota:** para definir su término, en la línea se utilizarán símbolos en sus extremos, que pueden ser punta de flechas, pequeños trazos ubicados a 45° o un círculo pequeño que se conoce también como indicación de origen.



- **Líneas de referencia o de proyección:** son líneas que parten del dibujo de forma perpendicular a la superficie a acotar y limitan la longitud de las líneas de cota. Deben sobresalir ligeramente de las líneas de cota, aprox. 2 mm. En forma excepcional y en ciertos casos, pueden dibujarse a 60° respecto a las líneas de cota.
- **Líneas de guía de cota:** se utilizan para indicar un valor dimensional o una nota explicativa en los dibujos mediante una línea que une el texto a la pieza. Las líneas de referencia pueden terminar en:
 - o Una flecha, si terminan en un contorno de la pieza.
 - o Un punto, si finalizan en el interior de la pieza.
 - o Sin flecha ni punto, si terminan en otra línea



2.4.3. SIMBOLOGÍA Y ROTULACIÓN

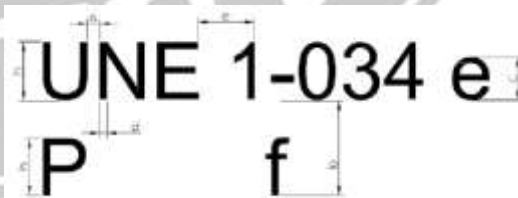
Estos dos aspectos se precisan como elementos de información para el plano, tanto por el tipo de texto o letra utilizado para la escritura de leyendas o datos dentro del dibujo, como por la utilización de caracteres o símbolos que simplifican o facilitan la representación de conexiones, elementos del tipo de dibujo (eléctrico, mecánico, arquitectónico, etc.) o indicaciones generales para la aplicación o ejecución.

ROTULACIÓN

Existen dos normas internacionales que determinan el tipo de letra y número para incorporar texto dentro de los planos de dibujo técnico, estas son la DIN 16 y la DIN 17, las cuales fundamentalmente se refieren a la forma y el tamaño de estos caracteres. Dentro de estos aspectos existen dos tipos denominados escritura cursiva y escritura vertical, donde la primera es utilizada de manera preferencial en planos industriales, mientras que la segunda es requerida fundamentalmente en planos de arquitectura.



Estas normas determinan el tamaño de la letra a utilizar cuya medida está considerada en milímetros, asimismo normalizan el tipo de escritura según el grueso del lápiz a utilizar y los espacios entre los caracteres. La altura (h) del texto, para la letra mayúscula tienen como rango nominal las medidas: 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10; 14 y 20 mm, y en donde la altura de las minúsculas viene en dimensión menor, tomando las medidas de las mayúsculas, partiendo por 2,5 y terminando en 14, por ejemplo, mayúscula 3,5, minúscula 2,5 (Schneider, W., & Sappert, D. 1990).






























SIMBOLOGÍA

Esta manera simple, pero extensa en cuanto a la información, nace primero por una necesidad de explicar y comprender lo graficado y luego como la forma de poder

identificar componentes y procesos en los dibujos de diferentes ámbitos industriales o productivos como: electricidad, mecánica, hidráulica, arquitectura, etc.

Algunos ejemplos de simbologías son las siguientes:

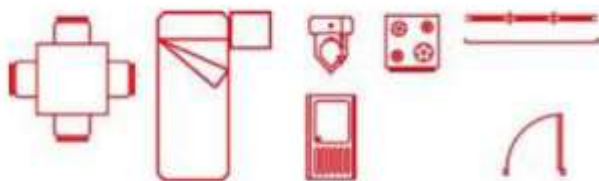
Simbología eléctrica

Mecanismo	Símbolo		Significado
	Unifilar	Multifilar	
			Interruptor
			Interruptor Bipolar
			Interruptor de tirador
			Interruptor doble
			Commutador
			Commutador de cruzamiento
			Pulsador
			Regulador
			Interruptores de persianas

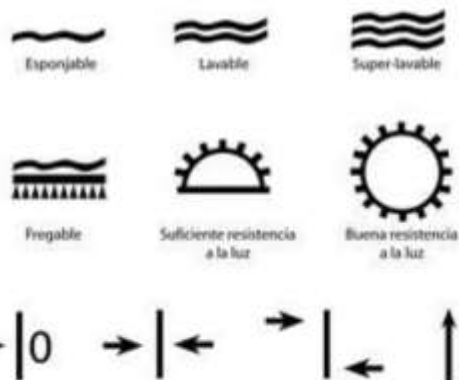
2.4.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Como en todo ámbito industrial o de producción, el dibujo técnico cuenta con documentos o normas que definen las exigencias para la realización de sus

Simbología arquitectónica



Simbología acabados en productos



procedimientos o aplicaciones en todos sus procesos, ya sea de construcción, fabricación o elaboración. Estas descripciones técnicas especifican las características del producto a desarrollar en el plano, como el tipo de material a utilizar (acero, bronce, madera, poliéster, etc.), características durante el proceso productivo (qué tipo de maquinaria utilizar, cómo cortar la pieza, dónde y a qué medida, acabado superficial, tratamientos de temperatura o de terminación en cuanto a pinturas utilizadas, etc.) e inclusive cómo transportar o embalar.

2.4.5. ESCALAS

En dibujo técnico la representación de los objetos y su tamaño natural, salvo excepciones, es muy compleja la mayoría de las veces debido a que las piezas o representaciones son demasiado pequeñas o grandes según sea el caso. Cuando la pieza es muy grande, por ejemplo, una casa, requeriría de formatos poco probables o realistas y en el caso de ser muy pequeñas la capacidad de presentar los detalles sería muy confusa.

Por esta razón se resuelve incorporar las escalas dentro del dibujo, las cuales permiten ampliar o reducir los objetos, dejándolos para una fácil representación en el dibujo.

La escala tiene una relación clara entre la dimensión de la realidad y la dimensión en el dibujo, por lo tanto, se observa que si el numerador es mayor al denominador se considera una *escala de ampliación* (por ejemplo 2:1) y en el caso inverso, donde el denominador es mayor que el numerador, se llama escala de reducción (por ejemplo 1:2). En algunos casos cuando la fracción se presenta en el rango 1:1 es reconocida como escala natural.

Escala de reducción				Escala de ampliación
Fabricación e instalaciones	Construcciones civiles	Topografía	Urbanismo	
1:2	1:5	1:100	1:500	2:1
1:5	1:10	1:200	1:2.000	5:1
1:10	1:20	1:500	1:2.500	10:1
1:20	1:50	1:1.000	1:5.000	20:1
1:50	1:100	1:2.000	1:25.000	50:1
1:100	1:200	1:5.000	1:50.000	
1:200	1:500	1:10.000		
	1:1000	1:25.000		
		1:50.000		

Para que sea posible de aplicar y reconocer en cualquier elemento de dibujo como escalímetros o reglas, se recomienda utilizar valores normalizados que regulan su empleo.

ESCALÍMETRO

Un escalímetro o escala de arquitecto es una regla especial cuya sección transversal tiene forma prismática o triangular con el objeto de tener diferentes escalas en la misma regla. Sirve para medir dibujos que contienen diversas escalas. En su borde hay un rango con escalas calibradas y basta con girar sobre su eje longitudinal para ver la escala apropiada o que se necesita.

La forma más habitual del escalímetro es la de una regla de 30 cm de longitud, con sección estrellada de 6 facetas o caras. Cada una de estas facetas va graduada con escalas diferentes, las que habitualmente son: 1:100, 1:200, 1:250, 1:300, 1:400 y 1:500.



3. REVESTIMIENTOS

3.1. INTRODUCCIÓN A LOS REVESTIMIENTOS

Los **revestimientos** (o acabados) son las capas finales que se aplican sobre los elementos constructivos – muros, suelos, techos, tabiques, etc. – con el objetivo de **protegerlos, decorarlos o prepararlos para su uso**. Estas capas de acabado forman parte esencial del proceso constructivo, ya que definen el aspecto visible final de la obra y contribuyen al confort, la salubridad y la durabilidad del edificio. Un buen revestimiento no solo embellece, sino que también **protege la estructura** de agentes externos (humedad, temperatura, desgaste) y puede aportar aislamiento térmico o acústico adicional.



Tipos de revestimientos: En construcción podemos clasificar los revestimientos de distintas formas. Una distinción básica es entre **revestimientos exteriores e interiores**:

- *Revestimientos exteriores:* Aquellos expuestos a la intemperie, diseñados para soportar lluvia, sol, viento y cambios de temperatura sin degradarse. Su función principal es proteger la fachada o cubierta de filtraciones y agentes climáticos, a la vez que dan una imagen estética al edificio (ya sea de estilo tradicional, moderno, rústico, etc.).
- *Revestimientos interiores:* Son los acabados dentro de los espacios habitables. Están más orientados a la estética, la higiene y el confort (visual, táctil y acústico) de interiores. Aunque no sufren la intemperie, deben resistir el uso diario, la limpieza, la humedad de cocinas/baños, etc.

Otra forma de clasificación, muy útil para estudiarlos, es según su modo de aplicación: **revestimientos continuos y revestimientos discontinuos**. Los **continuos** son aquellos que se aplican en masa o en forma líquida/pastosa, cubriendo uniformemente la superficie (por ejemplo, el yeso, los morteros o la pintura, que forman una capa continua sin juntas visibles). En cambio, los **discontinuos** se componen de piezas o paneles colocados una al lado de otra, generando juntas entre ellas (por ejemplo, las baldosas cerámicas, las placas de yeso laminado o los aplacados de piedra). Esta clasificación la usaremos a lo largo del capítulo para organizar los distintos tipos.

3.1.1. DEFINICIÓN Y FINALIDAD DE LOS REVESTIMIENTOS

En resumen, un **revestimiento** es cualquier capa adicional que se añade sobre la superficie de un elemento constructivo (como un muro o un techo) con un fin específico. Las principales finalidades de los revestimientos son:

- **Protección:** Resguardar la estructura base de agentes externos o condiciones adversas. Por ejemplo, un enfoscado con mortero impermeable en una fachada evita que la lluvia penetre en el muro; un alicatado cerámico en un baño protege el tabique de las salpicaduras de agua; una capa de pintura especial puede proteger contra la corrosión o la humedad ambiental.
- **Decoración:** Mejorar la estética, aportando color, textura y acabado visual agradable. El revestimiento es lo que finalmente vemos de la construcción, por lo que define su estilo. Puede ser liso y neutro (como una pared enlucida y pintada de blanco) o tener texturas y colores llamativos (un estuco veneciano, un aplacado de piedra vista, azulejos decorados, etc.).
- **Funcionalidad y uso:** Preparar la superficie para su uso final. Por ejemplo, un suelo de hormigón necesita un revestimiento (baldosas, parquet, resina...) para poder ser transitado cómodamente; un muro de ladrillo en interior suele recubrirse con yeso para poder ser pintado y limpiar mejor; un techo puede llevar un falso techo desmontable para ocultar instalaciones y mejorar la acústica. Algunos revestimientos también aportan aislamiento térmico/acústico (p.ej., trasdosados con placas y lana mineral) o propiedades ignífugas, antideslizantes, impermeables, según el material empleado.

En albañilería básica, los revestimientos se consideran la **etapa final** de la obra gruesa: después de levantar muros, forjados y cubiertas, se les aplican estos recubrimientos para **rematar** el trabajo. Aunque son lo último que se ejecuta, no por ello son menos importantes: un buen revestimiento asegura que todo el esfuerzo previo luzca adecuadamente y que la construcción cumpla su función durante mucho tiempo.

3.1.2. CLASIFICACIÓN GENERAL

Como vimos, los revestimientos pueden clasificarse por ubicación (exterior/interior) o por su continuidad (continuos/discontinuos). A modo general, también podemos clasificarlos según el **material o técnica** principal con la que se realizan, ya que esto determina sus propiedades:

- **Revestimientos a base de mortero o pasta:** aquí entran los enfoscados y enlucidos (morteros de cemento, cal o yesos aplicados manualmente o a máquina), los revocos finos, estucos y también los sistemas de mortero monocapa. Todos se aplican frescos sobre el soporte y fraguan/endurecen sobre él, formando una capa integrada.
- **Revestimientos en base líquida:** principalmente las pinturas y barnices, que se aplican en forma líquida con brocha, rodillo o pistola, generando una película delgada continua al secar. También podrían incluirse aquí revestimientos continuos como resinas epoxi para suelos, aunque estos son más específicos.
- **Revestimientos con piezas rígidas:** incluyen las baldosas cerámicas (azulejos, gres, porcelánico) colocadas con adhesivo, las piezas de piedra natural o artificial para aplacados, los ladrillos vistos decorativos, etc. Se montan una a una con juntas entre sí.
- **Revestimientos con paneles o láminas:** placas de yeso laminado (Pladur y similares), placas de fibroyeso, paneles de madera, paneles de PVC u otros materiales que cubren grandes superficies. Pueden fijarse con tornillos a una estructura auxiliar, o adherirse al muro existente. También podríamos incluir en este grupo los **papeles pintados, vinilos o láminas decorativas** que se pegan a la superficie (aunque son flexibles, vienen en rollos o piezas).
- **Revestimientos prefabricados especiales:** por ejemplo módulos de fachadas ventiladas (paneles cerámicos, de composite, de fibrocemento, etc. anclados mecánicamente dejando una cámara de aire), sistemas SATE (Sistema de Aislamiento Térmico Exterior, que incluye placas aislantes adheridas y recubiertas con mortero), entre otros. Estos son más avanzados y combinan materiales, pero también son revestimientos.



Cada tipo de revestimiento tiene subcategorías que veremos en este capítulo. Es importante conocer las **propiedades generales** de cada grupo para elegir el adecuado en cada situación: por ejemplo, en exteriores expuestos al agua conviene un mortero impermeable o un aplacado resistente, mientras que en interiores húmedos como baños suele preferirse alicatado cerámico o pinturas antihumedad.

3.1.3. MATERIALES UTILIZADOS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

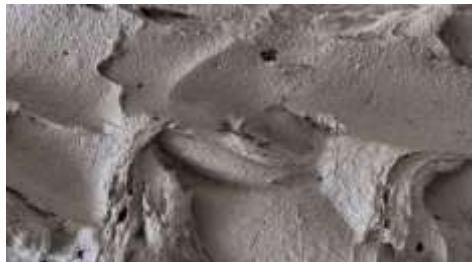
A continuación, enumeramos los materiales más comunes empleados en revestimientos básicos y sus características principales:

- **Yeso:** Mineral en polvo (sulfato de calcio hemihidratado) que amasado con agua forma una pasta que fragua rápidamente. Es el material tradicional para enlucir paredes interiores y techos, por su facilidad de aplicación y acabado liso. **Características:** color blanco beige, textura fina, fraguado rápido (en minutos u horas según tipo), no resistente al agua (se reblandece con la humedad), buena adherencia sobre ladrillo y enfoscados. Deja superficies lisas listas para pintar. Se aplica manualmente con llana o proyectado con máquina. Dentro del yeso, se distinguen *yesos gruesos* (más bastos, de secado algo más lento, usados como base) y *yesos finos o de enlucido* (más blancos y puros, para acabados). La **escayola** es un yeso de alta calidad y pureza, muy fino, utilizado en molduras, falsos techos y acabados delicados.
- **Cal:** Se utiliza la cal aérea (hidróxido de calcio) para hacer morteros de revoco tradicionales. Mezclada con arena y agua da mortero de cal, de fraguado lento por carbonatación. **Características:** muy trabajable (mortalidad blanda, fácil de extender), alta transpirabilidad (deja pasar vapor de agua, evitando humedades atrapadas), proporciona acabados de textura fina y aspecto mate. La cal pura tiene menos resistencia mecánica que el cemento, pero sus revestimientos son apreciados en rehabilitación de edificios históricos y construcciones bio, por su aspecto artesanal y propiedades antimoho/naturales.
- **Cemento:** Ligante hidráulico (generalmente cemento Portland) que mezclado con agregados (arena) y agua produce mortero de cemento. En revestimientos se usa en enfoscados y algunos revocos, y como componente de los morteros monocapa. **Características:** Alta resistencia mecánica, endurecimiento medio-rápido (varias horas), menos permeable que la cal (morteros más impermeables pero menos transpirables), tendencia a fisurar si no se formula bien (por retracción). Un enfoscado de cemento es duro y apto para exteriores e interiores.

húmedos. Muchas veces se combina con cal (mortero mixto o bastardillo) para mejorar la manejabilidad.

- **Morteros premezclados (monocapa, adhesivos, etc.):** Son productos industriales en polvo que contienen cemento, áridos seleccionados, aditivos e incluso pigmentos. Solo requieren agua para su preparación en obra.

Características: Están diseñados para mejorar la adherencia, impermeabilidad o flexibilidad según su uso. Por ejemplo, el *mortero monocapa* ya incluye resinas y fibras para evitar fisuras y lograr color uniforme; los *cementos cola* para alicatado tienen polímeros que mejoran la pegajosidad y elasticidad; los morteros de reparación incorporan aditivos para adherir sobre viejo hormigón, etc. Su calidad es constante al venir listos de fábrica, y ahorran tiempo en dosificar mezclas.



- **Cerámica:** Material inorgánico (arcilla cocida u otros minerales) conformado en piezas rígidas, como baldosas y azulejos. Es muy usado en revestimientos discontinuos (alicatados en muros, baldosas en pisos). **Características:** Gran durabilidad, resistencia al agua (especialmente si son esmaltadas o porcelánicas), fácil limpieza, amplia



variedad estética (colores, tamaños, texturas). Las piezas cerámicas requieren ser adheridas a la superficie con mortero cola u otro adhesivo, dejando juntas entre ellas que luego se rellenan con lechada (rejuntado). Pueden ser económicas (azulejos estándar) o de alta gama (porcelánicos de gran formato).

- **Piedra natural:** Incluye mármoles, granitos, pizarras, areniscas, etc., cortados en placas o losetas para colocar en muros o pisos.

Características: Muy alta resistencia y durabilidad, apariencia noble y variedad de acabados (pulido brillante, abujardado rugoso, envejecido, etc.). Suelen ser piezas



pesadas y de mayor espesor, por lo que requieren métodos de fijación seguros (adhesivos especiales, anclajes metálicos para fachadas). La piedra es resistente a la intemperie (según tipo) y aporta valor estético, pero su costo es elevado y necesita mano de obra especializada para colocación.

- **Piedra artificial y prefabricados:** Son piezas elaboradas industrialmente para simular o reemplazar a la piedra natural. Pueden ser **aglomerados de piedra** (por ejemplo, mármol triturado mezclado con resinas o cemento y fundido en placas, como el terrazo o aglomerado de cuarzo) o **plaquetas prefabricadas de hormigón polímero** que imitan texturas de piedra o ladrillo.



Características: Más ligeras que la piedra maciza, formatos manejables, buena resistencia. Muchas vienen en paneles modulares fáciles de instalar (inclusive sistemas machihembrados). Su estética ha mejorado y a veces cuesta distinguirlas de piedras naturales. Requieren igualmente adhesivos o fijaciones, pero suelen tener menor espesor.

- **Madera y derivados:** Paneles de madera, frisos, laminados o chapas de madera también pueden usarse como revestimiento interior (por ejemplo, un friso de lama de madera en una pared a media altura, o paneles decorativos de MDF chapado).



Características: Aportan calidez estética, pero son sensibles a la humedad y al fuego si no se tratan. Normalmente se montan sobre rastreles o estructuras, o pegados, y pueden barnizarse para protección.

- **Pinturas y recubrimientos orgánicos:** Además de pinturas plásticas y esmaltes (que forman película coloreada), existen revestimientos continuos decorativos como el *gotelé* (proyección de gotas gruesas de pintura al temple que dejan textura rugosa), los *estucos acrílicos* (pasta aplicada a llana con efectos marmoleados o texturizados), los *papeles pintados* y *vinilos* (láminas continuas decorativas adheridas).



En cualquier caso, independientemente del material, todo revestimiento necesita un **soporte adecuado** (la superficie base tiene que estar en buenas condiciones: limpia, nivelada dentro de lo posible, con suficiente rugosidad o imprimación para que el revestimiento agarre, y capaz de soportar su peso). Asimismo, es importante respetar los tiempos de secado y las recomendaciones del fabricante o de la técnica tradicional para cada material, garantizando un buen resultado.



3.2. REVESTIMIENTOS CONTINUOS

Los **revestimientos continuos** son aquellos que se aplican de forma continua sobre la superficie a cubrir, sin piezas individualizadas que generen juntas visibles (excepto, a veces, juntas de trabajo o dilatación cuando son superficies extensas). Se presentan normalmente en estado plástico o líquido durante su aplicación, adaptándose al soporte, y luego endurecen o secan formando una capa uniforme.

En esta sección abordaremos los principales revestimientos continuos en albañilería: los realizados con yeso, los ejecutados con morteros tradicionales de cal y cemento (enfoscados y revocos), los morteros monocapa modernos, y finalmente las capas de pintura y barniz. Todos ellos comparten el hecho de que **recubren completamente** la superficie de manera homogénea.

3.2.1. REVESTIMIENTOS DE YESO

El **yeso** es uno de los materiales clásicos de revestimiento interior. Consiste en polvo de yeso (sulfato de calcio) que al mezclarse con agua forma una pasta manejable por un tiempo corto antes de fraguar. Los revestimientos de yeso se utilizan principalmente en paredes y techos interiores para obtener superficies lisas, aptas para ser pintadas o decoradas.

Aplicación del yeso en obra: Por lo general, el proceso consta de dos fases conocidas tradicionalmente como **guarnecido y enlucido**. En la práctica, a veces se aplican en una sola capa, pero conviene entender la diferencia:

- *Guarnecido de yeso:* es una primera capa de yeso más basto (yeso grueso, a veces llamado “yeso negro” si tiene impurezas oscuras) que se extiende sobre el muro para nivelarlo. Se aplica con llana o paleta, cargando bien el material sobre la pared previamente humedecida (para mejorar adherencia). El yeso se puede también proyectar con máquina a presión, lo que agiliza cubrir grandes superficies. Esta capa inicial tiene unos milímetros de espesor (5-10 mm típicamente), rellenando o tapando irregularidades del soporte. No queda perfectamente lisa; suele reglearse (pasar una regla larga para quitar excesos) y dejarla plana pero algo rugosa.
- *Enlucido de yeso:* es la capa fina de terminación, realizada con yeso más fino o *yeso de fraguado rápido*. Se aplica inmediatamente después del guarnecido (cuando este ha empezado a endurecer, aún algo húmedo, para que agarre bien la siguiente capa). Con la llana de acero se extiende una capa muy delgada (2-3 mm) y se alisa cuidadosamente, rellenando pequeños poros y dejando la superficie totalmente lisa y pulida. A veces se hacen varias pasadas y se remata con una llana o esponja fina cuando el yeso comienza a endurecer, para cerrarlo y que quede suave al tacto.



Tras el enlucido, el resultado es un **enlucido de yeso** liso continuo, normalmente de color blanco marfil. Este revestimiento deja las paredes **listas para pintar** o para otros acabados decorativos (papel pintado, azulejo, etc., según el lugar).



En interiores secos, el yeso es excelente acabado final; en interiores húmedos (baños, cocinas) suele usarse yeso solo en las zonas no expuestas al agua directa, o se cubre posteriormente con azulejo u otro revestimiento impermeable en las zonas de agua.

Ventajas del yeso: Es un material **económico**, fácil de preparar (se mezcla con agua en pequeñas cantidades según se vaya necesitando), **muy trabajable** mientras está fresco, y permite conseguir acabados de alta calidad estética con relativa rapidez. Además, regula bien la humedad ambiental (es transpirable, absorbe cierto vapor y luego lo suelta). El yeso aporta también algo de aislamiento térmico y mejora el comportamiento al fuego de los elementos constructivos (es incombustible y protege por un tiempo al material que recubre).



Precauciones y buenas prácticas con yeso: Dado que fragua rápido, el yesero debe trabajar por zonas manejables, preparando solo la cantidad de mezcla que pueda aplicar en pocos minutos. Es importante que el soporte (p. ej. el ladrillo) esté humedecido, pero no empapado, y exento de polvo o grasa, para que el yeso agarre bien. Si el muro es de hormigón muy liso, se suele aplicar antes un puente de adherencia (un líquido con arena o resina) o se hacen hendiduras (puntear) para que el yeso se adhiera firmemente. El espesor total no debe ser excesivo; si se requiere mucho grosor para aplomar la pared, conviene hacerlo en dos capas de guarnecido dejando fraguar la primera y rayándola (hacer surcos) para que la segunda ancle, antes del enlucido final. Esto evita **fisuras** por tener yeso demasiado grueso de una vez.

Existen en el mercado **yesos prefabricados especiales**, como el *yeso proyectable* (formulado para aplicar con máquina, de fraguado más lento en la tolva pero rápido en pared) y yesos de secado extra rápido para pequeñas reparaciones. También se emplea

la **escayola** para elementos decorativos o para remates como molduras y paneles de techo, por su fineza y rápido endurecimiento.

En definitiva, el revestimiento de yeso sigue siendo uno de los más utilizados en interiores por su equilibrio entre coste, facilidad y resultado. Una pared bien enlucida en yeso ofrece un aspecto uniforme y solidez al tacto, lista para dar el acabado final deseado (pintura, papel, etc.).

3.2.2. REVESTIMIENTOS CON MORTEROS TRADICIONALES (CAL Y CEMENTO)

Los morteros de cal y cemento son materiales aglutinantes que, mezclados con arena y agua, producen masas con consistencia plástica para revestir superficies. Desde la antigüedad se han usado en construcción para cubrir muros de mampostería o ladrillo, protegiéndolos de la intemperie y dando una terminación más uniforme. Se les denomina **revestimientos morteros tradicionales** porque emplean ingredientes básicos (cal aérea, cemento Portland, arenas) sin la sofisticación de los morteros industrializados modernos. Aun así, siguen muy vigentes en obra por su robustez y versatilidad.

Dentro de este apartado, distinguiremos dos tipos principales de acabado con mortero que suelen aplicarse en *exteriores* (y también interiores rústicos o zonas húmedas): el **enfoscado** y el **revoco**. Ambos son morteros a la base, pero difieren en su función y grado de finura. A menudo se combinan: primero se da un enfoscado basto y luego un revoco fino encima. Veamos cada uno:

Enfoscados

El **enfoscado** es una capa de mortero de cierto espesor (aprox. 1 a 2 cm) que se aplica sobre muros o techos como **base de nivelación y protección**. Suele ser un mortero de cemento (1 parte de cemento por 3-5 partes de arena, por ejemplo) o mortero mixto de cemento con algo de cal, de textura **basto** y granulometría de arena media. Su objetivo es cubrir la superficie irregular del soporte (ladrillos, bloques, hormigón) y darle planitud, además de aportar resistencia frente a la humedad y el desgaste.

Aplicación del enfoscado: El soporte debe estar bien preparado: limpio y preferentemente humedecido para que no succione demasiado el agua del mortero. El albañil prepara el mortero en la hormigonera o a mano en gaveta, con consistencia plástica (no muy líquido). Luego, con ayuda de la **cuchara de albañil**, lanza puñados de mortero contra la pared (a esto se le llama a veces “chapar” el mortero) o lo aplica directamente con la llana cargada. La idea es que el mortero se adhiera mecánicamente a la pared. Se comienza de abajo hacia arriba cubriendo toda el área.



Una vez aplicada una cantidad suficiente, se pasa una **regla** larga apoyada en maestras (listones guía) o simplemente sobre la propia superficie, para alisar y nivelar quitando el exceso. Así se va dejando una capa plana de mortero. No queda perfectamente lisa, pues el enfoscado tiene textura rugosa. Se puede **fratasar** la superficie: esto es, pasar una **llana de madera o frataso** cuando el mortero empieza a endurecer, con movimientos circulares, para cerrar un poco el poro y uniformar la textura (quedando un aspecto áspero pero homogéneo). Si se quiere aún más rugoso (para agarre de otro revestimiento encima, o por acabado rústico), se deja tal cual tras la regla, o incluso se **raya** con un peine de dientes gruesos.

El enfoscado puede cubrir todo el muro o solo partes bajas, según necesidades. Por ejemplo, en interiores de garajes o sótanos a veces se enfoscan zócalos con mortero de cemento por su resistencia a golpes y humedad. En exteriores, un enfoscado cementoso es la base típica antes de pintar o antes de colocar aplacados.

Características del enfoscado: Al ser mortero de cemento, resulta un revestimiento **duro, resistente al agua y a impactos**. Por sí solo puede dejarse a la intemperie como acabado provisional o incluso definitivo en entornos industriales o rústicos (eso sí, su apariencia es gris y tosca). Su textura rugosa no es decorativa pero tiene **gran adherencia** para recibir otras capas: sobre un buen enfoscado se puede aplicar directamente pintura exterior, colocar azulejos pesados, pegar plaquetas de piedra, etc. El enfoscado también agrega masa al muro, mejorando ligeramente su aislamiento térmico y acústico, y sellando juntas de la fábrica para que no entre aire ni agua.

Buenas prácticas con enfoscados: Es esencial mantener un espesor y dosificación uniformes para evitar zonas débiles. Si el enfoscado es muy grueso (por ejemplo para enderezar un muro muy torcido), conviene aplicarlo en dos capas: primero una capa gruesa de regularización, dejar que frague parcialmente, **dentar** la superficie (hacer rayas) y luego aplicar la segunda capa para evitar que toda la carga se haga de una vez (lo cual podría causar desprendimientos o grietas). Hay que proteger los enfoscados frescos de secados demasiado rápidos (sol directo, viento) manteniéndolos humedecidos ligeramente los primeros días, para que curen bien y no fisuren por retracción plástica.

Existen variantes de enfoscado según su uso:

- *Enfoscado impermeable:* añadiendo algún aditivo hidrófugo al mortero (o usando cemento hidrófugo) se logra que sea prácticamente impermeable. Se utiliza en zócalos exteriores, muros de sótano, tanques, etc., para resistir el paso de agua.
- *Enfoscado armado:* en zonas críticas, se puede colocar una malla de fibra de vidrio o metálica embebida en el mortero para controlar fisuras (por ejemplo, en encuentros de distintos materiales).
- *Enfoscado proyectado:* similar al yeso, hay máquinas que proyectan mortero sobre la pared, agilizando la aplicación en grandes superficies.

Revocos

Se denomina **revoco** al revestimiento continuo con mortero fino, que se aplica como **acabado decorativo** sobre un soporte previamente nivelado (muchas veces sobre un enfoscado). El revoco tradicional por excelencia es el **revoco de cal**, aunque también puede ser de cemento blanco o mezclas. Su espesor es menor que el de un enfoscado, típicamente unos 5 mm a 1 cm, y la arena empleada es más fina, logrando una textura más lisa o con poro muy fino.



Funciones del revoco: Principalmente, dar un aspecto *acabado* a un muro. Un enfoscado de cemento puede ser muy gris, irregular o áspero; al cubrirlo con un revoco de cal fino, la pared toma un color más claro (si es cal, blanquecino) y una textura más uniforme. Además, el revoco puede incorporar pigmentos en la mezcla para colorear directamente la fachada (por ejemplo, ocres, rojizos, etc., en morteros de cal, muy típico en pueblos encalados o casas mediterráneas). También mejora la protección: un revoco bien alisado es menos poroso, por lo que el agua resbala mejor, y la cal tiene propiedades antisépticas que previenen hongos.

Aplicación del revoco de cal (u otros): La superficie base debe tener agarre. Si es un enfoscado, se suele **humedecer** antes de revocar, y si estuviera muy liso, se pica un poco. El mortero de cal para revoco se prepara mezclando cal aérea (en pasta o polvo hidratado) con arena fina y agua; a veces se le agrega un poco de cemento blanco (mortero mixto) para acelerar el fraguado. Se aplica con llana metálica en una o dos capas finas, presionando bien para que agarre. Luego según el acabado deseado:

- Puede **alisar** completamente con la llana de acero, obteniendo una superficie lisa (aun así, la cal nunca queda tan pulida como el yeso; tendrá una ligera porosidad).
- Puede **flotarse** con llana de esponja o de madera, sacando un ligero grano (textura arena vista), muy uniforme y agradable a la vista.
- Si se quiere rústico, se deja tal cual aplicó, mostrando la mano del albañil, o se salpica con una brocha para hacer un acabado tipo gotelé grueso (con mortero, llamado *tirolesa* cuando se hace con un aparato manual que lanza gotitas).
- Para acabados decorativos, existe el **estuco de cal**, que es como un revoco finísimo, pasado varias veces hasta lograr un brillo superficial (requiere muchas

manos y cocido con jabón o cera, usado en interiores principalmente por su delicadeza).

Tras aplicar el revoco, la pared queda lista. Muchos revocos de cal se dejan a la vista (encalados). Si es cemento blanco, a veces luego igualmente se pinta encima para dar color deseado.

Características del revoco de cal: Es **transpirable** (deja salir la humedad interna sin ampollarse), lo que lo hace ideal para muros antiguos de piedra o ladrillo donde la humedad puede migrar. Es menos rígido que el cemento, por lo que suele **agrietar menos** (aunque pueden salir fisuras finas llamadas *mapas* si seca muy rápido). Su apariencia es mate y tradicional. En climas lluviosos, puede requerir mantenimiento periódico (encalados anuales, por ejemplo) ya que la cal sola puede erosionarse con el agua ácida; pero la ventaja es que no se descascara sino que va desapareciendo de forma uniforme.

Mortero de cemento fino: Alternativamente, en lugar de cal, se usa cemento blanco con arena fina para hacer revocos más duros. Estos cubren mejor las superficies y resisten más el agua sin mantenimiento, pero al ser más rígidos pueden fisurar con cambios térmicos. Su color blanco puede también pintarse después. Es común en edificios modernos aplicar enfoscado y luego una capa fina de cemento blanco alisado antes de pintar, para ahorrar pintura y uniformizar el tono.

Conclusión: Enfoscado y revoco suelen ir de la mano: el enfoscado da la base resistente y el revoco aporta la estética. En obra nueva a veces se omite el revoco y se pinta sobre el enfoscado directamente (por economía), pero el acabado no es tan fino. En rehabilitación o construcción tradicional se valora mucho recuperar revocos de cal por su belleza natural. Para el albañil, dominar estos revestimientos es fundamental, ya que constituyen la “piel” de muchas construcciones.

3.2.3. MORTEROS MONOCAPA

El **mortero monocapa** es un revestimiento continuo moderno muy utilizado en fachadas, que como su nombre indica, **se aplica en una sola capa** y cumple tanto funciones de enfoscado como de acabado decorativo. Viene preparado de fábrica: es un mortero premezclado al que solo hay que añadir agua, conteniendo cemento (normalmente blanco), áridos seleccionados, pigmentos de color y diversos aditivos (resinas para adherencia, hidrofugantes para impermeabilidad, fibras anti-fisura, etc.).



Objetivo y ventajas: El monocapa nace para **simplificar y agilizar** los revestimientos exteriores. En vez de dar primero un enfoscado y luego un revoco o pintura, con un solo producto se logra espesor, impermeabilización y acabado estético con color. Esto ahorra tiempo de mano de obra y asegura uniformidad en grandes superficies. Además, ofrece una variedad de **texturas y colores** predeterminados: el mortero sale teñido de fábrica según carta de color (ocres, arena, blanco, terrosos, gris, etc.) y se pueden hacer acabados como:

- *Raspado:* cuando el mortero ha iniciado fraguado, se raspa superficialmente con una llana con púas o un rastrillo especial, dejando un aspecto rugoso uniforme con el árido a la vista.
- *Gotelé proyectado:* aplicando el mortero con una máquina de proyección a presión, se consigue un acabado rugoso de “gotas” parecido al gotelé de pintura pero más grueso y resistente.
- *Travertino o rayado:* algunas técnicas consisten en peinar o perfilar el monocapa fresco para imitar vetas verticales tipo piedra travertino, u otros dibujos.
- *Fino o fratasado:* simplemente pasarlo con fratas de esponja para que quede con poro cerrado y algo de textura suave.
- *Imitación piedra/ ladrillo:* existen plantillas que se colocan sobre el monocapa fresco para luego retirarlas dejando apariencia de juntas, simulando un muro de piedra vista por ejemplo.

Aplicación del mortero monocapa: El soporte de la fachada (ladrillo, bloque, hormigón) debe estar limpio, algo rugoso y humedecido. Se preparan maestras (bandas guía) en la pared para controlar los espesores si es necesario. El mortero se mezcla con agua en la proporción indicada por el fabricante, normalmente con batidora o mezcladora continua. Luego se aplica de forma manual con llana o proyectado mecánicamente, cubriendo toda la superficie con un espesor de ~10 mm (1 cm) de promedio. Se alisa y regula con la regla. Tras un breve tiempo de oreo (puede ser entre 1 y 4 horas según temperatura y producto), se realiza el **acabado deseado**: por ejemplo, para un acabado raspado, se pasa la herramienta de raspado antes de que endurezca del todo,

removiendo 2-3 mm superficiales. Finalmente se barre el polvo suelto. Si es proyectado tipo gota, se logra al momento de aplicar sin alisar.

El monocapa, al fraguar, queda fuertemente adherido al muro. Es **impermeable al agua de lluvia** (lleva hidrofugante) pero a la vez **transpirable** al vapor, evitando condensaciones en el interior. Su color es permanente, aunque con los años puede aclarar un poco por el sol. No necesita pintarse (de hecho pintar un monocapa no se suele recomendar salvo que pase mucho tiempo y uno quiera renovarlo).

Cuidados y consideraciones: Aunque es una solución muy práctica, requiere buena mano de obra para evitar defectos. Un fallo común es el **fisurado** en las esquinas de ventanas o grandes paños, por retracciones; para prevenirlo, a veces se coloca malla de fibra de vidrio embebida en esas zonas críticas durante la aplicación. También hay que controlar bien el espesor: si se deja muy fino en algún punto, podría no cubrir bien o ser menos impermeable, y si se pone demasiado grueso, puede escurrir o cuartear. Otro aspecto es la climatología: no conviene aplicar monocapa con heladas ni bajo lluvia fuerte, ni en paredes muy calientes por el sol, ya que se altera su fraguado.

Cuando se trabaja con monocapa, es importante **proteger elementos adyacentes** (ventanas, suelos) porque los salpicados y restos, una vez fraguados, son difíciles de quitar debido a que contienen cemento. Siempre se limpia con esponja húmeda lo que caiga inmediatamente.

En resumen, el mortero monocapa ofrece **rapidez, impermeabilidad y acabado decorativo en un solo paso**, por lo que se ha hecho muy popular en viviendas y edificios comerciales. Para el albañil, supone aprender a manejar un material un poco distinto al mortero tradicional (más fluido a veces, con comportamientos químicos específicos), pero los fabricantes proporcionan guías y la experiencia ha mostrado su buen resultado si está bien aplicado. Bien ejecutado, un revestimiento monocapa puede durar muchos años sin apenas mantenimiento, manteniendo la fachada atractiva y protegida.

3.2.4. REVESTIMIENTOS CON PINTURAS Y BARNICES

Aunque a veces no se considera “revestimiento” en el sentido constructivo más tradicional, las **pinturas, barnices y otros recubrimientos líquidos** forman parte fundamental de los acabados continuos, sobre todo en interiores, pero también en exteriores. Constituyen la **capa final** aplicada sobre yesos, enfoscados, revocos u otros soportes, aportando color, protección adicional y facilidad de limpieza.



Pinturas: En edificación, las más utilizadas son:

- *Pintura plástica (látex o acrílica):* Es una pintura al agua, de secado rápido, muy usada en interiores por su bajo olor y facilidad de aplicación. Crea una película ligeramente satinada o mate (según tipo) lavable una vez seca. Se aplica con rodillo o brocha en muros y techos enlucidos en yeso, placas de cartón-yeso, revocos, etc. En exteriores existe versión de *pintura acrílica para fachadas*, más resistente a la intemperie y transpirable.
- *Pintura al temple:* Es una pintura a base de agua y yeso o cal (muy tradicional). Es más económica pero menos resistente al frote y a la humedad (no es lavable). Se usa en interiores de bajo requerimiento (techos, habitaciones secas) y proporciona acabado mate. Actualmente ha caído en desuso frente a las plásticas, pero aún se emplea en obra nueva para techos por su costo reducido.
- *Esmalte sintético:* Pintura a base de resinas sintéticas (alquídicas generalmente) y disolvente. Ofrece acabados muy duros, brillantes o satinados. Se utiliza sobre todo en carpintería de madera o metal (puertas, barandillas) pero en paredes específicas como zócalos de cocinas industriales o paredes de duchas antiguamente se usaba esmalte por su resistencia al agua. Requiere disolvente y seca más lento, desprendiendo olor durante el secado.
- *Pinturas especiales:* Aquí entrarían las pinturas **ignífugas** (que protegen estructuras metálicas aumentando su resistencia al fuego), **pinturas clorocaucho** para piscinas, **epoxi** para suelos de garaje (muy resistentes químicamente), **pinturas antihumedad** con fungicidas para sótanos o baños con problemas de moho, etc. Son de uso más específico.

Barnices y lasures: Son recubrimientos transparentes o semitransparentes, generalmente aplicados sobre madera para protegerla y embellecerla dejando ver su veta. El **barniz** tradicional es brillante y forma una capa dura sobre la madera (puede ser al disolvente o al agua). El **lasur** es un tipo de barniz más poroso, mate, que penetra en la madera y la protege desde dentro, más usado en exteriores porque no forma capa que se cuartee con el sol. Estos materiales se utilizan en elementos como revestimientos de madera (frisos, suelos laminados, vigas vistas), muebles, etc., y ocasionalmente sobre revestimientos pétreos u obra vista para resaltar colores (p.ej., existe barniz para ladrillo visto que evita la pulverulencia y da aspecto mojado al ladrillo, aunque su uso debe ser cuidadoso para no impedir transpiración).



Aplicación de pintura en interiores (ejemplo típico): Una vez se tiene la pared enlucida de yeso (ya seca, hay que esperar que el yeso frague completamente y pierda humedad, lo que suele requerir varios días), se procede a pintar. Primero se prepara la superficie: se lijan pequeñas imperfecciones, se rellena con masilla cualquier grieta o agujerito, y se aplica una capa de **imprimación o selladora** (una pintura diluida o producto especial)

para uniformar la absorción de la pared. Luego se aplican **dos manos de pintura plástica** del color elegido, normalmente con rodillo en las zonas amplias y brocha en esquinas y recortes. Se deja secar entre mano y mano según indique el fabricante (unas horas). El resultado son paredes uniformes en color, con acabado mate o satinado según se haya escogido. Para techos casi siempre se usa color blanco mate para dar sensación de altura y reflejar bien la luz; en paredes hay infinita variedad de colores.

Pintura en fachadas: Si la fachada es enfoscada o revocada y se decide pintar (en lugar de monocapa), se utiliza pintura especial de exteriores, muchas veces llamada *revoco pintable* o simplemente pintura acrílica para exteriores. Se aplica con rodillo grande o máquina airless en grandes superficies. Es importante que sea transpirable para que si la pared tiene humedad interna no se formen bolsas. Su mantenimiento consiste en repintar cada cierto número de años cuando pierde color o aparecen algas.

Rendimiento y cuidados: Las pinturas rinden unos metros cuadrados por litro, dependiendo de la rugosidad del soporte. Siempre se debe proteger el suelo, zócalos, marcos con cinta y plásticos antes de pintar. En exteriores, no pintar bajo sol fuerte ni riesgo de lluvia inminente. En interiores, ventilar bien. Los barnices se aplican con brocha o muñequilla siguiendo la veta de la madera, en capas finas y lijando suave entre mano y mano para un acabado perfecto.

Con las pinturas y barnices, el revestimiento llega a su punto final. Son las capas visibles que verán los usuarios día a día, por lo que la elección del color y textura, así como una aplicación cuidadosa (evitar chorretones, cubrir bien, cortes limpios en esquinas), marcan la diferencia entre un acabado profesional y uno deficiente. Un albañil pintor cuidadoso siempre remata su trabajo limpiando cualquier salpicadura y dejando las superficies parejas.

3.3. REVESTIMIENTOS DISCONTINUOS

Pasamos ahora a los **revestimientos discontinuos**, aquellos formados por piezas o elementos individuales que se instalan uno a uno sobre la superficie a cubrir. A diferencia de los continuos, aquí sí aparecen **juntas** entre piezas (que pueden rellenarse o dejarse visibles según el material), y el proceso de colocación suele ser más **manual y minucioso**, encajando o alineando cada componente. Este grupo abarca desde paneles grandes (como las placas de yeso laminado) hasta pequeñas baldosas (azulejos cerámicos) o piezas de piedra.

En construcción, los revestimientos discontinuos más habituales son:

- **Revestimientos con placas** (ej. placas de yeso, fibrocemento, madera...),
- **Alicatados cerámicos** (baldosas en muros, típicamente),
- **Revestimientos pétreos** (piedra natural o simulada, en formatos de placa o panel).



Analizaremos cada uno y sus subtipos a continuación.

3.3.1. REVESTIMIENTOS CON PLACAS

Bajo este epígrafe agrupamos sistemas de acabado que emplean **placas o paneles planos** como revestimiento. Estas placas suelen cubrir zonas amplias con cada unidad, reduciendo el número de juntas comparado con piezas pequeñas. Por lo general requieren una estructura o fijación mecánica (tornillos, anclajes) y pueden permitir alojar detrás aislamiento u otras instalaciones, por lo que no solo acaban la superficie sino que a veces mejoran otras prestaciones.

Los dos tipos más conocidos en albañilería básica son las placas de yeso laminado (muy populares en sistemas de tabiquería seca y trasdosados interiores) y las placas de fibroyeso u otros materiales similares que han surgido para complementarlas. Veamos en detalle:

Placas de yeso laminado

Las **placas de yeso laminado**, comúnmente llamadas por la marca "Pladur" (en España) u "Drywall" (en inglés), son paneles compuestos por un núcleo de yeso intercalado entre dos láminas de cartón especial. Típicamente miden 1,20 m de ancho por 2,5 m de alto (las hay más largas) y espesores estándar de 10, 13 o 15 mm, entre otros. Estas placas revolucionaron la construcción interior al permitir levantar tabiques y falsos techos de forma **seca** (sin morteros ni yeso mojado), rápida y con buen acabado.



Usos como revestimiento:

- *Tabiquería interior ligera:* Se usan para formar paredes divisorias en interiores, atornilladas a una estructura de perfiles metálicos (montantes y canales de chapa galvanizada). Se suele colocar doble placa a cada lado del tabique para mayor rigidez y aislamiento, con lana de vidrio o roca dentro para aislar acústicamente. El acabado final es una pared lisa que luego se pinta, indistinguible de una de yeso tradicional.
- *Trasdosados o revestimientos de muros:* Consiste en utilizar las placas de yeso para forrar un muro existente por la cara interior. Puede ser pegándolas directamente con pegotes de pasta de yeso (sistema "directo") si el muro está seco y bastante aplomado, o montándolas sobre una pequeña estructura separada (una subestructura de perfiles) creando una cámara de aire o para meter instalaciones. Esto último se hace cuando las paredes originales son muy irregulares o cuando se quiere incluir aislamiento térmico/adicional. En ambos

casos, el yeso laminado actúa como **revestimiento interior** que oculta la fábrica original y ofrece una superficie nueva lisa.

- *Falsos techos continuos*: Las placas de yeso también se emplean horizontalmente para hacer cielorrasos suspendidos. Se fijan a un entramado de perfiles colgado del forjado. Con ello se puede nivelar un techo, ocultar tuberías, empotrar luces, etc., obteniendo una superficie continua lista para pintar.

Características y ventajas: Las placas de yeso laminado son relativamente **ligeras** (en torno a 7-10 kg/m² para 13 mm de espesor), fáciles de cortar (se marcan con cutter y se parten) y de instalar con tornillos autoperforantes. Permiten un trabajo limpio, sin escombros húmedos. Su acabado es liso, necesitando solo tratar las juntas: entre placa y placa queda un pequeño espacio que se rellena con masilla especial y se coloca una cinta de papel o fibra para que no se agriete, luego se lija una vez seco, quedando invisible la unión. Una vez pintadas, las paredes o techos de pladur son continuos como los de yeso.

Ofrecen buena **resistencia al fuego** (el núcleo de yeso contiene agua cristalizada que retrasa la propagación del fuego; existen placas RF reforzadas con fibra de vidrio para mayor resistencia). Acústicamente, un tabique de placas con aislante puede superar a un tabique de ladrillo hueco convencional en insonorización, debido a la amortiguación interna. También existen placas especiales **hidrófugas** (de color verde normalmente) para zonas húmedas como baños, con tratamiento siliconado para resistir mejor la humedad; y placas **extraduras** para zonas de impacto, o **acústicas** con más densidad.

Proceso de instalación resumido (trasdosado interior con estructura): Se atornillan perfiles canales al suelo y al techo, colocándolos donde irá el nuevo paramento, separados del muro original unos centímetros. Luego se insertan los perfiles verticales (montantes) cada 60 cm aprox. A continuación se pueden fijar tiras de aislamiento (p.ej. lana mineral) entre montantes contra el muro existente. Después, se atornillan las placas de yeso a la estructura, normalmente empezando por abajo y dejando unos milímetros de separación con el suelo (usando calzos) para evitar humedad ascendente. Se reparten las juntas en distintos puntos para que no coincidan todas en la misma línea vertical (juntas desplazadas). Una vez todas las placas fijadas, se encantan las juntas y se masillan, igual que los tornillos visibles. Al secar, se lija suave y ya queda listo para imprimir y pintar.

Precauciones: Aunque es un sistema rápido, se debe planificar bien la distribución porque luego colgar elementos pesados (muebles, lavabos suspendidos, etc.) requiere refuerzos en la estructura o tacos especiales. Las placas por sí solas no soportan grandes cargas en punto sin refuerzo. En obra húmeda (ej. solado recién puesto) hay que ventilar antes de instalar para que la humedad no quede atrapada y dañe el yeso. Y es importante utilizar los tipos de placa adecuados en cada caso (normales, hidrófugas, fuego) según el ambiente.

En general, el yeso laminado ha ampliado las posibilidades de los revestimientos interiores, ofreciendo **versatilidad** (se pueden hacer incluso curvas usando placas especiales o mojándolas), **rapidez** en reformas, y acabados de calidad con menos



espesores que la albañilería tradicional. Por eso se ha convertido en un estándar de la construcción actual en interiores.

Placas de fibroyeso y otros sistemas

Además del yeso laminado estándar, existen **placas de fibroyeso** y otras placas hechas con materiales distintos, que se emplean cuando se requieren prestaciones mejoradas. Las placas de **fibroyeso** están compuestas por yeso mezclado homogéneamente con fibras (generalmente de celulosa o vidrio) en toda su masa, sin cartón. Vienen en tamaños similares a las de yeso laminado. Al no llevar las caras de cartón y tener fibra integrada, son **más resistentes** a impactos, pueden soportar algo más de carga directa y suelen tener mejor comportamiento en ambientes húmedos o incluso exteriores bajo cubierta. Un ejemplo comercial es la placa Fermacell®, entre otras.



Características de las placas de fibroyeso:

- Son más **rígidas y duraderas**: aguantan mejor golpes, por lo que se usan en lugares de alto tránsito (colegios, pasillos, locales comerciales) para evitar abolladuras típicas del pladur.
- Tienen mayor **resistencia a la humedad**: muchas se pueden usar incluso en baños sin problemas o en sótanos, ya que la ausencia de cartón evita el deslaminado. Algunas placas de fibroyeso tratadas (o variantes con fibra de vidrio en la superficie) pueden emplearse en exteriores protegidos o sistemas de fachada (por ejemplo, como base para enfoscar encima en fachada ventilada).
- Soportan mejor el **fuego** e incluso pueden emplearse como revestimiento cortafuegos, dado que la fibra ayuda a mantener la cohesión del yeso a altas temperaturas.
- En cuanto a instalación, se trabajan similar al pladur: se cortan, atornillan a estructura y se rejuntan. Eso sí, son más pesadas, por lo que el operario lo nota al manejarlas, y la herramienta de corte debe ser más potente o usar sierras eléctricas.

Otros sistemas de placas

- **Placas de fibrocemento**: compuestas de cemento con fibras (antes de amianto, ahora fibras sintéticas o celulosa). Son resistentes al agua y se usan sobre todo en exteriores (por ejemplo, placas de fibrocemento para revestir fachadas ventiladas, o como soporte de tejas en cubiertas ligeras, o en cielorrasos exteriores de porches). En interiores húmedos como duchas, a veces se colocan placas de



fibrocemento en vez de yeso, y sobre ellas se alicata, para garantizar que no se dañen con el agua.

- **Paneles sándwich y de madera:** Para ciertos acabados decorativos se emplean paneles compuestos: por ejemplo, paneles con chapa de madera noble sobre un contrachapado o MDF que se fijan en paredes de auditorios, salones, etc., aportando estética y acústica. O paneles sándwich con aislante incorporado que se atornillan directamente a la pared, logrando a la vez aislamiento térmico y acabado (algunos tienen cara de yeso laminado acabada).



En la práctica, cuando hablamos de "revestimientos con placas" en un contexto de albañilería, casi siempre estaremos refiriéndonos a los sistemas de placas de yeso (tipo Pladur) y sus variantes mejoradas (fibroyeso, cementicias). Estos sistemas **no son albañilería tradicional** pero cualquier albañil moderno debe conocerlos y saber al menos colaborar en su montaje, porque conviven en obra con los sistemas de ladrillo y mortero.

En resumen, las placas ofrecen soluciones **rápidas y funcionales** para revestir, con capacidad de integrar aislamiento y facilitar la ejecución de superficies amplias sin humedad. A cambio, requieren precisión en su colocación (una junta mal tratada se notará luego) y considerar su menor inercia (una pared de placas es más liviana y menos sólida al tacto que un muro enlucido; a veces se combinan ambos según necesidad).

3.3.2. ALICATADOS CERÁMICOS

El **alicatado** es el revestimiento discontinuo realizado con piezas **cerámicas adheridas a los paramentos verticales** (muros o tabiques). Es decir, consiste en cubrir una pared con azulejos u otras baldosas cerámicas. Esta técnica es muy común especialmente en **cocinas, baños, aseos y zonas húmedas o sanitarias**, debido a que la cerámica es impermeable, fácil de limpiar y muy higiénica. También se utiliza en exteriores para zócalos o fachadas decorativas (por ejemplo azulejos en la fachada de ciertas arquitecturas tradicionales).

Materiales involucrados:

- *Azulejos o baldosas cerámicas:* vienen en infinidad de tamaños, formas, colores y calidades. El típico azulejo para pared interior es una baldosa fina (6-10mm) de pasta cerámica porosa con un lado esmaltado brillante o mate. Los formatos tradicionales son 15x15 cm, 20x20, 20x30, etc., pero hoy hay desde mosaicos pequeños (2x2 cm montados en malla) hasta placas cerámicas de gran formato (30x90, 60x120 cm o más) también para paredes. Hay piezas complementarias como cenefas decorativas, listelos, remates de borde, etc.
- *Adhesivo (cemento cola):* antiguamente las baldosas se solían fijar con mezcla de cemento y arena (como un enfoscado sobre la marcha); hoy lo habitual es usar **cemento cola**, que es un adhesivo cementoso en polvo con polímeros, al que se añade agua para formar una pasta. Este adhesivo proporciona gran adherencia incluso en capas delgadas, y tiene cierto tiempo abierto para rectificar las piezas. Según el tipo de baldosa (normal o porcelánica) y la ubicación (interior seco, piscina, exterior heladas), se elige un cemento cola de tipo específico (normal, mejorado, flexible, etc.).
- *Crucetas de plástico:* pequeñas piezas en forma de cruz o T que se colocan entre baldosas para asegurar una separación uniforme (junta). Vienen de varios espesores (1mm, 2mm, 3mm, 5mm, etc.) según el diseño de junta deseado.
- *Material de rejuntado:* una vez colocadas y fraguado el adhesivo, las juntas entre baldosas se rellenan con un mortero fino llamado **lechada para juntas o pastina**. Suele venir también en polvo premezclado (o resina epoxi en casos especiales), en distintos colores para combinar con la baldosa. Se mezcla con agua hasta consistencia pastosa fluida y se embute en las juntas con una llana de goma, limpiando el sobrante. Al endurecer, las juntas quedan macizas y lisas, impermeabilizando el conjunto y dándole el acabado final.



Proceso de alicatado (resumen):



1. **Preparación del soporte:** La pared que vamos a alicatar debe estar plana, firme y preferiblemente húmeda pero no encharcada (si es enfoscado reciente, esperar que fragüe pero mantener cierto grado de humedad). Si la pared tiene pintura o yeso débil, se pica o rasca para llegar a un soporte sólido, o se aplica imprimación puente de unión. Es común alicatar sobre un enfoscado basto de cemento que sirvió de base.
2. **Replanteo de la modulación:** Antes de pegar las baldosas, se mide la pared y se decide cómo van a disponerse las piezas para evitar recortes feos. Por ejemplo, se suele centrar las baldosas o empezar con pieza entera en zonas visibles, y dejar los cortes (si los hay) en esquinas menos notorias o abajo. También se coloca un listón guía perfectamente nivelado en la parte baja (sobre todo si el suelo no está puesto aún) para apoyar la primera fila de azulejos nivelados.
3. **Colocación de piezas:** Se prepara el cemento cola (en cantidades que se puedan usar en 20-30 min, pues endurece). Con una llana dentada se extiende el adhesivo sobre la pared en un área pequeña (suficiente para 2-3 baldosas a lo ancho y unas filas de alto, por ejemplo). El dentado (peine) crea surcos uniformes que aseguran espesor constante y buena adherencia. Luego se toma cada baldosa, se presiona contra el adhesivo en su lugar según el diseño, moviéndola ligeramente para asentarla. Se insertan crucetas en los bordes para mantener la separación con las ya puestas. Así se va completando fila por fila. Conviene verificar con nivel que no se desvíe la alineación horizontal y vertical, y con regla plana que no sobresalga ninguna pieza (todas planas entre sí).

4. **Cortes y ajustes:** En bordes de muros, encuentros con esquinas, alrededor de enchufes o tuberías, habrá que cortar baldosas. Se usan herramientas como cortadoras manuales de cerámica (que rayan y parten la pieza), o amoladora con disco de diamante para cortes rectos o en L, o tenazas especiales para curvas en azulejos. Los cortes deben ser precisos y se suelen colocar con el lado cortado hacia la esquina donde será cubierto por junquillo o masilla, así las juntas vistas son de fábrica.
5. **Fragüado del adhesivo:** Tras cubrir una pared, se deja reposar según las indicaciones (unas 24 horas normalmente) sin tocar las piezas. El cemento cola endurece y fija las baldosas firmemente.
6. **Rejuntado:** Se retiran las crucetas (algunos las dejan si quedan hundidas, pero es mejor sacarlas para que la junta rellene bien). Se prepara la lechada del color elegido. Con llana de goma se extiende diagonalmente sobre las baldosas, rellenando todos los huecos entre ellas. Se retira el exceso superficial con la misma llana o esponja húmeda, cuidando no vaciar las juntas. Luego de unos minutos, se pasa una esponja limpia humedecida para quitar la película que queda sobre la cerámica. Finalmente, al secar, se limpia con paño seco cualquier velo restante, dejando el revestimiento brillante y listo.

Características del alicatado terminado: La pared queda revestida por completo de cerámica, con juntas muy finas del color elegido. Es una superficie **impermeable**, ideal para zonas de agua (duchas, bañeras, fregaderos). Es **resistente a productos de limpieza** y a cierto desgaste (aunque un golpe fuerte puede astillar un azulejo, no es habitual en uso normal de un baño/cocina). Además, es estética: hay diseños lisos, estampados, imitación de mármol, de madera, texturados... permitiendo decorar. Una vez rejuntado, el mantenimiento es simplemente limpieza rutinaria; las juntas pueden requerir recubrimiento anti-moho periódicamente en zonas de mucha humedad.

Consideraciones y buenas prácticas:

- Mantener las **alineaciones**: un alicatado mal nivelado o con juntas desiguales salta a la vista. Usar crucetas y nivel constantemente.
- Respeto de **juntas de dilatación**: En paños muy largos (más de 6-8 metros) o cambios de dirección, conviene dejar juntas selladas con silicona en vez de lechada rígida, para absorber movimientos y evitar fisuras en las baldosas.
- Elección de materiales adecuados: en ducha, usar adhesivo y junta impermeable; en exteriores, baldosas porcelánicas (no absorben) y adhesivo especial para heladas.
- Limpieza inmediata: no dejar que la lechada se seque del todo sobre la baldosa porque cuesta más limpiarla luego; hacer tramos manejables.
- Remates: usar piezas de remate o cantoneras (perfiles) en esquinas externas para proteger aristas y dar aspecto profesional. En esquinas internas, muchas veces se sella con silicona blanca para evitar que la junta rígida se cuartee (por ejemplo, unión pared-pared en la esquina de la ducha, unión pared-suelo en cocina, etc.).



El alicatado cerámico es un revestimiento imprescindible que todo albañil debe saber realizar con destreza, ya que está presente en la mayoría de viviendas. Un alicatado bien hecho garantiza **estanqueidad y durabilidad** en baños y cocinas, además de contribuir enormemente a la estética de esos espacios.

3.3.3. REVESTIMIENTOS PÉTREOS

Bajo la categoría de **revestimientos pétreos** englobamos aquellos acabados que utilizan **piedra** como material principal, ya sea en su forma natural o elaborada. La piedra puede aparecer en una construcción como elemento estructural (muros de carga de piedra) o decorativo (a la vista en fachadas), pero cuando nos referimos a revestimientos pétreos normalmente hablamos de **placas o losetas de piedra** colocadas a modo de aplacado sobre una base existente, o de piezas prefabricadas con aspecto de piedra. Son acabados muy valorados por su **prestancia, resistencia y longevidad**.

Distinguiremos dos subtipos: revestimientos de *piedra natural* y de *materiales pétreos artificiales o prefabricados* (a veces llamados **aglomerados** si mezclan trozos de piedra con aglutinantes, o paneles imitación piedra).

Piedra natural

Emplear **piedra natural** para revestir aporta sin duda un aire de solidez y belleza. Podemos ver ejemplos en zócalos de edificios con placas de granito, interiores de portales revestidos en mármol, chimeneas forradas de piedra laja, fachadas ventiladas con pizarra, etc. Las piedras más comunes para estos usos son:

- *Mármol y calizas pulidas*: usadas en interiores lujosos (vestíbulos, baños de alto nivel) o fachadas de representatividad. Se presentan en placas pulidas de varios mm de espesor (20 mm por ejemplo) y formatos tipo 30x60 cm, 60x60 cm, etc. Requieren cuidado en colocación para que las vetas mantengan continuidad estética.
- *Granito y piedras ígneas*: muy duras y resistentes, ideales para exteriores. Suelen emplearse en chapados de zócalos o toda la fachada en formatos de loseta o en piezas irregulares (tipo mampostería aplacada). Su acabado puede ser pulido brillante, flameado (rugoso), abujardado (rugosidad uniforme), etc.
- *Pizarra y cuarcita*: piedras metamórficas que se pueden exfoliar en placas relativamente planas. La pizarra negra es típica en revestimientos de fachada o tejados, colocada a modo de pequeñas lajas solapadas o como losetas rectangulares. Dan un aspecto rústico o moderno según diseño.
- *Piedra irregular (laja, mampostería decorativa)*: en jardines o ambientes rústicos, a veces se reviste un muro con piedras de formas irregulares (lajas de río, trozos de cantera) colocadas a mano, dejando juntas anchas que luego se rejuntan con mortero visto, dando apariencia de muro de piedra tradicional pero siendo en realidad un revestimiento sobre un muro de ladrillo/hormigón.

- *Otros: areniscas, travertino, basaltos, etc. según la zona geográfica hay variedades locales que se emplean.*



Aglomerados y piezas prefabricadas

No siempre es viable usar piedra natural por costo o practicidad, y es ahí donde entran los **revestimientos pétreos artificiales**. Estos buscan imitar o lograr prestaciones similares a la piedra pero con materiales más ligeros o económicos. Podemos mencionar varios ejemplos:

- **Piedra artificial o reconstituida:** Se fabrica mezclando trozos de piedra natural (mármol triturado, cuarzo, granito molido) con un aglutinante que suele ser cemento blanco o resinas polímeras, vaciando esa mezcla en moldes. Cuando endurece, se obtiene placas o baldosas que, tras pulido, se asemejan mucho a la piedra auténtica. Un caso muy conocido es el **terrazo** (usado más en suelos, pero también hay plaquetas de terrazo para muros), o los **aglomerados de cuarzo** para encimeras. En revestimientos verticales, existen paneles de piedra reconstituida que imitan, por ejemplo, el travertino o ciertas calizas, con menor coste.
- **Plaquetas caravista prefabricadas:** Son piezas normalmente de hormigón polímero o arcilla reconstituida que imitan el ladrillo visto o la piedra, con espesor fino (1-2 cm). Vienen listas para pegar en la pared con cemento cola. Se usan para dar apariencia de muro de ladrillo o piedra sin tener que levantarlo realmente. Muchas tienen formatos alargados tipo ladrillo, otras simulan pequeñas piedras irregulares unidas en un panel. Tras colocarlas con adhesivo, se rejuntan con mortero como si fuera un muro tradicional.



- **Paneles símil piedra de resina o poliuretano:** Una solución ligera para decorados son paneles de poliuretano rígido que copian la textura de un muro de piedra o ladrillo, pintados de fábrica para que parezcan reales. Son muy ligeros y se atornillan o pegan al soporte. Se ven mucho en tiendas o stands, y también en interiores domésticos para crear un efecto rústico en una pared sin sobrecargar estructura. Resisten humedad y golpes moderadamente bien (aunque no tanto como la piedra de verdad). Para exterior deben ser especiales con protección UV.
- **Prefabricados de hormigón arquitectónico:** En fachadas modernas, en lugar de aplacar con piedra natural, a veces se usan paneles de hormigón prefabricado con acabados decorativos (por ejemplo, placas grandes de hormigón polímero pulido que parecen piedra lisa, ancladas mecánicamente a la estructura). Son muy resistentes y pueden venir de gran tamaño, reduciendo juntas. Su aspecto es sobrio (gris, blanco o con áridos vistos). Un ejemplo son las placas de **GRC (Glassfiber Reinforced Concrete)**, concreto reforzado con fibra de vidrio, que permite paneles delgados y fuertes.



3.4. PATOLOGÍAS Y MANTENIMIENTO EN REVESTIMIENTOS

Los revestimientos, al estar en la capa superficial de la construcción, están expuestos a diversos factores que pueden provocar **patologías** (daños, deterioros) con el tiempo. Además, si no fueron bien aplicados, es posible que fallen relativamente pronto. Conocer estos problemas comunes y cómo prevenirlos o repararlos forma parte importante del oficio, ya que muchas veces el albañil no solo coloca revestimientos nuevos, sino que también repara o mantiene los existentes.

Las patologías más frecuentes en revestimientos incluyen **fisuras, desprendimientos y humedades**, entre otras. A continuación, describiremos cada una y luego las formas generales de **reparación y mantenimiento**.

3.4.1. FISURAS, DESPRENDIMIENTOS Y HUMEDADES

Fisuras y grietas: Son **roturas o aperturas lineales** en el revestimiento, que pueden ser finas como un cabello (fisuras) o más anchas y profundas (grietas). Las causas de fisuración pueden ser varias:

- **Retracción del material:** por ejemplo, el yeso o el mortero al secar encogen un poco. Si la capa era muy gruesa o secó muy rápido, aparecen fisuras de retracción (a veces en forma de malla fina). Son superficiales y no suelen comprometer la estabilidad, pero sí la apariencia.

- *Movimientos del soporte o estructurales:* Si el muro base se agrieta (por asentamientos, vibraciones, dilataciones térmicas), el revestimiento encima también fisurará siguiendo esas líneas. Un caso típico son fisuras diagonales en esquinas de puertas/ventanas causadas por movimientos del dintel o dilataciones.

Fisura



Grieta



- *Juntas mal resueltas:* Si en una unión de dos materiales diferentes (ej. hormigón y ladrillo) se revistió de forma continua sin malla ni junta, a menudo ahí aparece una fisura lineal, porque cada material se comporta distinto (dilatación, vibración).
- *Aplicación defectuosa:* Espesores excesivos de yeso en una sola capa, ausencia de puente de adherencia en un revoque sobre hormigón liso, etc., pueden generar agrietamientos por tensiones internas o mala adherencia puntual.

Las fisuras leves en revocos o pinturas suelen ser un problema más estético que funcional, pero pueden permitir la entrada de humedad si atraviesan toda la capa. Las grietas mayores sí pueden indicar problemas serios (ej. asentamiento de cimientos) o pueden preceder desprendimientos si el material quedó suelto a los lados de la grieta.

Desprendimientos: Aquí nos referimos a cuando partes del revestimiento **se despegan o caen** del soporte. Esto puede suceder en revestimientos continuos (ej. una zona de enfoscado que se desadhiere y se cae, dejando el muro base a la vista) o discontinuos (un azulejo que se despega, una placa que se descuelga). Causas comunes:

- *Mala adherencia inicial:* Si no se preparó bien el soporte (sucio, polvoriento, seco) el mortero o adhesivo no agarró correctamente. Al principio puede aguantar, pero con cambios de temperatura o pequeños golpes, cede. Por ejemplo, un yeso que no se aplicó sobre pared humedecida puede “soplarse” (despegarse en placas).
- *Acción del agua y heladas:* La humedad es enemiga de la adherencia. Si agua se filtra detrás de un revestimiento (por una fisura en la fachada, o por capilaridad desde cimientos), esa agua puede debilitar el agarre. Peor aún, si se congela (en climas fríos) el hielo expande y empuja, haciendo saltar trozos. Es típico ver en zócalos exteriores trozos de revoco caídos por heladas.



- *Corrosión en anclajes:* En aplacados con fijaciones metálicas, si no eran inoxidable y se oxidan, el óxido ocupa más volumen y puede rajar el material circundante, causando desprendimiento. O simplemente la grapa corroída ya no sujeta y la pieza se cae.
- *Vibraciones o impactos:* Revestimientos en zonas con vibración (cerca de carreteras muy transitadas, maquinaria) pueden ir soltándose. Asimismo un golpe fuerte (una puerta que golpea la pared constantemente, un objeto pesado contra un alicatado) puede fracturar y desprender piezas.
- *Expansión por sales:* En muros con humedad, las sales disueltas pueden cristalizar bajo el revestimiento (eflorescencias). Al cristalizar empujan con fuerza, separando la capa superficial.

Los desprendimientos son peligrosos en exteriores (podrían caer fragmentos sobre personas) y en interiores dejan la superficie irregular y fea. A veces antes de desprenderse totalmente, el revestimiento se abomba o suena hueco al golpearlo (indicio de que está despegado en parte).

Humedades: Los problemas de humedad en revestimientos se manifiestan de varias formas:

- *Manchas y decoloración:* aparecen zonas más oscuras, amarillentas o con halos en la pintura o el revoco, indicando que detrás o por encima hay agua infiltrándose. En pinturas pueden generar cercos, en revocos de cal pueden evidenciar lavado de la cal.
- *Moho y hongos:* Sobre todo en interiores mal ventilados, la humedad persistente en un revestimiento (por condensación, por filtración) produce colonias de moho, visibles como puntos negros/verdes en la superficie de pintura o juntas. Además de antiestético, es insalubre.
- *Eflorescencias salinas:* En superficies de ladrillo visto, piedra o incluso revocos, se observan a veces unos depósitos blancos cristalinos. Son sales (nitratos, sulfatos, etc.) que el agua disuelta arrastró desde el interior del muro y al evaporar quedaron en la superficie. No solo manchan, también indican humedad continua. Si se acumulan bajo la capa de pintura, esta se ampolla y descascara.
- *Humedad de condensación:* Ocurre cuando una pared fría entra en contacto con aire húmedo caliente, produciendo agua en la superficie interior. Se suele notar por gotas o simplemente por moho en esquinas y techos (ej. moho en techo de baño, o sobre encuentros muro-ventana).
- *Humedad por capilaridad:* En paredes de planta baja o sótanos sin impermeabilización, el agua del terreno puede subir por capilaridad y



humedecer el revestimiento hasta cierta altura (se ven los muros con pintura hinchada o salitre hasta, digamos, 1 metro del suelo). Esto hace que yesos se ablanden y morteros se pulvericen con el tiempo, si no se ataja.

Las humedades no solo estropean la apariencia (pintura que se pela, hongos negros) sino que comprometen la integridad: un yeso continuamente mojado pierde cohesión; un alicatado en el que actúa agua detrás puede acabar soltando piezas; un revestimiento orgánico (papel, madera) se pudre o deforma.

En resumen, las **patologías** a las que enfrentan los revestimientos son principalmente debidas a **movimientos, agua, y errores de ejecución/materiales**. Identificar la causa raíz (por ejemplo, saber distinguir si una mancha es por filtración de la fachada o por condensación interna) es clave para dar la solución correcta.

3.4.2. REPARACIONES Y PREVENCIÓN

Atender las patologías de revestimientos implica generalmente **reparar** o **reponer** las partes dañadas, y tomar medidas para que no vuelva a ocurrir. Repasemos cómo se suelen abordar los problemas mencionados:

Reparación de fisuras:

- *Fisuras finas en pintura o revoque:* Si son solo de la capa superficial, se raspan ligeramente para abrirlas un poco y se rellenan con masilla apropiada (por ejemplo masilla acrílica para paredes, o pasta de yeso si está en yeso), después se lija y se pinta encima. Es una reparación menor, estética.
- *Fisuras amplias o estructurales:* Primero se debe investigar la causa. Si es un movimiento estructural activo, de nada sirve tapar, volverá a abrir. Podría necesitarse un técnico para solucionar la causa (cosido de grieta con grapas, refuerzo estructural, etc.). Si el movimiento fue puntual y ya paró, se puede proceder a reparar: se **abre en V** la grieta (ampliar con cincel o radial para hacer espacio), se limpia el polvo, se rellena con un mortero de reparación o resina epoxi de relleno si se busca alta resistencia. En superficies de yeso se suele usar una cinta de fibra de vidrio sobre la grieta y cubrir con yeso nuevo, para repartir tensiones. Luego se repinta. Muchas veces, en esquinas de ventanas que siempre fisuran, se coloca una junta plástica o una cantonera que las disimula y acepta el movimiento.
- *Fisuras por unión de materiales:* La solución efectiva es crear ahí una **junta de movimiento** deliberada. Esto implica cortar o dejar una pequeña ranura en el revestimiento justo en la unión y sellarla con silicona u otro material elástico, en lugar de yeso rígido. Así, cuando dilate o contraiga, la junta absorbe. Si ya hay fisura, se puede agrandarla regular y hacerla junta controlada.



Reparación de desprendimientos:

- *Pequeños desconchones en enfoscado/revoco:* Si se cayó una porción de mortero, se debe **sanejar** la zona: picar alrededor para quitar lo suelto o mal adherido, preferiblemente con bordes en bisel (no dejar un corte recto, mejor un borde irregular para anclar). Limpiar polvo, humedecer el soporte. Luego aplicar un nuevo mortero de similares características al original (por ejemplo, mortero de cemento y arena si era enfoscado de cemento) para rellenar el hueco. Se nivela con la llana al ras del contorno. Si había acabado pintado, luego de secar se retoca la pintura encima; si era revoco fratasado, se intenta imitar la textura al aplicar.
- *Placas o azulejos sueltos:* Cuando se desprende un azulejo entero o una pieza de piedra, y la tenemos intacta, se puede recolocar. Se limpia bien la pieza por detrás (raspar restos de cemento viejo) y también el hueco en la pared. Luego se aplica adhesivo nuevo (cemento cola de buena calidad) y se pega de nuevo la baldosa, usando crucetas para centrarla con respecto a las existentes. Al fraguar, se rejunta alrededor para integrar. Si la pieza se rompió al caer, habrá que buscar una de repuesto igual (por eso siempre es útil guardar algunas baldosas de sobrante de obra) o en su defecto reemplazar por una parecida o usar la técnica de "incrustar" otro motivo decorativo. En piedra natural, si una losa cayó y se rompió, quizás toque reponer por otra y tal vez ajustar color.
- *Grandes áreas desprendidas:* A veces por humedad extensa, todo el revoco de una pared está suelto (suena hueco al golpear). En esos casos, la mejor reparación es **picar todo** lo que esté mal adherido antes de que caiga, hasta llegar a base firme, y re-revestir esa zona por completo. No sirve ir parcheando cada hueco si en medio quedan zonas también malas. Es un trabajo mayor: retirar trozos, eliminar polvo, aplicar de nuevo enfoscado y revoco, y pintar o terminar como estaba originalmente. Requiere proteger el entorno, escombros, etc.
- *Prevención en aplacados:* Si detectamos que algunas placas en fachada están algo sueltas (se mueven ligeramente o suenan hueco), es mejor intervenir antes de que caigan: se pueden inyectar resinas de anclaje o mortero fluido por las juntas para pegarlas de nuevo, o fijar pequeños anclajes o grapas visibles para asegurarlas. Esto a menudo lo realizan especialistas en rehabilitación de fachadas.



Tratamiento de humedades:

- *Identificar origen:* Lo principal es encontrar de dónde viene la humedad. ¿Es una tubería rota dentro del muro? ¿Filtra agua de lluvia por una grieta exterior? ¿Es humedad ambiente por condensación? ¿Sube del suelo por capilaridad? Cada origen tiene su remedio específico:



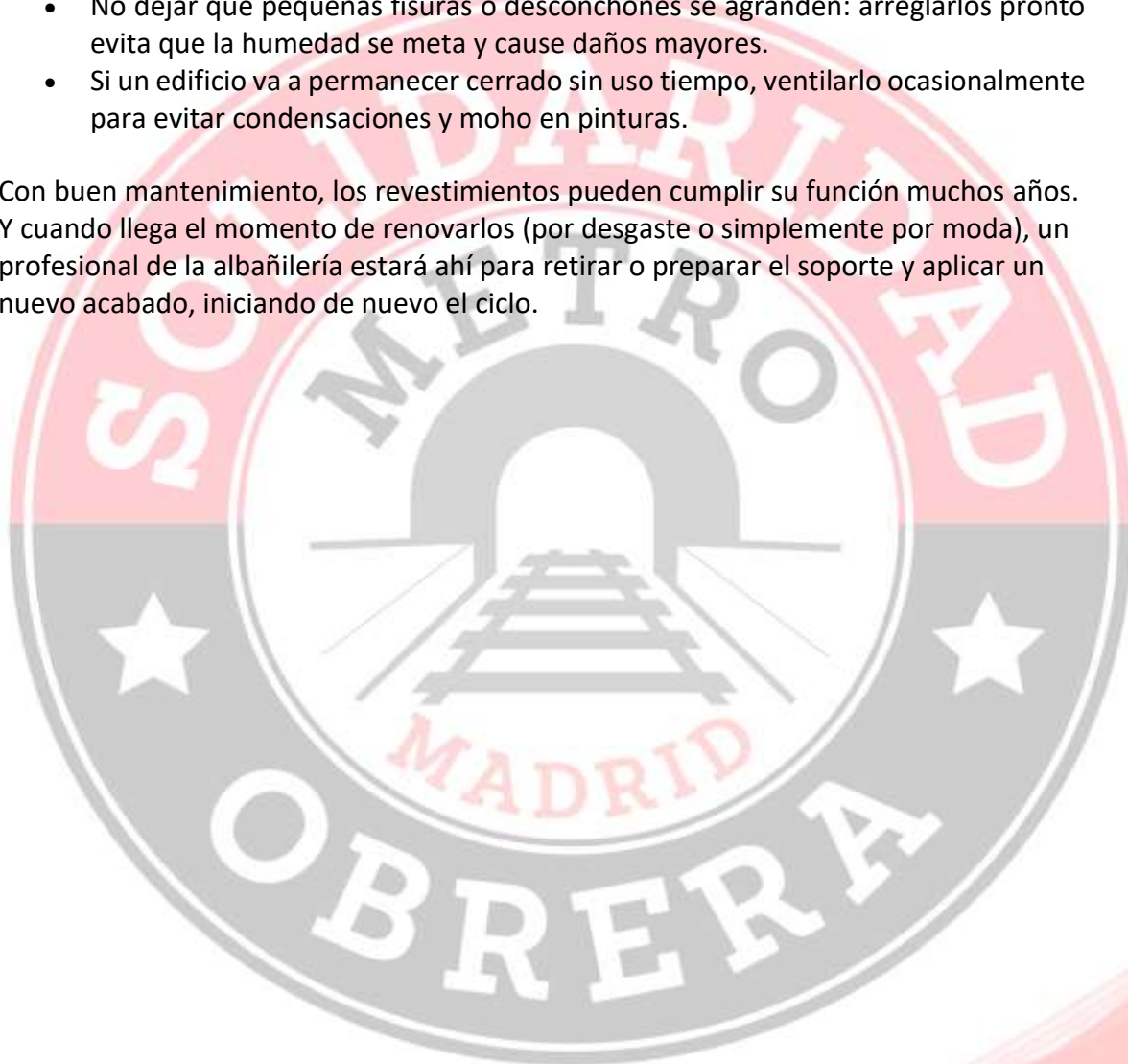
- Si es una **fuga o filtración localizada**, hay que repararla (arreglar la tubería, impermeabilizar la grieta, sellar la fachada). Solo después se repara el revestimiento afectado (cambiando el yeso mojado por yeso nuevo seco, repintando la mancha con sellador anti manchas y pintura, etc.).
- Si es **humedad por capilaridad** (casas antiguas sin barrera antihumedad en cimientos): la solución definitiva es complicada (inyección de resinas en la base del muro para frenarla, o colocar una barrera física). Como paliativo, se usa **mortero transpirable anti-salitre** en la parte baja: se pica el yeso dañado hasta cierta altura, se aplica un mortero especial que deja salir la humedad sin dañarse, y luego se pinta con pintura igualmente transpirable. Estéticamente mejora, pero si la fuente de agua sigue, con el tiempo puede requerir repetición.
- Si es **condensación**, la solución pasa por mejorar la ventilación del ambiente (abrir ventanas, extractor en baño), aumentar la temperatura superficial de ese muro (por ejemplo, colocando aislamiento térmico en la pared fría, o un sistema de ventilación forzada). Mientras tanto, se limpia el moho con lejía o fungicida y se puede pintar con pintura anti-moho. Pero si no se mejora la ventilación/aislamiento, volverá a salir.
- *Reparar el acabado:* Una vez resuelto el origen o en paralelo, se interviene el revestimiento:
 - Para manchas de humedad en pintura, conviene raspar la pintura floja alrededor, aplicar un **fijador o sellador** que bloquee las manchas (suelen ser pinturas al disolvente que crean barrera a las sales/taninos) y luego repintar todo el paño para igualar color.
 - Si el yeso se ha abombado y está blando, hay que picarlo y reemplazarlo. No se debe pintar sobre yeso que estuvo empapado y pulverulento, pues no aguantará.
 - En revocos exteriores con hongos, se cepilla la superficie, se aplica un producto fungicida, y cuando se seque bien la pared, se repinta con pintura anti-humedad o revestimiento elástico según convenga.
 - Las eflorescencias de sal se cepillan y lavan con agua y vinagre a veces. Pero mientras siga habiendo humedad interna, suelen reaparecer. Hay pinturas transpirables de silicato que toleran algo las sales.



Mantenimiento preventivo: Más allá de reparar lo dañado, es importante el mantenimiento para prolongar la vida de los revestimientos:

- Re-pintar periódicamente las fachadas (cada 8-10 años quizás) para renovar la protección y estética.
- Revisar sellados en juntas de ventanas, encuentros de revestimientos, para asegurar que no entre agua.
- Limpiar canalones y bajantes para que el agua de lluvia no desborde mojando paredes.
- En interiores, repasar las juntas de silicona en bañeras/lavabos anualmente, para que el agua no se cuele detrás del alicatado.
- No dejar que pequeñas fisuras o desconchones se agranden: arreglarlos pronto evita que la humedad se meta y cause daños mayores.
- Si un edificio va a permanecer cerrado sin uso tiempo, ventilarlo ocasionalmente para evitar condensaciones y moho en pinturas.

Con buen mantenimiento, los revestimientos pueden cumplir su función muchos años. Y cuando llega el momento de renovarlos (por desgaste o simplemente por moda), un profesional de la albañilería estará ahí para retirar o preparar el soporte y aplicar un nuevo acabado, iniciando de nuevo el ciclo.



4. ENCOFRADOS

4.1. INTRODUCCIÓN A LOS ENCOFRADOS

4.1.1. OBJETO DEL TEMA

En este tema se presentarán los **encofrados** empleados en construcción, su importancia y las técnicas básicas para su uso. El objetivo es que los estudiantes comprendan qué son los encofrados, para qué se utilizan y cómo se manejan en obra. Se busca ofrecer una visión didáctica, clara y práctica sobre los tipos de encofrados (horizontales y verticales), sus componentes, materiales habituales y la simbología básica presente en los planos de construcción. Al finalizar el tema, el alumno deberá identificar los distintos encofrados y sus partes, además de reconocer las fases principales de montaje, hormigonado y desencofrado dentro de un proceso constructivo.

4.1.2. DEFINICIÓN Y FINALIDAD DEL ENCOFRADO

El **encofrado** es un molde o estructura temporal que se utiliza para dar forma y soporte al hormigón fresco u otros materiales similares mientras fragúan (se endurecen). Su finalidad es mantener al hormigón en la geometría deseada (muros, columnas, vigas, losas, etc.) hasta que alcance la resistencia suficiente por sí mismo. En términos sencillos, un encofrado es como el "molde"



donde se vierte el hormigón para construir un elemento estructural con la forma requerida. Una vez que el hormigón endurece, el encofrado puede retirarse (salvo en ciertos casos de encofrados perdidos que quedan integrados en la estructura). La finalidad principal del encofrado es asegurar que el hormigón **mantenga la forma prevista en el proyecto**, garantizando dimensiones correctas, alineación y acabados adecuados, sin deformaciones durante el proceso de fraguado.

Algunos puntos clave sobre la finalidad de los encofrados:

- **Moldeado del hormigón:** Permite construir elementos de hormigón con formas específicas (ej. un pilar cuadrado, una pared recta o una losa plana).
- **Soporte temporal:** Sostiene el peso del hormigón fresco (que es pesado y ejerce mucha presión) hasta que éste endurece lo suficiente.
- **Seguridad estructural inicial:** Previene colapsos o deformaciones del elemento estructural durante las primeras horas o días, mientras el hormigón adquiere resistencia.
- **Acabado superficial:** Un buen encofrado, bien sellado y montado, ayuda a lograr superficies de hormigón más lisas y con menos defectos, reduciendo la necesidad de correcciones posteriores.

En resumen, sin encofrados sería imposible construir estructuras de hormigón in situ con seguridad y precisión, ya que el hormigón fresco no tiene forma propia hasta endurecer.

4.1.3. TIPOS DE ENCOFRADO: HORIZONTALES Y VERTICALES

Los encofrados se clasifican principalmente en **horizontales** y **verticales**, según la orientación del elemento estructural que moldean:

- **Encofrados horizontales:** Son aquellos destinados a conformar elementos planos o casi planos dispuestos horizontalmente, como los forjados (suelos y techos), las losas o ciertas vigas. Un encofrado horizontal típico sería el que se usa para construir el piso de una planta: incluye una plataforma o superficie plana donde se apoyará el hormigón de la losa o forjado, sostenida por puntales y otros elementos debajo. En obra, a estos encofrados horizontales a veces se les llama *planchas* o *plataformas* de encofrado de forjado.



- **Encofrados verticales:** Son los utilizados para elementos que crecen en vertical, como muros, columnas, pilares, paredes y otros elementos similares. En este caso, el encofrado suele tener paneles verticales a ambos lados (en muros) o alrededor (en columnas) que contienen el hormigón fresco hasta que fragua. Se sostienen con abrazaderas, tirantes y apoyos llamados *tornapuntas* que los mantienen firmes frente a la presión lateral del hormigón.



Diferencias clave: Los encofrados horizontales deben soportar principalmente cargas verticales (el peso del hormigón hacia abajo), mientras que los verticales deben resistir sobre todo empujes laterales (la presión del hormigón contra los paneles). Por ello, los diseños y componentes difieren ligeramente:

- Un encofrado horizontal suele apoyarse en un sistema de puntales o cimbras debajo, a modo de "patas" o andamiaje temporal.
- Un encofrado vertical normalmente se fija con amarres, tensores o barras que atraviesan el elemento (en muros) o con soportes exteriores inclinados (tornapuntas) que lo sujetan contra el terreno o la estructura existente.

En obra, a menudo necesitaremos ambos tipos: por ejemplo, para construir un edificio se emplean encofrados verticales (para pilares y muros) y horizontales (para los forjados de cada planta).

4.1.4. COMPONENTES BÁSICOS DEL SISTEMA DE ENCOFRADO

A pesar de la variedad de encofrados (ya sean de madera tradicional o modernos metálicos modulares), muchos comparten una serie de **componentes básicos**. A continuación, describimos los más comunes:



- **Superficie encofrante (paneles o tableros):** Es la **cara interna del encofrado** que estará en contacto con el hormigón fresco y le dará forma. En encofrados tradicionales, esta superficie se construye con tableros de madera (como tablas o paneles de contrachapado fenólico). En sistemas modernos modulares, se usan paneles prefabricados de metal (acero/aluminio) recubiertos de chapa o madera tratada. Estos paneles pueden ser planos (para superficies rectas) o especiales para formas curvas.
- **Estructura de soporte (marcos, vigas y correas):** Detrás de la superficie encofrante, encontramos elementos estructurales que le dan rigidez y la mantienen en posición. Por ejemplo, **vigas** de encofrado (de madera o metálicas) que sostienen los tableros horizontales, o **marcos metálicos** en paneles verticales. En encofrados horizontales aparecen piezas llamadas **correas** o **vigas**

secundarias (también llamadas *sopandas*) que se colocan debajo de los tableros para transmitir su carga a los puntales. Estas vigas suelen disponerse en retícula: vigas principales y secundarias formando un entramado. En esta estructura distinguimos dos niveles de rigidización:

- **Microrrigidización:** Hace referencia a la rigidez interna de cada módulo o elemento del encofrado. Se consigue mediante el uso de refuerzos en el propio panel o tablero (como omegas, perfiles o nervaduras) que evitan deformaciones locales por la presión del hormigón.
- **Macrorrigidización:** Es la rigidez global del sistema, es decir, cómo se comporta el conjunto completo del encofrado como una estructura sólida y estable. Se logra conectando adecuadamente los distintos módulos entre sí, mediante uniones firmes (grapas, tornillos, barras de atado, etc.) y añadiendo elementos de arriostramiento o triangulación que impidan movimientos relativos entre paneles.
- **Elementos de unión y fijación:** Para armar el encofrado se usan diversos accesorios. Ejemplos:
 - **Clavos y tornillos:** En encofrados de madera tradicional, se clavan o atornillan las tablas a los soportes.
 - **Grapas o abrazaderas:** En sistemas modulares metálicos, se usan grapas especiales que unen firmemente dos paneles adyacentes y los alinean.
 - **Barras roscadas y tirantes:** En encofrados de muros, se pasan barras roscadas a través del espesor del muro, sujetas con tuercas y placas, para mantener unidos los dos paneles opuestos evitando que la presión del hormigón los separe. Estos tirantes definen también el grosor exacto del muro.
 - **Pasadores o conectores rápidos:** Piezas estándar que facilitan la conexión rápida de módulos (muy comunes en encofrados metálicos).



- **Sistemas de soporte y apeo:** Aquí incluimos todos los elementos que soportan o apuntalan el encofrado:
 - **Puntales (montantes verticales):** Barras verticales (generalmente metálicas, telescópicas y ajustables en altura) que sostienen encofrados

horizontales por debajo. Los puntales transfieren el peso del hormigón y del propio encofrado hacia el suelo o la estructura inferior.

- **Tornapuntas (puntales inclinados):** Barras o puntales colocados en diagonal que empujan o apuntalan un encofrado vertical (por ejemplo, un panel de muro) para mantenerlo estable y aplomado. Suelen anclarse al suelo o a una base firme en un extremo y al panel encofrante en el otro.
- **Cuñas y niveles:** Pequeñas cuñas de madera o piezas ajustables que permiten nivelar y ajustar finamente la posición de los paneles o vigas. Se colocan, por ejemplo, bajo puntales o entre elementos, para conseguir la altura o presión adecuada.
- **Consolas y plataformas de trabajo:** En encofrados verticales, a veces se instalan plataformas o **consolas** ancladas al propio encofrado para que los operarios puedan trabajar de forma segura en alturas (sirven de andamio incorporado para tareas de vertido de hormigón o vibrado).
- **Accesorios adicionales:**
 - **Separadores o distanciadores de armadura:** Aunque no son parte del encofrado en sí, se usan dentro del molde para mantener las varillas de acero (armaduras) en su posición correcta, evitando que toquen las paredes del encofrado.
 - **Aceites desencofrantes:** Son productos que se aplican sobre la cara interna del encofrado (los tableros o paneles) antes del vertido de hormigón, para facilitar después el desencofrado (desmoldeo) y evitar que el hormigón se adhiera demasiado a la superficie encofrante. No es un "componente" físico del encofrado, pero sí un material auxiliar fundamental en el proceso.



Estos componentes trabajan en conjunto formando un **sistema de encofrado** capaz de resistir las cargas y presiones durante la construcción. Un buen conocimiento de cada pieza permite **montar** y **desmontar** encofrados de forma eficiente y segura.

4.1.5. MATERIALES EMPLEADOS EN ENCOFRADOS

Los materiales de los encofrados han evolucionado con el tiempo, pero todos deben cumplir con la premisa de ser suficientemente **resistentes** (para aguantar las cargas del hormigón) y a la vez **económicos y reutilizables** en la medida de lo posible. Veamos los materiales más empleados:

- **Madera:** Tradicionalmente, la madera ha sido el material más usado en encofrados. Se utilizan tabloncillos, tableros contrachapados fenólicos (resistentes al agua) y piezas de madera aserrada para vigas o apoyos provisionales. Ventajas: la madera es fácil de trabajar (cortar, clavar) y relativamente barata. Inconvenientes: sufre desgaste con el uso, puede



deformarse con la humedad y tiene una vida útil limitada si no se cuida. Aun así, en obras pequeñas o elementos con formas particulares, la madera sigue siendo muy común por su versatilidad. Ejemplo típico: encofrados a medida para una escalera, hechos con tablas y tablones cortados en obra.

- **Acero:** Los sistemas modernos de encofrados modulares suelen ser de acero. El acero se usa tanto en los marcos de paneles (dándoles robustez) como en componentes como puntales, abrazaderas, etc. Incluso existen **encofrados totalmente metálicos** (chapas de acero formadas) para elementos cilíndricos o especiales. Ventajas: el acero es altamente resistente, permite **reutilizaciones numerosas** (paneles metálicos bien mantenidos pueden utilizarse cientos de veces) y soporta mejor la presión sin deformarse. Inconveniente: es pesado, más caro inicialmente, y requiere grúas o equipos para manipular paneles grandes.
- 
- **Aluminio:** Algunos encofrados utilizan aluminio, principalmente por su **ligereza**. El aluminio pesa menos que el acero, por lo que los paneles pueden ser más grandes o maniobrables manualmente sin grúa (lo que se llama *manuportables*). Suele emplearse en marcos de panel o en vigas. Ventajas: menor peso y resistente a la corrosión. Desventajas: aunque ligero, es menos resistente que el acero a la deformación, por lo que los perfiles deben diseñarse bien; además es más costoso que el acero por kg.
- 
- **Plástico o fibra de vidrio:** En cofrados más recientes han aparecido paneles hechos de **materiales plásticos reforzados**. Algunos son módulos de plástico duro (polipropileno, por ejemplo) que pueden unirse, ideales para pequeñas obras o donde se requiera ligereza y evitar corrosión. También hay revestimientos de fibra de vidrio sobre marcos metálicos para mejorar el acabado del hormigón. Ventajas: muy ligeros, fáciles de limpiar, no absorben agua ni se oxidan. Desventajas: pueden ser menos rígidos o sufrir roturas bajo mal uso, y su costo aún puede ser elevado dependiendo del tipo.
- 
- **Encofrados perdidos (ladrillo, poliestireno, etc.):** Son materiales que se quedan como parte de la estructura. Por ejemplo, bloques de ladrillo o bloques de hormigón que sirven de encofrado y luego permanecen integrados (encofrado perdido para ciertas vigas o muros). Otro caso son los casetones de poliestireno (corcho blanco) en forjados reticulares: actúan como molde para aligerar la losa y luego quedan dentro sin retirarse. Estos materiales no se reutilizan (porque no se desencofran), pero se consideran encofrados porque cumplen esa función de molde durante el vertido.
- 

En la práctica, muchos sistemas de encofrado combinan materiales: **madera + metal** (por ejemplo, panel con marco de acero pero cara encofrante de madera contrachapada reemplazable) o **plástico + metal**. La elección del material depende de factores como:

- **Número de usos previstos:** (madera para pocos usos vs. metal para muchos ciclos).
- **Necesidad de acabado:** (una cara de madera nueva da muy buen acabado liso al hormigón, mientras un panel metálico puede dejar huellas de juntas).
- **Presupuesto y logística:** (encofrados modulares metálicos requieren inversión y suelen rentarse a empresas especializadas; encofrados de madera pueden fabricarse in situ con material local).
- **Peso y medios disponibles:** (si no se dispone de grúa, conviene encofrados más ligeros, por ejemplo, aluminio o paneles pequeños).

En todo caso, el operario de construcción debe familiarizarse con todos ellos, ya que en obra es habitual encontrarse con *tableros de madera para pequeños retoques y sistemas modulares metálicos* a la vez, por ejemplo.

4.2. ENCOFRADOS HORIZONTALES

Los **encofrados horizontales** se utilizan para construir elementos como **forjados, losas** y en general cualquier estructura horizontal de hormigón (ya sea maciza o aligerada). Un ejemplo común de encofrado horizontal es el necesario para hacer el techo (forjado) de una habitación: se monta una plataforma horizontal que sostiene el hormigón hasta que se forma la losa sólida.

En esta sección veremos los tipos principales de estructuras horizontales que requieren encofrado y describiremos sus fases de ejecución. Las estructuras horizontales de hormigón más habituales en edificación son:

- Forjados **unidireccionales** (con viguetas y bovedillas).
- Forjados **bidireccionales** o reticulares (generalmente con casetones).
- **Losas macizas** (también llamadas losas sólidas de hormigón armado).

Cada una tiene un sistema de encofrado y un proceso de montaje ligeramente distinto, que describiremos a continuación.

4.2.1. TIPOS DE ESTRUCTURAS HORIZONTALES

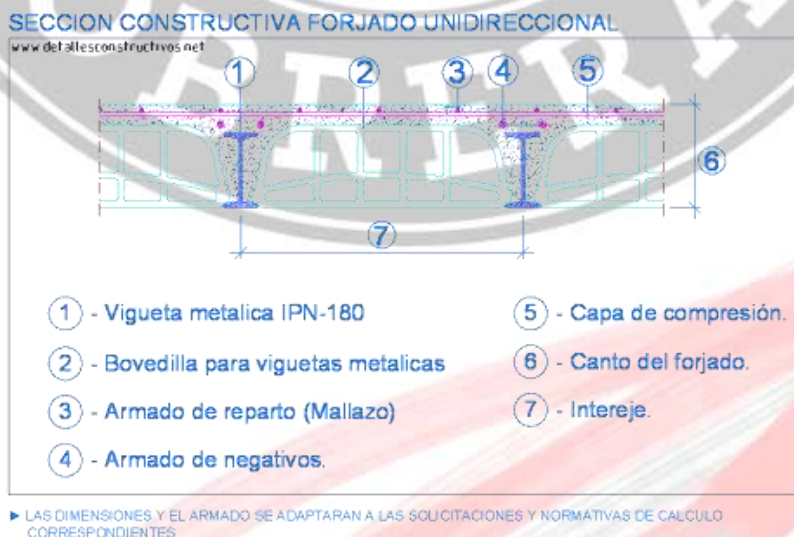
Forjados unidireccionales – Fases y operaciones

Un **forjado unidireccional** es aquel en que las cargas (el peso propio, personas, muebles, etc.) se transmiten principalmente en **una dirección** hacia las vigas de apoyo. Típicamente, están conformados por **viguetas** (pequeñas vigas paralelas) y entre ellas piezas aligerantes llamadas **bovedillas**. Encima va una capa de hormigón y un mallazo (malla de acero) para solidarizar todo el conjunto.



Componentes y características:

- **Viguetas:** Pueden ser prefabricadas (por ejemplo, viguetas pretensadas de hormigón) o hechas "in situ" con armadura y luego hormigonadas junto con la capa superior. Las viguetas se colocan apoyadas en los muros o vigas perimetrales, separadas regularmente (por ejemplo, cada 70 cm).
- **Bovedillas:** Son elementos aligerantes que se colocan entre viguetas para rellenar el hueco y no echar hormigón en toda la altura, reduciendo peso. Pueden ser de distintos materiales: cerámica (tipo ladrillo hueco grande), hormigón ligero o poliestireno expandido (EPS, corcho blanco). Las bovedillas permanecen en la estructura terminada (no se quitan, son "encofrado perdido" en la parte inferior).
- **Capa de compresión:** Es la losa superior de hormigón armado (de unos 4-5 cm o más de espesor) que se vierte sobre las viguetas y bovedillas, integrando todo el forjado en una placa sólida.
- **Encofrado de ribetes y bordes:** Aunque las bovedillas cubren la mayor parte, se necesitan encofrados para los bordes (los extremos del forjado) y para conformar vigas "empotramiento" o nervios entre zonas.



Fases y operaciones principales para ejecutar un forjado unidireccional:

1. **Apuntalamiento inicial:** Antes de nada, se instalan puntales telescópicos en toda el área donde irá el forjado, formando una retícula de apoyo (normalmente se colocan filas de puntales separados unos 1 a 1.5 metros, según cálculo). Encima de los puntales se colocan vigas o sopandas longitudinales (vigas de madera o metálicas llamadas también *correas*) y vigas secundarias, formando un soporte temporal que cubrirá toda la superficie bajo las viguetas. Este *bosque de puntales* garantizará que nada ceda cuando montemos las piezas.
2. **Colocación de viguetas:** Se van colocando las viguetas sobre el apuntalamiento. Los extremos de las viguetas se apoyan en los elementos resistentes perimetrales (muros o vigas de borde). Si las viguetas son pretensadas prefabricadas, se distribuyen manualmente (son relativamente ligeras) o con ayuda de algún medio de elevación si son largas. Deben disponerse a la separación definida en plano (por ejemplo, cada 70 cm), por lo que a menudo se utiliza un separador o medida patrón para mantener la distancia correcta entre ellas. Las viguetas in-situ (si se diera el caso) implicarían montar previamente un encofrado bajo ellas.
3. **Colocación de bovedillas:** Una vez las viguetas están apuntaladas y fijas en su lugar, se rellenan los espacios entre viguetas con las bovedillas. Se colocan cuidadosamente para no mover las viguetas de su posición. Las bovedillas cerámicas o de hormigón se manipulan a mano, encajándolas entre las viguetas. Las de poliestireno son muy ligeras y fáciles de poner. Es importante no dejar huecos; las bovedillas deben asentar bien y alineadas a ras con la cara inferior de las viguetas, formando un plafón inferior continuo.
4. **Encofrado de los bordes y huecos:** Se instalan tablas o paneles en los extremos del forjado para contener el hormigón de la losa donde termina la última fila de bovedillas. También si hay huecos en el forjado (por ejemplo, para una escalera o un patinillo de instalaciones), se encofran sus perímetros con tableros verticales. Si el forjado lleva una viga concreta integrada, sus lados (costeros) también se encofran con paneles sujetos con puntales o clavados a la estructura provisional.
5. **Colocación de armadura superior (mallazo):** Encima de las viguetas (que suelen tener sus hierros sobresaliendo en la parte superior) se coloca un **mallazo** de acero (una malla cuadriculada de barras) o armados específicos según diseño, que servirán para armar la capa de compresión. Además, se instalan barras de refuerzo adicionales en las zonas indicadas (refuerzos sobre apoyos, negativos, etc.). Los separadores de armadura (pequeñas piezas plásticas en forma de sillas o calzos de mortero) se ponen bajo el mallazo para garantizar el recubrimiento (que el hierro quede embebido en hormigón sin asomar).



6. **Revisión y nivelación:** Antes de hormigonar, se verifica que todo el encofrado esté correcto:
 - Puntales bien colocados y ajustados a la altura precisa (el forjado debe estar nivelado o con la pendiente necesaria si la hubiera).
 - Viguetas correctamente alineadas, sin desplazamientos.
 - Bovedillas íntegras (ninguna rota) y bien asentadas.
 - Armadura en su posición y firmemente atada, con sus separadores.
 - Se suele limpiar la superficie de las bovedillas para quitar restos de escombros o polvo.
7. **Vertido del hormigón (hormigonado):** Se vierte el hormigón fresco sobre la superficie, cubriendo el mallazo y rellenando todos los espacios: se forman así las viguetas (si eran in-situ, ahora con hormigón se completan) y la capa de compresión por encima. El hormigonado se hace con cuidado:
 - Comienza generalmente por las vigas o nervios (se echa hormigón en los espacios longitudinales donde están las viguetas).
 - Se extiende luego hacia la losa superior, nivelando con reglas o rastrillos el hormigón para que quede plano.
 - Un vibrador de aguja se introduce entre las viguetas para compactar el hormigón y evitar huecos. También se golpean ligeramente las bovedillas cerámicas con un mazo de goma para asentar, en caso necesario.
 - Se tiene precaución de no sobrecargar un punto concreto con demasiado hormigón sin extenderlo, para evitar sobrepeso localizado durante la operación.
 - Si la losa es grande, se hormigona por paños, pero siempre manteniendo juntas frescas (evitando que fragüe por partes).
8. **Curado inicial:** Una vez vertido y nivelado, se deja fraguar el hormigón. En climas cálidos o con viento, se puede cubrir con plásticos o arpillera húmeda para evitar secado rápido. Se suele vigilar que nadie trepe o cargue el forjado recién hormigonado en las primeras horas.
9. **Desencofrado (parcial y total):** Tras el tiempo necesario de fraguado (varía, pero un criterio común son 28 días para carga plena, aunque a los 7-14 días ya suele tener suficiente consistencia), se procede a retirar el encofrado. En un forjado unidireccional, **no se retiran las bovedillas** (son parte de la construcción), pero sí se quitan:
 - Los paneles de borde.
 - Los puntales y correas de apoyo. **¡Atención!** El desencofrado de forjados a veces se hace en dos etapas: primero se quitan algunos puntales (desencofrado parcial) y se deja otros llamados *puntales de reescorado* o *de seguridad* que continúan sosteniendo parcialmente la estructura hasta lograr más resistencia. Esto es indicado por la dirección técnica según la resistencia del hormigón alcanzada.
 - Cualquier madera auxiliar usada.



- Se desmontan con cuidado para no dañar el hormigón endurecido (especialmente en vigas o cantos vivos que podrían astillarse).

10. **Acabados posteriores:** Con el forjado desencofrado, se revisa la cara inferior (el techo). Si está bien, las juntas de bovedillas se notarán pero todo debe estar alineado. Se pueden sellar pequeñas rebabas o reparaciones menores. Finalmente, normalmente se revocará o pintará esa superficie en acabados posteriores.

Resumen didáctico: Un forjado unidireccional se parece a “varias vigas paralelas unidas por una losa por encima”. Encofrarlo consiste en poner un **suelo provisional** (con puntales y sopandas) sobre el que van las viguetas y bovedillas. Tras el hormigonado, ese suelo se retira. Es importante respetar las fases para que el forjado quede resistente y seguro.

Forjados bidireccionales – Fases y operaciones

Los **forjados bidireccionales**, también conocidos como **forjados reticulares**, distribuyen las cargas en dos direcciones. Son ideales para soportar cargas en planos amplios sin muchas vigas intermedias, y generalmente se construyen usando **casetones** para aligerar la losa en ambas direcciones. Un forjado reticular típico es una losa "cuadriculada" con nervios de hormigón en dos direcciones y huecos (rellenos por casetones) entre ellos.

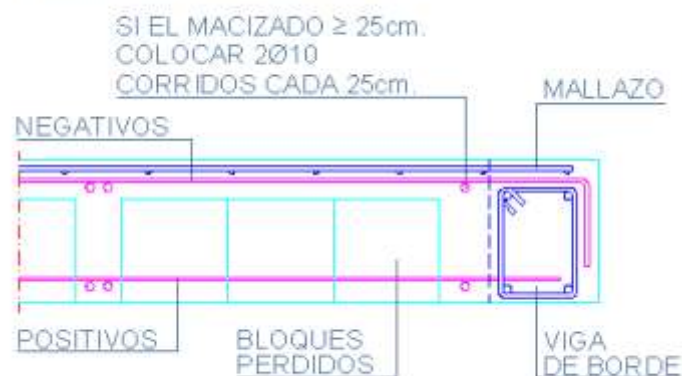


Componentes y características:

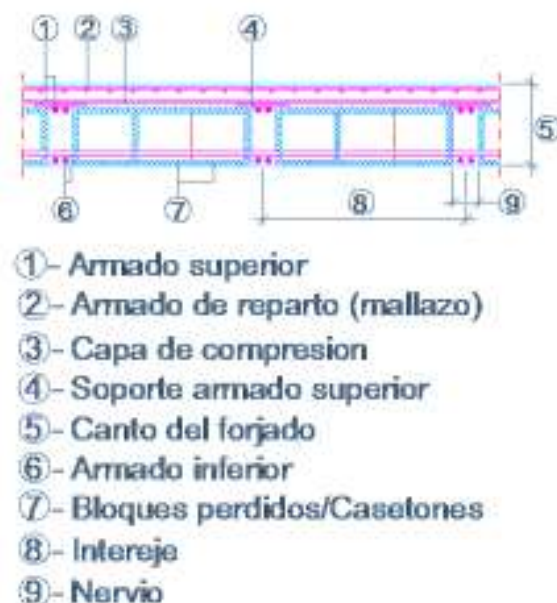
- **Casetones:** Son moldes (que pueden ser recuperables o perdidos) generalmente de forma cuadrada o rectangular, colocados formando una retícula. Pueden ser de plástico, fibra de vidrio o incluso poliestireno. Su función es crear huecos en el hormigón para aligerar peso, dejando nervios (vigas) cruzadas.
- **Nervios y casetones:** Al colocar casetones en filas y columnas, los espacios entre ellos (por todos los lados) se llenan de hormigón formando nervios en ambas direcciones. Esto da rigidez en las dos direcciones, a diferencia del unidireccional.
- **Capiteles o zonas macizas sobre pilares:** En los encuentros con pilares, a menudo se deja un área sin casetón (o con casetón más bajo) para crear un **capitel**. El capitel es un ensanchamiento de hormigón más grueso alrededor del pilar, que sirve para reforzar esa zona y distribuir mejor las cargas (evitando punzonamiento).

- **Encofrado base:** Toda la extensión del forjado necesita un fondo continuo para soportar los casetones y recibir el hormigón de los nervios y capa superior.

FORJADO RETICULAR



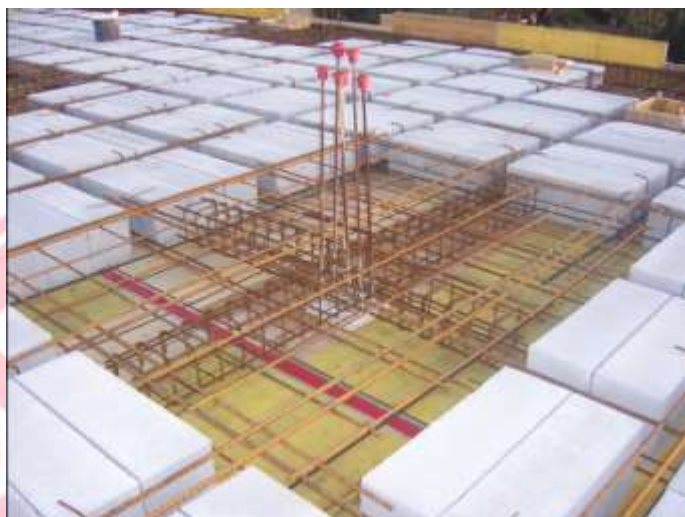
SECCION FORJADO RETICULAR



Fases y operaciones principales para un forjado bidireccional:

1. **Cimbra o apuntalamiento completo:** Similar al caso unidireccional, se monta una cimbra (apuntalamiento temporal) cubriendo todo el techo. Se suele colocar un entarimado o tableros continuos cubriendo la zona (a diferencia del unidireccional con bovedillas, aquí podríamos necesitar tablero en todo, si los casetones son recuperables). Sobre esta base temporal se marcará la cuadrícula de casetones.
2. **Colocación de casetones:** Se distribuyen los casetones según el modulado del plano estructural (por ejemplo, casetones de 80x80 cm, dejando nervios de 10 cm entre ellos, etc.). Si los casetones son recuperables, típicamente son de plástico o metálicos con forma de cubeta invertida. Se suelen atar entre ellos o fijar de alguna manera para que no floten cuando se vierta el hormigón. Si son de poliestireno (tipo perdida), simplemente se colocan alineados. Es crucial mantener una cuadrícula regular y prever *pasos de hombre* (huecos puntuales entre casetones) para poder luego retirar los moldes si son recuperables.

3. **Encofrado de vigas y perímetros:** Alrededor de toda la retícula, y donde haya vigas de borde o elementos especiales, se colocan tableros encofrando esos lados. Si la losa reticular conecta con vigas perimetrales, esas vigas se encofran igual que una viga normal (cajón con base y costados). Los casetones en los extremos normalmente tocan esos costeros. También se definen (con divisores si es necesario) las cajas de capiteles: por ejemplo, alrededor de cada pilar se podría poner un marco que impide que un casetón esté muy cerca, dejando un hueco central para sólido.



4. **Colocación de armaduras (nervios y superior):** En un reticular, las armaduras se colocan en dos direcciones:
- **Armadura de nervios:** Barras longitudinales que correrán dentro de cada nervio entre casetones. Suelen ser 2 barras por nervio (superior e inferior en el nervio, o según cálculo). También se ponen estribos (es decir, cercos de acero) que envuelven esas barras y quedarán embebidos en cada nervio, normalmente cerrando el contorno del nervio entre casetones para darle confinamiento.
 - **Armadura superior (negativos):** Por encima de los casetones, especialmente sobre los apoyos (pilares), se coloca malla o refuerzo superior para resistir los momentos negativos (tendencia a fisurar arriba sobre los pilares). Suele ser una malla cuadrada de barras que va por todo el forjado, con refuerzos adicionales en zonas de pilar.
 - **Punzones o refuerzo de capitel:** Si hay capiteles o drop-panels, se ponen armaduras extras (barras en doble cuadrícula, etc.) en esas zonas.
 - **Separadores:** Se usan separadores plásticos o metálicos para mantener las barras en su lugar dentro del nervio (evitando que toquen el fondo del encofrado o los casetones).
5. **Revisión pre-hormigonado:** Se comprueba:
- Que los casetones estén todos en su sitio, firmes y limpios.

- Que las armaduras estén correctamente colocadas y atadas, con sus recubrimientos garantizados.
- La cimbra esté bien nivelada y no haya espacios por donde pudiera fugarse la lechada de cemento (si hay, se sellan con tiras de espuma o madera).
- Los encofrados de borde, vigas y capiteles firmes y bien sujetos.

6. **Hormigonado del reticular:** Este suele ser un proceso cuidadoso:

- Se inicia vertiendo hormigón en los nervios (las "calles" entre filas de casetones). Se alterna para no generar demasiada presión de un solo lado. El hormigón fluirá alrededor de los casetones llenando todos los huecos entre ellos.
- A medida que sube el nivel, se va también cubriendo la parte superior de los casetones hasta alcanzar la altura de la capa de compresión diseñada.
- Es muy importante vibrar el hormigón con agujas en los nervios para que no queden bolsas de aire debajo de los casetones. El vibrador hay que introducirlo en los pasillos entre casetones.
- Se debe controlar que los casetones **no floten**: si no están bien fijados, la flotabilidad del hormigón fresco puede hacer que un casetón ligero (como uno de plástico) suba. Por eso a veces se colocan pesos encima o se atan con alambre a la cimbra. El operario vigila que ninguno se desplace.
- Se acaba de nivelar la superficie superior como una losa normal, alisándola o simplemente dejándola nivelada (según si será piso directo o recibirá otro pavimento).

7. **Fraguado y cuidados:** Igual que cualquier hormigonado, se deja fraguar, protegiendo del sol o frío según haga falta. La losa reticular puede tardar varios días en alcanzar suficiente rigidez para ser pisada con seguridad.

8. **Desencofrado:**

- Se retiran primero los paneles de los costados y se desatornillan los sistemas de fijación de casetones (si los hay).
- Si los casetones son recuperables, se retiran uno a uno. Normalmente, a los pocos días (2-3 días) se pueden desmoldear cuidadosamente: como los nervios ya crearon rigidez, se puede acceder y sacar los casetones (por eso se dejaban *pasos de hombre* para poder meterse y desengancharlos). Cada casetón recuperado se limpia y almacena para el siguiente tramo.
- Luego, más adelante, se quita la cimbra general (puntales, tablas del fondo). Esto suele esperar un poco más que en el unidireccional, puesto que aquí la losa es más compleja y se suele ser conservador con los plazos. A veces se deja reescorado algunos puntos críticos hasta 28 días.
- Tras quitar todo, queda a la vista la cara inferior: una cuadrícula de nervios sobresalientes con casillas vacías (si los casetones eran recuperables) o rellenas de poliestireno (si eran perdidos). Esa es la apariencia clásica del techo reticular.



9. **Acabados posteriores:** La cara inferior de un reticular a menudo se **enlucirá** con yeso o mortero para darle planicidad (sobre todo si quedaron alveolos de moldes recuperables). Alternativamente, hay edificios donde se deja visto ese techo reticulado como estética industrial.

Ventajas didácticas a recalcar: Los forjados bidireccionales permiten *mayores luces* (espacios entre pilares) y soportar más carga con menos espesor comparado con una losa maciza, gracias a su geometría. Sin embargo, su encofrado es más laborioso por los casetones y la cimbra total. Requiere atención extra en la colocación simétrica de los casetones y vibrado.

Losas macizas – Fases y operaciones

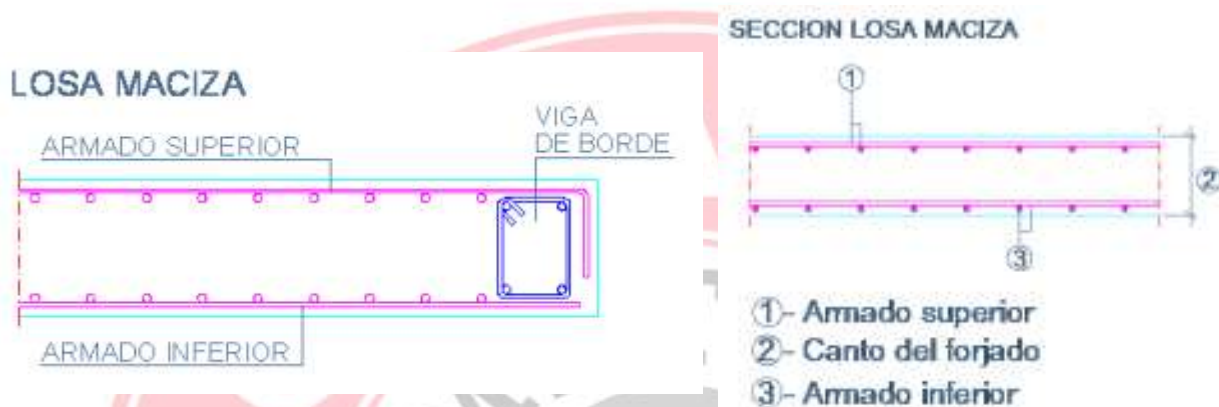
Una **losa maciza** es una placa de hormigón armado continua, de espesor uniforme, sin aligeramientos internos. Viene a ser como un gran "piso" sólido de hormigón y acero. Soporta cargas en múltiples direcciones (es más **isótropa**, trabaja en todas direcciones similar a un bidireccional) pero, al no tener casetones, pesa más. Se utiliza en situaciones donde el espesor no es un problema o se requieren superficies totalmente macizas (por ejemplo, losas de cimentación, o losas de entrepiso cuando las cargas son grandes o la modulación de pilares es irregular).



Componentes y características:

- **Estructura de encofrado completa:** Para vaciar una losa maciza, hay que montar un fondo de encofrado continuo cubriendo toda la superficie deseada, sostenido por una cimbra de puntales. No hay elementos perdidos (salvo quizá algún tubo para dejar huecos de instalaciones, etc., pero esencialmente es todo hormigón).

- **Armaduras inferiores y superiores:** Las losas macizas llevan acero distribuido a lo largo y ancho. Se suele colocar un mallazo o barras a un cierto espaciamiento en la cara inferior de la losa (para los momentos positivos en centro de vano) y otra distribución de barras en la parte superior (para momentos negativos sobre apoyos). Pueden haber dos capas de mallazo si es muy espesa.
- **Capiteles o gotas (en columnas):** A veces, para mejorar el comportamiento sobre pilares, se engrosa la losa localmente con una "gota" alrededor de la cabeza de la columna (similar a un capitel pero integrando la losa). Eso requiere encofrar una especie de cono o pirámide invertida suave, lo cual es un detalle adicional.



Fases y operaciones principales para una losa maciza:

1. **Cimbra y entablado completo:** Se instala un **sistema de puntales** bajo toda el área de la losa, con sus sopandas y vigas secundarias, de forma similar a lo descrito en el forjado unidireccional pero ahora como no hay bovedillas que queden, se suele cubrir con un **tablero continuo**. Por ejemplo, tableros fenólicos de 2x1 m se apoyan sobre las vigas secundarias formando el "cielo raso" del encofrado. Todas las uniones se sellan o encajan bien para que no haya fugas de lechada.
2. **Encofrado de bordes:** Se colocan tableros verticales a lo largo del perímetro para contener el hormigón. Estos definen el espesor de la losa (la altura de estos tableros será el grosor de la losa diseñada, p.ej. 20 cm). Se sujetan con soportes o con la misma cimbra (clavados a vigas secundarias, etc.). También cualquier hueco previsto (por ejemplo, hueco de ascensor, hueco de escalera) se encofra en su perímetro.
3. **Aplicación de desencofrante:** Con el fondo montado, se suele untar o rociar aceite desencofrante sobre la cara interna (especialmente en los tableros fenólicos) para facilitar luego el desmontaje. Esto también aplica a los costeros. Este paso suele hacerse ahora para no olvidarlo antes de poner las armaduras.
4. **Colocación de armadura inferior:** Se monta la red de acero de la losa. Por lo general:

- Se ponen *separadores de plástico* (tipo pequeñas sillas) sobre el fondo a distancias regulares, que servirán para apoyar las barras de la capa inferior a cierta altura (garantizando recubrimiento inferior).
 - Se disponen las barras inferiores: pueden venir en mallas soldadas (rollos o paneles de mallazo) o barras sueltas. Suelen colocarse a cierta distancia (ej: cada 15 cm) en dos direcciones, formándose una retícula. Si son mallas, se solapan entre sí unos cuadros para continuidad.
 - Estas barras se atan con alambre para que mantengan su posición durante el hormigonado.
5. **Colocación de armadura superior:** Dependiendo de la luz entre apoyos, muchas losas llevan armadura también en su parte superior sobre los apoyos (encima de vigas ocultas o sobre columnas) para resistir tracciones por momentos negativos. Esta armadura superior se coloca después de la inferior:
- Puede ser igualmente una malla superior, dispuesta pero dejando espacio (hay que crear un *doble nivel de armadura*).
 - Para mantener dos niveles de armadura separadas, se utilizan unos separadores denominados **zig-zag** o "carretes", que son figuras de acero en forma de N acostada, que se apoyan sobre la capa inferior y sostienen la capa superior a la altura correcta. Alternativamente, se montan pequeñas patas de armadura hechas en obra para ese fin.
 - Si la losa es muy espesa, cabrán operarios caminando *dentro* de la jaula de hierro; si es delgada, hay que tener cuidado al pisar las barras y es conveniente colocar tabloncillos temporales para distribuir el peso del operario.
 - Se aseguran distancias de recubrimiento tanto abajo como arriba (por ej., 3 cm de hormigón desde la barra hasta la superficie).
 - En zonas de columnas, se ponen refuerzos tipo "malla cuadrada densa" o parrillas extras para punzonamiento (porque en losas macizas, el punzonamiento en pilares es crítico).



6. Últimas comprobaciones:

- Verificar que no hay *huecos abiertos* por donde pueda escurrirse el hormigón (a veces se rellenan con espuma o trapos las rendijas).
- Confirmar que los niveles son correctos (espesor de losa uniforme, altura final alcanza la cota del proyecto).
- Chequear firmeza de la cimbra y accesos para el hormigonado (tablaos o pasarelas para moverse con la manguera de hormigón).
- Revisar que el desencofrante se aplicó, para no lamentarlo luego.

7. Hormigonado de la losa:

- Se suele hormigonar en franjas o por cuadrantes para controlar bien el proceso.
- La losa es continua, por lo que se echa hormigón empezando quizá por un extremo y avanzando.
- Es importante usar **vibradores** para que el hormigón se meta bien entre el denso enrejado de acero, evitando bolsas. Se vibra constantemente y se mueve el hormigón con rastrillos.
- Al ser horizontal, también se pasa una regla larga para *regarlar* (nivelar) la superficie, apoyándola en los costeros de encofrado o en referencias de nivel (clavos).
- A veces se emplea una técnica de *colado en dos capas* si la losa es gruesa: primero rellenar hasta la mitad, vibrar, luego completar. Pero normalmente se hace de una vez.
- Los operarios pueden literalmente flotar sobre el hormigón fresco con botas o apoyados en tabloneros para ir retirando imperfecciones.
- Una vez lleno todo, se puede dar un *fratasado ligero* a la superficie (si va a quedar vista como techo sin más recubrimiento) o simplemente dejarlo tal cual si luego se aplicarán solados encima.

8. Cura del hormigón:

Se protege la losa contra secado prematuro: cubriéndola con plásticos, regándola con agua de vez en cuando, o aplicando un producto de curado. Esto evita fisuras por retracción y asegura una buena resistencia.

9. Desencofrado gradual:

Para losas macizas grandes, el desencofrado sigue el criterio estructural:

- Nunca se quitan todos los puntales de golpe; primero, tras X días (lo que indique el técnico, a menudo 7 días o cuando alcanza cierta resistencia), se retiran paneles laterales y algunos puntales intermedios, manteniendo otros en posiciones críticas (generalmente bajo el centro de los vanos o cerca de mitad).
- Luego, a los 14 días, se pueden quitar más, dejando quizás solo puntales bajo cada centro de vano (recalces).
- Finalmente, a los 28 días (curado casi completo del hormigón), se retiran los últimos puntales. Estas cifras varían con el tipo de cemento, aditivos, etc., pero es la idea general de fases.



- Los tableros de fondo se despegan con cuidado, usando barretas o cuñas para soltarlos del hormigón (el desencofrante ayuda a que se suelten sin mucho esfuerzo).
 - En caso de capiteles o gotas, se retiran sus moldes según corresponda, usualmente junto con el resto.
10. **Acabados:** La cara inferior de una losa maciza es lisa si se usó buen tablero fenólico. Normalmente, de todos modos se enlucirá o pintará. Las juntas entre tableros pueden notarse como líneas finas; se rellenan si fuese necesario. La superficie superior va a ser piso de la planta superior, por lo que se nivelará con mortero si hubiese irregularidad o se colocará directamente solado, etc., en fases posteriores.

Comentario didáctico: Las **losas macizas** son conceptualmente más sencillas de encofrar que los forjados con piezas (no hay casetones ni bovedillas), pero requieren **más material de encofrado** (todo el fondo es continuo) y más atención en la cantidad de puntales, ya que el peso de la losa entera recae en la cimbra. Suelen usarse cuando se necesita robustez o cuando la modulación no encaja con viguetas repetitivas.

4.3. ENCOFRADOS VERTICALES

Los **encofrados verticales** son los utilizados en la construcción de elementos estructurales que se elevan verticalmente, tales como **muros, columnas, pilares, pilas de puente, paredes de sótano**, etc. También abarcan elementos inclinados como pilares en rampa, pero en general cualquier elemento donde el hormigón presiona lateralmente.



A diferencia de los encofrados horizontales, donde la carga principal es vertical (peso del hormigón), en los verticales la carga más significativa es la **presión lateral** que el hormigón fresco ejerce contra las paredes del molde. Esta presión puede ser muy alta en la base (por la altura de hormigón) y disminuye hacia la cima, similar al comportamiento de un líquido denso antes de fraguarse. Por ello, los encofrados verticales requieren sistemas de anclaje y refuerzo para que los paneles no se abran ni deformen durante el vertido.

En esta sección abordaremos:

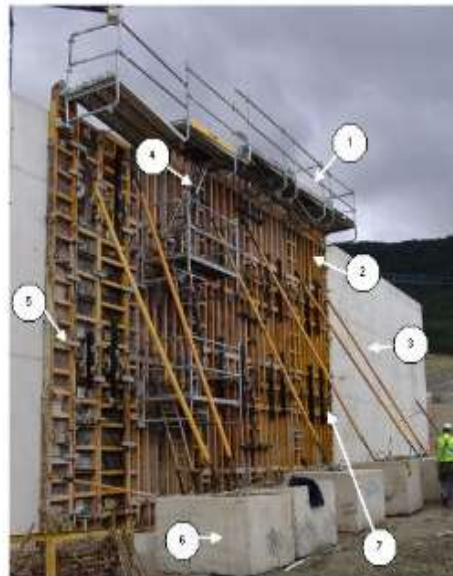
- Los elementos y materiales característicos de estos encofrados.
- Cómo se lleva a cabo el montaje de un encofrado vertical y qué herramientas o equipos se emplean.

- Las fases de colocación de la armadura dentro del encofrado (ferralla).
- El proceso de hormigonado en vertical, con sus medios auxiliares.
- Finalmente, cómo se realiza el desencofrado de los elementos verticales.

4.3.1. ELEMENTOS Y MATERIALES

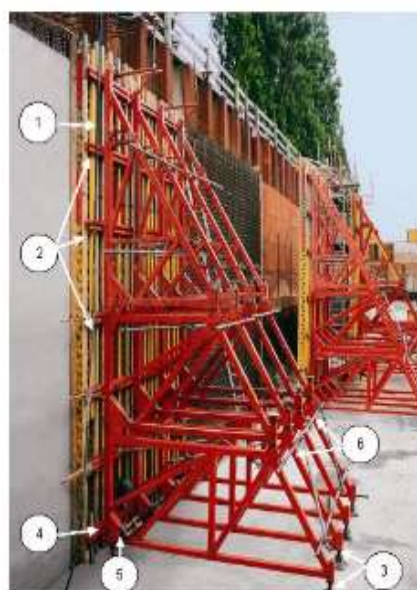
Los encofrados verticales pueden ser muy diversos: desde moldes simples de madera hechos en obra para pequeñas zapatas, hasta grandes sistemas trepantes en rascacielos.

1	Consola de trabajo
2	Panel
3	Elementos estabilizadores
4	Accesos
5	Grapas
6	Elemento auxiliar de apoyo del apuntalamiento
7	Rigidizadores



Principales componentes en encofrado vertical para muro a dos caras, con medios de acceso integrados y elementos auxiliares de apoyo, al tratarse de un suelo de consistencia blanda

1	Panel
2	Vigas sobre paneles
3	Escuadra, elemento estabilizador
4	Viga tirante
5	Anclaje perdido
6	Barra riostra



Principales componentes en encofrado vertical para muro a una cara, donde las escuadras, según disposición tipo batache, descargan la presión en la losa hormigonada ejecutada con anterioridad.

Sin embargo, aquí nos centraremos en los elementos básicos presentes en la mayoría de encofrados verticales convencionales:

- **Paneles de encofrado vertical:** Son las "paredes" internas del molde. Suelen venir en módulos rectangulares. Pueden ser:
 - **Paneles metálicos con chapa y marco:** típicos de sistemas modulares (por ejemplo, de 90x150cm, 60x300cm, etc.), con marco de acero y superficie de chapa o fenólico. Tienen agujeros para pasar barras de anclaje.
 - **Tableros de madera y puntales:** en soluciones artesanales, se usan tablas verticales forrando la cara del muro, sostenidas por listones horizontales (llamados *costeros* o *vigas de amarre*) y puntales diagonales.
 - **Sistemas trepantes:** paneles grandes que se mueven de tramo en tramo (en obra civil, pero es un nivel más avanzado).
- **Elementos de unión de paneles:** Para formar una pared larga, varios paneles modulares se unen por sus bordes mediante:
 - **Grapas de encofrado:** piezas metálicas que abrazan los bordes de dos paneles y se cierran con cuñas.
 - **Pernos y tuercas de alineación:** en algunos sistemas, se usan bulones pasantes con tuercas mariposa.
 - **Clavos/tornillos:** en sistemas de madera, los tableros se clavan a listones comunes.
- **Barras de anclaje (tirantes):** Uno de los elementos más característicos de muros y pilares encofrados. Son barras de acero roscadas (normalmente Ø15mm o Ø17mm) que atraviesan el encofrado de lado a lado (en muros de doble cara). Se insertan a través de tubos pasantes de plástico que quedan en el hormigón, y por fuera de los paneles se aseguran con tuercas y placas. Al apretar las tuercas, **mantienen los dos paneles opuestos a la distancia exacta** (espesor del muro) y contrarrestan la presión del hormigón evitando que los paneles se separen. Tras fraguar, se aflojan y retiran, pudiendo reutilizarse, quedando solo el tubito plástico dentro del muro (que luego se sella con tapones).
- **Tornapuntas o puntales inclinados:** Son soportes oblicuos que unen los paneles a la base (suelo o losa) para mantenerlos verticales (aplomo) y estables antes y durante el vertido. Por un extremo se fijan al panel mediante una abrazadera o bulón, y por el otro se anclan con un perno a una base firme (puede ser el suelo de hormigón mediante un taco, o un contrapeso si no hay suelo fijo). Suelen ser telescópicos para ajustar la inclinación hasta dejar el panel perfectamente vertical. Se colocan varios por panel, típicamente cada 2-3 metros.
- **Consolas y plataformas:** En muros de cierta altura, se instalan plataformas de trabajo apoyadas en el propio encofrado. Son como balconcitos que permiten a los operarios caminar y verter hormigón desde arriba del encofrado, o vibrar y revisar. Constan de ménsulas metálicas fijadas a los paneles (llamadas *consolas*) y tabloncillos que forman el piso. Llevan barandillas por seguridad. Algunas consolas usan huecos de las barras de anclaje para sostenerse.
- **Cierres o juntas:** Se refiere a cómo terminan los paneles en los extremos:



- **Esquinas:** Para hacer una esquina de muro (90°), existen paneles especiales de esquina o se hace con dos paneles unidos por piezas angulares.
- **Juntas de elevación:** Si el muro es muy largo, puede que no haya panel continuo; se encadenan uno tras otro, con grapas.
- **Sistemas de sello:** Se coloca espuma, cinta o madera en las uniones panel-panel para que no salga pasta de hormigón por las rendijas muy grandes.
- **Materiales habituales:** Al igual que en horizontales, la combinación más típica es **metal+madera** (marcos de acero con chapas o tableros fenólicos atornillados). En obras pequeñas sigue usándose **madera** (tablas, tablones, puntales de madera), aunque cada vez menos por temas de seguridad y eficiencia. **Plástico/fibra** existe en paneles modulares ligeros para pequeñas empresas o bricolaje. Si se usa encofrado de madera, las piezas claves son: tablones, tableros contrachapados, listones (para costillas de refuerzo) y clavos.
- **Otros accesorios:**
 - **Separadores de armadura:** Piezas que mantienen la varilla de acero separada del encofrado, garantizando el recubrimiento de hormigón. En muros se usan "conitos" o bloques plásticos que dejan la varilla centrada.
 - **Ventanas de vertido:** Algunos encofrados modulares tienen pequeñas compuertas en la parte inferior para poder limpiar restos o incluso iniciar el vertido de hormigón por abajo en algunos casos. No siempre se usan, pero existen.
 - **Bridas y flejes:** En soluciones improvisadas, se pueden usar alambres recocidos gruesos o flejes metálicos para ceñir un encofrado que no tenga sistema de barras (por ejemplo, un pilar pequeño, se envuelve con alambre tensado).
 - **Vibradores de pared:** A veces se fijan vibradores externos a los paneles para facilitar la compactación (esto es más en sistemas industriales).

Resumiendo, los elementos de un encofrado vertical son aquellos que configuran la **forma lateral** del hormigón (paneles) y los que **mantienen esa forma contra la presión** (barras y tornapuntas). Los materiales pueden variar, pero la lógica es la misma: algo que moldea (madera/metal) y algo que aguanta (acero/puntales).

4.3.2. MONTAJE DEL ENCOFRADO

El **montaje del encofrado** vertical se refiere al proceso de ensamblar todos los componentes anteriormente descritos para dejar listo el molde en que se vaciará el hormigón. Veremos qué significa montar un encofrado, y qué medios auxiliares y equipos se utilizan típicamente.



Definición

Montaje de encofrado: consiste en la **unión de los paneles o elementos** unitarios hasta formar el conjunto deseado (por ejemplo, la caja para un pilar o las dos caras de un muro) en la posición requerida. Incluye su nivelación, aplomado y fijación segura. Montar un encofrado vertical implica:

- **Ubicar** correctamente los paneles o tablas según las medidas del plano (por ejemplo, marco donde irá un muro, con sus dimensiones de largo y alto).
- **Armar la forma** uniendo las piezas (con grapas, clavos u otros conectores).
- **Asegurar las distancias** (usando separadores y barras de anclaje para mantener el espesor).
- **Nivelar y alinear:** dejarlo vertical, a la cota base que toca, y recto en planta (alineado con ejes de replanteo).
- **Anclar y estabilizar:** fijar tornapuntas, apretar anclajes, para que el encofrado no se mueva con el hormigonado ni con el viento.
- **Revisar** juntas, aplicar desencofrante, y en general comprobar que está apto para recibir la ferralla y luego el hormigón.

En resumen, es **construir el molde**. Se trata de un trabajo que combina habilidad manual (ensamblar piezas, atornillar, clavar) con interpretación de planos (saber dónde y cómo va cada panel) y nociones de geometría (nivel, plomo, escuadra).

Medios auxiliares

Por **medios auxiliares** entendemos todos aquellos elementos que facilitan o permiten realizar el montaje pero que no son parte integrante permanente del encofrado. Para montar encofrados verticales suelen usarse:

- **Andamios o plataformas temporales:** Si se va a montar un panel a cierta altura (ejemplo: la parte alta de un muro de 3m), el operario necesita apoyarse en algo. Pueden utilizarse borriquetas con tablonces, pequeños andamios modulares, o las mismas **consolas de trabajo** incorporadas al encofrado (éstas una vez fijadas ya forman parte del sistema). Mientras no estén, se recurre a plataformas de trabajo portátiles.
- **Equipos de elevación manual:** Polipastos, cabrestantes o simplemente cuerdas. Para manipular paneles o tablas pesadas, se pueden usar poleas ancladas a algo firme que ayuden a izarlos. En obra menor, dos o tres operarios levantan a pulso paneles de tamaño moderado; en obra mayor, se usan grúas (ver siguiente apartado).
- **Elemento de replanteo:** Previamente suele haberse marcado en el suelo la posición del elemento (por ejemplo, líneas de tiza o pintura en el piso indicando por dónde va el muro). Esto guía a los montadores. También se pueden colocar unas reglas de madera fijadas al suelo a lo largo de la línea del muro para apoyar los paneles base de forma alineada.
- **Apuntalamientos provisionales:** Antes de cerrar completamente un encofrado, tal vez se pongan puntales interiores temporales para que un panel no se caiga. Por ejemplo, al armar un encofrado de un pilar cuadrado de tablas: se pone una tabla, luego otra en perpendicular, puede que se clave un listón diagonal provisional para que no se cierre mal, etc. En muros, se coloca una cara primero, esa se estabiliza con tornapuntas, luego se coloca la otra.
- **Herramientas de medición y nivelación:** Un nivel de burbuja, una plomada o un nivel láser son auxiliares fundamentales. Con la plomada o nivel se comprueba que el panel esté vertical. Con cintas métricas se aseguran distancias entre caras. Actualmente es común el nivel láser para verificar alturas constantes o aplomos simultáneos en varios puntos.
- **Puntas de anclaje en suelo:** Los tornapuntas necesitan anclarse abajo. A veces, se preinstalan *tacos de expansión* en el suelo de hormigón (si ya hay solera o losa) en los puntos calculados. Estos tacos (pernos metálicos expansivos) son un medio auxiliar que luego se puede retirar al final. En ausencia de suelo firme, se lastran bases (por ejemplo, poniendo un saco de arena pesado sobre el pie del tornapunta).
- **Mesas o caballetes para pre-montaje:** En obra organizada, los paneles modulares pueden pre-montarse en el suelo en secciones más grandes. Para ello



se usan caballetes: se colocan paneles en el suelo horizontalmente, se unen formando un paño mayor, y luego ese paño se eleva con grúa (medio de maquinaria) ya unido. Esto ahorra trabajo en altura.

- **Iluminación y señalización:** Si se trabaja en zonas oscuras (interiores de sótano, atardecer) se requerirá iluminación portátil (focos de obra) para ver bien los encajes. La señalización no es tanto en montaje, pero es auxiliar en el sentido de acotar la zona para que no entren personas ajenas y evitar accidentes.

En síntesis, los medios auxiliares son todos aquellos soportes, marcas, anclajes temporales y herramientas que nos ayudan a montar de forma **segura, precisa y eficiente** el encofrado antes de echar el hormigón.

Maquinaria y equipos

En montajes de encofrados verticales, sobre todo en elementos de cierta envergadura, es común apoyarse en **maquinaria** para manipular los materiales pesados. Algunos equipos que se suelen emplear:

- **Grúa torre o grúa móvil:** La grúa es prácticamente indispensable en estructuras de edificios medianos o grandes. Los paneles modulares de encofrado de muro suelen tener *ganchos de izado* en su parte superior para acoplar la eslinga de la grúa. Con la grúa se pueden:
 - Mover paneles desde el punto de acopio hasta el lugar de montaje.
 - Sostener paneles en posición mientras los operarios los fijan (por ejemplo, levantar una cara de encofrado de 6m de largo y mantenerla vertical hasta que se ponen los tornapuntas).
 - Extraer o desencofrar paneles pegados al hormigón (un leve tirón vertical ayuda a desmoldar).
 - Colocar conjuntos premontados, como mencionamos (medio muro ya armado se coloca de un viaje).



- **Carretilla elevadora o Manitou:** En obras con accesos, se usa también manipulador telescópico o carretillas para transportar paquetes de paneles o madera hasta la zona de trabajo. No arman el encofrado pero facilitan llevar los materiales.
- **Taladros atornilladores:** Para ajustar los sistemas de fijación (si llevan tornillos) o instalar anclajes, se usan taladros eléctricos o a batería. Por ejemplo, para fijar los tacos de un tornapunta al suelo, se perfora con taladro percutor y se coloca el perno.
- **Llaves de apriete y barras de tensión:** Las barras roscadas de anclaje se aprietan con llaves (de tipo fija grande o de carraca) adaptadas a sus tuercas. A veces se usan barras tipo palanca insertadas en los agujeros de mariposas para dar el apriete final. Estas herramientas no son maquinaria pesada, pero son equipo imprescindible para lograr la tensión correcta en los anclajes.
- **Equipos de corte y ajuste:** Una sierra circular o caladora para cortar un tablero de madera a medida, una radial (amoladora) para cortar un puntal a la medida deseada, etc., son equipos de apoyo durante montaje si hay que adaptar algo.
- **Vibrador externo (en casos):** Mencionado antes, no es para montar, pero a veces se fija un vibrador a un encofrado metálico. Es un aparato mecánico que se atornilla al panel y vibra toda la estructura, ayudando a asentar el hormigón. Esto es más durante el vertido que en montaje, pero su fijación requiere un operario y llave.
- **Equipos de protección colectiva:** Aunque no maquinaria, es fundamental: barandillas en las consolas de trabajo, redes si se trabaja en altura, etc., se instalan durante el montaje para que al hormigonar y desencofrar nadie esté expuesto a caídas.
- **Pequeña polea (garrucha):** Si no hay grúa, se puede instalar una garrucha en la parte superior de una columna ya construida para izar paneles a mano con cuerdas.

Ejemplo práctico: Montar el encofrado de un muro de 3 metros de alto y 5 metros de largo:

- Se replantea su posición.
- Grúa coloca los paneles base cerca.
- Operarios en plataforma colocan el primer panel de un extremo, lo apoyan en su base (sobre unas cuñas para ajustar altura a nivel deseado).
- Lo sujetan con dos tornapuntas al suelo (taladrando y anclando).
- Grúa o mano coloca el siguiente panel contiguo, se grapa al primero.
- Así hasta completar la primera cara (5m de largo).
- Colocan distanciadores (espaciadores plásticos en varillas en el suelo cada X metros para asegurar espesor).
- Presentan la segunda cara: seguramente la grúa ayuda a sostener mientras se pasan las barras de anclaje alineando con los agujeros.
- Aprietan tuercas de barras, que ya mantienen todo junto.



- Colocan tornapuntas a la segunda cara también para a plomo.
- Verifican ancho con metro en varios puntos, verticalidad con nivel.
- Montan consolas arriba para luego hormigonar.
- ¡Listo para ferralla y hormigón!

4.3.3. COLOCACIÓN DE ARMADURAS

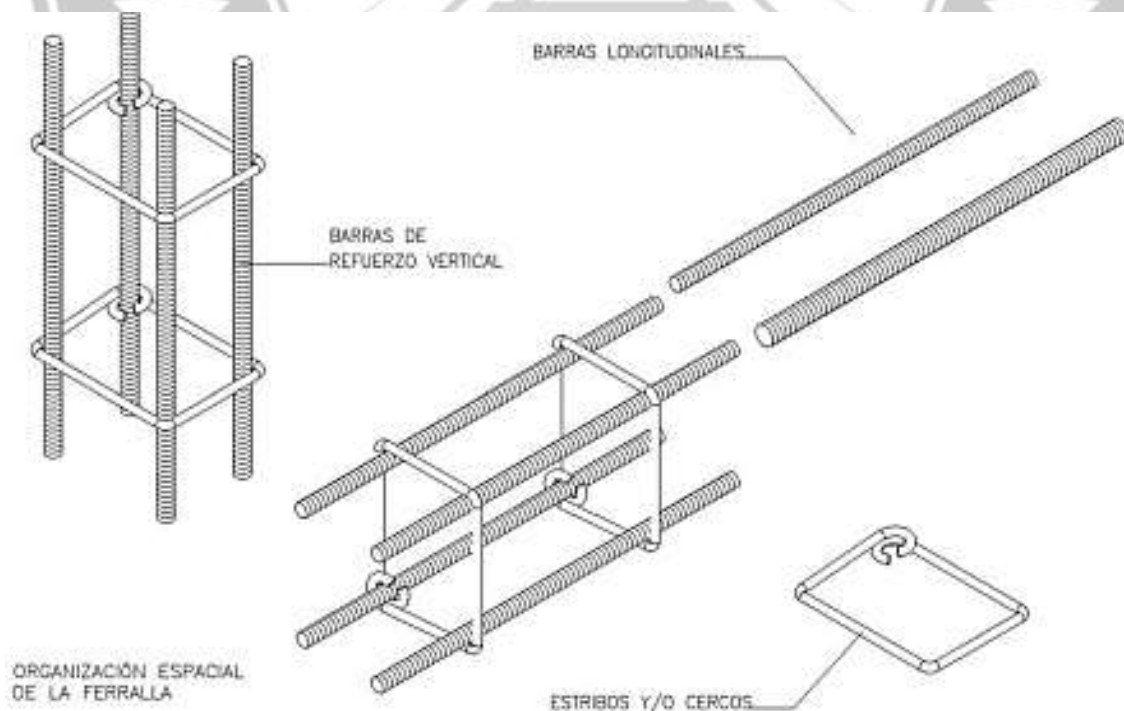
Antes del hormigonado, dentro del encofrado se deben colocar las **armaduras** de acero (ferralla) que darán resistencia a tracción al elemento. La **colocación de armaduras** es un paso crítico que suele realizarse tras montar (al menos parcialmente) el encofrado vertical. A veces se coloca toda la armadura y luego se cierra el encofrado, dependiendo del elemento. Veamos en detalle:

Definición

Colocación de armaduras se refiere a las operaciones necesarias para **instalar las barras de acero** (corrugado) en la posición exacta dentro del elemento estructural, cumpliendo con el diseño (número de barras, diámetros, separaciones, recubrimientos, solapes, estribos, etc.). En la práctica, la armadura suele llegar a obra de dos formas:

- **En barras sueltas o rollos:** que el ferrallista en obra corta, dobla y monta in situ.
- **En armados prefabricados (armaduras armadas):** por ejemplo, armaduras de pilares ya elaboradas en taller (la jaula de varillas con sus estribos).

En cualquiera de los casos, la **colocación** implica situar esa ferralla dentro del encofrado de manera que quede fija y no se mueva cuando vertamos el hormigón.



Pasos generales:

- **Llevar la armadura al sitio:** Las barras largas o las armaduras montadas se transportan hasta la zona del encofrado (a mano o con maquinaria si son pesadas).
- **Introducir la armadura en el encofrado:** Según el tipo de encofrado:
 - En columnas/pilares: muchas veces la jaula de acero se monta primero (4 barras verticales con estribos formando un cuadrado) y luego se colocan los paneles alrededor. Otras veces, si el encofrado de la base está abierto, se puede introducir por arriba.
 - En muros: generalmente se arma una cara del muro con una malla de barras verticales y horizontales, luego se monta la otra cara de encofrado, y después se añade la malla del otro lado. O se montan las dos mallas de acero antes de cerrar completamente los paneles. Depende del método, pero el objetivo es que queden dos capas de acero dentro del muro (una cercana a cada cara) unidas por separadores, todo dentro antes de verter.
- **Asegurar la posición:** Se utilizan **separadores de hormigón o plástico** para garantizar el recubrimiento (la distancia de la barra a la cara del encofrado, que suele ser 2-3 cm en pilares, 4 cm en muros exteriores, etc.). Estos separadores se colocan en las barras y apoyan contra el encofrado, así cuando se vierta el hormigón, las barras no tocarán la pared del molde.
- **Atar las barras:** La armadura se "amarra" con alambre recocido en sus intersecciones o uniones para que mantenga la forma. Ejemplo: atar las barras horizontales a las verticales en un muro para que quede como una malla. O atar firmemente los estribos de un pilar a las barras longitudinales para que no se suban o bajen.
- **Colocar armaduras especiales:**
 - Colocación de **esperas**: Si del elemento han de salir barras para empalmar con futuras estructuras (por ejemplo, esperas en la cima de un pilar para conectar con el forjado), se colocan en la posición indicada (a veces pasándolas por orificios predefinidos en el encofrado, llamados *pasamuros*).
 - **Conexiones y embebidos**: Si el muro va a tener insertos (placas de anclaje, pasadores, conductos) se instalan junto con la armadura.
 - Arquetas o cajas eléctricas en muros (dejar huecos), se fijan en la armadura con alambre para que queden en sitio.
- **Revisar solapes y anclajes:** Si una varilla no alcanza todo el largo, se solapa con otra un tramo definido (p. ej. 40 veces el diámetro). Es fundamental revisar que los solapes estén donde no molestan (espacio suficiente) y bien atados para no abrirse.
- **Última comprobación:**
 - Que la armadura no entorpezca la colocación de la cara faltante del encofrado (si se pone después).



- Que los separadores estén en número suficiente (normalmente se ponen cada 50 cm aprox en cuadrícula).
- Que las barras tengan cobertura de hormigón (ej: no haya ninguna a 1 mm del encofrado, porque eso sería un error, tiene que estar separada).
- Si hay barras de anclaje pasantes (los tirantes de anclaje de encofrado), comprobar que su localización no choca con alguna varilla principal; a veces hay que "jugar" separando un poco la ferralla localmente para dejar espacio al tubo pasante de esos anclajes.

Medios auxiliares

Para colocar armaduras dentro de encofrados verticales, los operarios cuentan con varios medios auxiliares:

- **Caballetes o plataformas internas:** Si el elemento es muy alto (por ejemplo, un muro de 4m) y abierto por arriba, se puede ingresar y necesitar algún apoyo interno para atar las partes altas de la ferralla. A veces se improvisan tabloncillos apoyados en partes del armado o se usan pequeños andamios móviles.
- **Soportes provisionales de armadura:** En muros, es común clavar unas pequeñas patillas o usar soportes para mantener la primera malla en pie antes de que esté el encofrado. Por ejemplo, unas varillas dobladas en L que se clavan al suelo de hormigón (o soldadas a una placa base) para sostener la malla vertical mientras se ata.
- **Separadores especiales:** Mencionados antes, son piezas plásticas (tipo estrella para columnas, tipo rueda para muros) que se enganchan a las barras y garantizan recubrimiento. Son auxiliares cruciales porque simplifican la tarea (ya no hay que medir cada distancia a mano, pones suficientes separadores y listo).
- **Ganchos o estribos colgantes:** A veces, para que la armadura no toque el fondo del encofrado, se cuelga de la parte superior. Ejemplo: en un muro, la malla se sujeta colgando de los propios anclajes de encofrado o de un travesaño, hasta que se vierte hormigón. Esto es más inusual, normalmente se resuelve con separadores de base de mortero.



- **Herramientas de ferrallista:** Clave para la colocación:
 - **Alicates de amarrar:** para torcer los alambres de atado rápidamente.
 - **Gancho de atar:** una herramienta manual o incluso pistolas de atado automáticas (estas últimas son máquinas a pilas que amarran alambre muy rápido).
 - **Llaves dobladoras:** un tubo o llave para hacer pequeñas dobleces in situ si hace falta acomodar una varilla.
 - **Cizallas manuales:** para cortar un alambre o varillas delgadas ahí mismo.
- **Grúa o polipasto para ferralla pesada:** En elementos grandes, las armaduras pueden pesar mucho. Por ejemplo, una celosía de ferralla para un pilar de puente se mueve con grúa y se introduce con cuidado. Entonces, la grúa otra vez es un medio auxiliar. Los trabajadores guían la jaula mientras la grúa la baja dentro del encofrado.
- **Iluminación y EPI:** Como siempre, si se trabaja dentro de un encofrado (que es un espacio confinado estrecho) se requiere casco, guantes (porque las varillas pinchan), y buena luz para ver dónde se pone cada alambre.

Un punto importante es la **coordinación**: La colocación de armaduras suele ser realizada por un equipo de ferrallistas, que debe coordinarse con el equipo de encofradores. Los medios auxiliares de uno pueden ser distintos a los del otro, pero en la práctica trabajan juntos. Ejemplo: el encofrador quizás deja una cara del encofrado sin cerrar para que el ferrallista meta las varillas. Ambos deben prever cómo no entorpecerse. Un medio auxiliar en común son por ejemplo **imanes fuertes**: se usan a veces para sujetar temporalmente una malla de acero contra un panel metálico ya montado (el imán sujeta la malla al panel hasta que se ponga separador definitivo).

Maquinaria y equipos

Algunos equipos y maquinaria intervienen en la colocación de armaduras, sobre todo por la manipulación de las barras:

- **Grúa torre / móvil:** Ya mencionado, para levantar pre-armados pesados (jaulas de pilares o secciones de muro armadas) y colocarlos en posición. Muchas veces, en pilares altos, la ferralla se arma horizontal en el suelo y luego la grúa la eleva a vertical para meterla en el encofrado (cuidando no deformarla).
- **Máquinas de corte y doblado de ferralla:** Estas suelen estar en obra o en taller. Si en obra, hay una cortadora (eléctrica) y una dobladora (para ganchos, estribos) que preparan las piezas. No actúan dentro del encofrado, pero su trabajo es previo y esencial para que la armadura llegue lista a montar.
- **Pistolas automáticas de atado:** Herramienta más tecnológica, es una especie de taladro que se coloca en la intersección de dos barras y en un segundo les ata un alambre tensado. Ahorra tiempo en mallas grandes.
- **Pequeñas grúas de taller o trípodes de elevación:** A veces, para bajar ferralla dentro de un encofrado profundo (imagina un pozo o depósito), se montan



trípodes con malacate, como si fuera rescate en espacios confinados, pero para meter material. Eso es rarísimo en edificación común, más de obra civil.

- **Equipos de soldadura (puntual):** En algunos casos se utiliza soldadura para unir barras (en armaduras estructurales no es lo habitual, solo en casos especiales o para armar jaulas rígidas que no se deformen al manipular). Si se suelda, se requiere una máquina de soldar (inversor) y obviamente un soldador calificado.
- **Vibrador auxiliar en ferralla:** Curiosamente, hay una práctica donde se usa un vibrador atado a la ferralla durante el hormigonado para ayudar a la compactación alrededor de varillas muy densas. No es exactamente maquinaria de colocación, pero se podría instalar en la fase de armado un vibrador interno que se activará durante vertido.

4.3.4. HORMIGONADO

Una vez montado el encofrado y colocada la armadura, viene la etapa crucial de **hormigonado**, que es el vertido del hormigón dentro del molde para formar el elemento estructural deseado. El hormigonado en elementos verticales tiene sus particularidades: la forma de vertido, la velocidad, la vibración, etc., que difieren en parte de un elemento horizontal.

Definición

Hormigonado es el proceso de **colocar y compactar el hormigón fresco** en el interior del encofrado. En el contexto de encofrados verticales, consiste en llenar el molde (muro, columna, etc.) con la mezcla de hormigón, de manera controlada para que quede completamente relleno, sin huecos ni segregaciones.



Características importantes del hormigonado vertical:

- **Continuidad:** Es preferible llenar el elemento de forma continua o en capas horizontales sin interrupciones largas, para evitar juntas frías (diferencia de capas fraguadas).
- **Altura de caída:** El hormigón no debe dejarse caer desde mucha altura libre dentro del encofrado, porque puede segregarse (las piedras se van al fondo y la pasta se separa). Por eso se limita la altura de vertido (generalmente < 2m). Si el elemento es alto, se hormigona por etapas o se usan mangueras para guiar la bajada.
- **Presión en encofrado:** Un vertido muy rápido lleno hasta arriba generará presión lateral elevada en la base (como un líquido). Encofrados fuertes resisten, pero igual se suele hormigonar en capas para que el hormigón comience a fraguarse por abajo y reduzca presión máxima.
- **Compactación:** Uso de vibradores de aguja para eliminar burbujas y asentar bien la mezcla, crucial para que no queden *nidos de grava* (espacios sin pasta).
- **Nivelado y acabado:** En un pilar o muro, el "acabado" fresco es simplemente nivelar la parte superior (rasante) y alisar si hará tope con otra pieza. En un muro por ejemplo, se pasa una regla por arriba al final para dejarlo plano. En columnas, a veces se embeben pernos u otros elementos en la cima mientras está fresco.

Medios auxiliares

Para realizar el hormigonado en vertical correctamente, se utilizan varios medios auxiliares:

- **Cubetas o canaletas de vertido:** En elementos accesibles, se puede verter hormigón desde una **cubeta** manejada por la grúa (llamada *cuba* o *bote de hormigón*). Esta cubeta tiene una compuerta que se abre para dejar salir el hormigón. Para dirigirlo mejor dentro del encofrado, se le acopla una **trompa o canaleta** que enfoca la salida hacia el interior, reduciendo la altura de caída libre.



- **Mangueras (tubería de bombeo):** Si se usa bomba de hormigón (lo común en grandes obras), el hormigón llega por una tubería flexible. En ese caso, la manguera se introduce en el encofrado hasta el fondo y se va retirando a medida que sube el nivel. Esa manguera es un medio auxiliar crucial: evita que el hormigón caiga desde arriba, pues lo entrega donde toca. Es manejada por uno o dos operarios que la sostienen con seguridad (pesa bastante cuando el hormigón fluye).
- **Embudos o tolvas de muro:** En encofrados de muro es usual instalar en la parte superior una especie de **tolva inclinada** que ayuda a dirigir el hormigón dentro sin salpicar. Puede ser algo improvisado con chapa o madera, o accesorios del sistema de encofrado que encajan en la parte superior.
- **Ventanas de vertido:** Algunos encofrados modulares tienen **ventanillas** en la parte baja o intermedia. Estas se pueden abrir para, en lugar de echar el hormigón desde arriba, echarlo por ahí llenando de abajo hacia arriba. Es un método menos usual, pero en ciertos casos (muros muy altos) se va por capas: se abre ventana baja, se llena hasta cierta altura, se cierra; luego más arriba. Estas ventanillas son un auxiliar integrado.
- **Vibradores de hormigón:** El vibrador de aguja es una herramienta, pero la podemos considerar un medio auxiliar indispensable. Lo hay de gasolina, eléctrico o neumático. El operario lo inserta repetidamente en el hormigón recién echado, en puntos espaciados (aprox cada 50-80 cm) y lo va subiendo lentamente. Esto liquida burbujas y asienta la mezcla contra las esquinas del encofrado y alrededor de la ferralla.
- **Personal con palas o varillas:** A veces, a través de la boca superior, se mete una varilla o pala para ayudar a distribuir el hormigón hacia rincones. Ejemplo: en una columna muy esbelta, el hormigón puede atascar, con una varilla se mueve para que fluya.
- **Control de vibración externa:** Si se notase que el encofrado sufre mucha presión, un auxiliar es *reducir la velocidad de vertido* (eso lo decide el jefe de obra). Por lo que un medio auxiliar intangible pero planificable es un reloj o un plan de tiempos: "echar en capas de 50cm, esperar 20 minutos, luego seguir".
- **Cubo de agua / manguera de agua:** Se suele tener agua disponible para lavar herramientas y también para humedecer ligeramente el interior del encofrado antes de hormigonar (si no se puso desencofrante suficiente). Un encofrado ligeramente húmedo evita que la madera seca absorba agua del hormigón. Este detalle es un auxiliar para la calidad.
- **Equipos de protección colectiva:** Como barandillas en las consolas, para que el que vierte no caiga. Y señalizar debajo que hay peligro de caída de objetos cuando se hormigona (alguna salpicadura o vibrador se puede caer).

Maquinaria y equipos

La fase de hormigonado en vertical involucra maquinaria importante:



- **Camión hormigonera:** Trae el hormigón desde la planta. Es esencial, aunque se puede considerar externo al equipo de obra. Este camión vierte el hormigón a la bomba o a la cuba de la grúa.



- **Bomba de hormigón:** Maquinaria que, a través de un tubo articulado, impulsa el hormigón hasta el punto deseado. Suele estacionarse el camión, y la **bomba pluma** hace llegar el hormigón hasta la zona superior del encofrado. Es muy usada en muros de sótano, forjados, etc., por su alcance.
- **Grúa torre/móvil con cuba:** Si no hay bomba, la grúa se encarga con la cuba de hormigonado. La **cuba** es un accesorio grande (de 500L a 2000L por ejemplo) que se acopla a la grúa. Tiene trampilla dosificadora. Requiere un operador de grúa coordinado con personal encofrando.
- **Vibradores de aguja:** Mencionados como auxiliares, realmente son equipos con motor. Pueden ser:
 - Eléctricos (con cable a un convertidor).
 - Neumáticos (en obras con compresor).
 - De gasolina portátiles.
 - Incluso hay vibradores de alta frecuencia integrados en la cuba de la bomba, pero esos son raros en vertical.
- **Regla vibrante externa:** En algunos casos para muros a cara vista, existen vibradores de superficie que se acoplan al costado externo del encofrado modular y vibran desde fuera (para evitar marcas de vibrador dentro). No es común, pero son equipos especiales que se atornillan a los paneles y vibran cuando se activa.
- **Martillo percutor (casero):** Un método improvisado para ayudar a que suban burbujas: golpear suavemente el encofrado con un martillo de goma o incluso



con el mazo. No es maquinaria, pero una acción manual. Existen *martillos neumáticos vibradores* específicos para encofrados.

- **Sistema de bombeo pequeño (columna):** Para columnas muy altas a veces se usa un **columpio**: un tubo montado sobre la boca del encofrado que se va girando, pero es derivado de la bomba.
- **Herramientas de acabado:** Palustre, llana, nivel: para acabar la parte superior. Un palustre (cuchara de albañil) sirve para enrasar la superficie final y recoger lechada sobrante. Un nivel o plomada se puede pasar en el exterior a último momento para comprobar que la presión no haya movido nada (si notan que se está combando un panel, se detiene el hormigonado o se refuerza al vuelo).
- **Cinta para vibrador:** Es gracioso pero muchas veces el vibrador de hormigón se asegura con una eslinga o cinta a la estructura para que si se suelta de las manos no caiga al fondo del elemento o al piso. Eso es un detalle de seguridad; no es maquinaria, pero es equipo.

Finalmente, tras el hormigonado, la maquinaria se retira (bomba, camión) y se deja fraguar. A veces se cubre la parte superior con arpillera y se riega, eso requiere solo manguera de agua.

Desencofrado

Desencofrado es la etapa en la que se procede a retirar el encofrado una vez que el hormigón ha fraguado suficientemente y puede autoportarse. En elementos verticales, suele ser más delicado que en horizontales en el sentido de evitar dañar las superficies vistas del hormigón y de realizarlo de forma segura (ya que paneles al quitarse pueden caer o generar riesgos).



Veremos la definición, medios auxiliares y equipos involucrados en la tarea de desencofrar muros, pilares y similares.

Definición

El **desencofrado** es el proceso de **desmontar o retirar el molde** que formaba la estructura de hormigón, una vez cumplida su función. Esto implica aflojar conexiones, remover paneles, desatornillar anclajes y apartar todo el material de encofrado, dejando el elemento de hormigón ya construido a la vista.

En elementos verticales, suele hacerse tras un tiempo prudencial desde el hormigonado:

- Para pilares y vigas pequeñas, a veces en 24-48 horas se pueden desencofrar (el hormigón habrá alcanzado la rigidez suficiente para no desmoronarse, aunque no su resistencia definitiva).
- En muros grandes, a menudo se espera un poco más o se tiene más cuidado debido al peso del panel al retirarlo.
- De cualquier forma, siempre se consulta al técnico o a las normas (por ejemplo, la Instrucción EHE recomienda ciertos mínimos dependiendo de las condiciones de curado).

El desencofrado tiene varios objetivos:

- **Recuperar el material de encofrado** para reutilizar en otro tramo u otra obra.
- **Dejar libre la superficie de hormigón** para inspección, curado (seguir mojando si es necesario) o para continuar con otras fases (impermeabilizar un muro, por ejemplo).
- **Verificar la calidad:** tras desencofrar se chequea que el hormigón no tiene defectos graves (nidos, segregaciones). Si los hay, hay que repararlos antes de que pase más tiempo.

Pasos generales en desencofrado vertical:

1. **Comprobar resistencia del hormigón:** se debe estar seguro de que puede autoportarse y soportar cargas accidentales. A veces se hacen ensayos (probetas rompidas a ciertos días) o se va por experiencia (48h con aditivo fraguado rápido puede bastar, en clima cálido).
2. **Preparar el área:** Despejar alrededor, prohibir paso no autorizado, porque al desencofrar puede caer alguna herramienta o trozo de mortero.
3. **Soltar elementos de fijación:** aflojar tuercas de las barras de anclaje, quitar pasadores de grapas, retirar clavos, etc. Es decir, todo lo que mantiene el encofrado unido debe liberarse:
 - Se retiran las tuercas y conos de las barras pasantes por fuera (dejar caer la barra dentro).
 - Se quitan grapas entre paneles (golpeando con martillo las cuñas).
 - Se puede usar una palanca para ayudar a desencajar paneles unidos.
4. **Retirar tornapuntas:** Generalmente, se sueltan los tornapuntas de la estructura (desatornillando del suelo y desprendiéndolos del panel). Pero es prudente mantener alguno medio sujeto hasta el último instante para que el panel no se vuelque inesperadamente.



5. **Separar el encofrado del hormigón:** Esto puede requerir:
 - Golpecitos suaves en el panel para despegarlo (si hay desencofrante, debería estar despegado).
 - Usar una **pata de cabra** o palanca en la base para iniciar la separación. Muchos paneles tienen cuñas especiales en las esquinas para este fin.
 - En madera, se mete la pala o uña entre tablero y hormigón y se hace palanca gradualmente a lo largo de la junta hasta que cede.
 - A veces la grúa tira un poco del panel con eslingas para ayudar, pero con precaución de no arrancar nada del hormigón.
6. **Retirar paneles o tablas:** Una vez sueltos, se bajan uno a uno:
 - Paneles grandes: se engancha la grúa (ya habiendo colocado el gancho de izado), se indica al gruista que levante lentamente hasta liberar el panel. Los operarios guían para que no raspe el hormigón. Luego se traslada al suelo o a la siguiente posición de trabajo.
 - Tablas pequeñas: se pueden bajar a mano pasando de persona a persona o con poleas. Siempre evitando dejarlas caer.
 - Para un pilar, se suelen retirar dos caras opuestas primero, luego las otras dos. Para un muro, se retira generalmente una cara entera (la que esté accesible) luego la otra.
7. **Limpieza de restos:** Se quitan los **tubos** de plástico de los anclajes (suelen quedarse embebidos, muchos los dejan, otros los sacan y rellenan huecos con mortero). Se limpian rebabas de hormigón que hayan quedado en juntas. Si el desencofrante funcionó, las superficies saldrán limpias; si no, habrá que raspar restos de madera pegada o aceite.
8. **Curado continuado:** Tras desencofrar, se puede seguir curando el hormigón expuesto (rociar agua, cubrir con yute mojado) para que no se fisure por secado rápido, sobre todo en climas cálidos y en superficies grandes como muros.
9. **Comprobación dimensional:** Se mide el elemento a ver si mantuvo la forma (espesor de muro correcto, plomo de pilar aceptable, etc.). Esto ya es para control de calidad.

Medios auxiliares

Durante el desencofrado vertical, varios medios auxiliares entran en juego:

- **Andamios o plataformas de acceso:** Igual que para montar, para desmontar se necesita acceder a la parte superior de los paneles, especialmente para soltar anclajes altos o grúas. Las consolas que estaban puestas para hormigonar siguen sirviendo para que el operario se coloque ahí y trabaje. Si se retiran, se necesitarán de nuevo andamios cercanos o elevadores.



- **Herramientas de palanca y golpeo:**
 - Palancas metálicas (patas de cabra, diablillos) para hacer fuerza y despegar.
 - Martillo (preferible de goma o madera para no marcar, pero a veces uno metálico suave) para golpear paneles o cuñas.
 - Una cuña de acero o madera: se puede introducir una cuña en la junta e irla martillando para que empuje al panel separándolo.
- **Soportes provisionales de panel:** Al quitar, por ejemplo, la primera cara de un muro, la otra cara queda sin contrapeso y podría volcar. Por eso, antes de quitar la segunda cara, se asegura con tornapuntas adicionales o se apoya a algo. Eso es un medio auxiliar crítico: **no desencofrar ambas caras a la vez sin sujeción**. Normalmente se quita completamente una cara, la otra se queda aún amarrada con alguna barra provisional o con tornapuntas mientras se remueve la primera. Luego se controla la segunda con cuerdas o grúa.
- **Eslingas o cuerdas de seguridad:** Aunque suene raro, se suelen atar con cuerdas los paneles antes de soltarlos, para que al despegar no se vayan lejos o se caigan. Por ejemplo, en un muro alto, se puede atar la parte superior del panel a la grúa o a un punto fijo antes de soltar tornapuntas, así sabemos que no caerá hacia afuera.
- **Contenedores o zonas de acopio:** Tras retirar los paneles, hay que dejarlos en algún lado. Un auxiliar logístico es tener un contenedor o zona libre donde apilar la madera o paneles quitados ordenadamente, para luego limpiarlos y aceitar para la próxima vez. Este orden es fundamental como medio auxiliar de la productividad: un encofrado bien almacenado se conserva mejor.
- **Producto de limpieza:** Raspadores, cepillos, e incluso un poco de **aceite** o **desencofrante** extra para limpiar los paneles. Después de quitarlo, conviene raspar el hormigón pegado en los paneles (si lo hay) con espátulas, y volver a aplicar aceite para guardar. No es directamente "desencofrar" pero se suele hacer inmediatamente después como buena práctica.

Maquinaria y equipos

La maquinaria en desencofrado es básicamente la **misma que en montaje** pero a la inversa:

- **Grúa:** esencial para bajar paneles grandes. Sin grúa, se pueden desmontar solo encofrados pequeños manualmente, pero lo normal es que la grúa haga varios izajes para llevar los paneles a tierra. También la grúa aguanta paneles en vertical mientras se les quitan los últimos soportes.
- **Elevadores personales:** En obras modernas, a veces hay plataformas elevadoras (tipo tijera o brazo articulado) para que los operarios suban a liberar las partes altas sin montar andamios. Son equipos motorizados que facilitan acceder a 4-5m de altura con seguridad.





- **Llave de impacto:** Si hay muchos tornillos, se puede usar atornillador de impacto para retirarlos rápidamente, similar a cuando se montó.
- **Grua portico:** en prefabricado se usan para moldes, pero en obra civil no aplica tanto.
- **Polipastos manuales:** En ausencia de grúa, una opción es montar trípodes con malacate para bajar paneles gradualmente. Esto es más bien improvisación.
- **Vehículos de acarreo:** Una vez en el suelo, para mover los paneles al siguiente sitio, se usan carretillas elevadoras o incluso rodillos bajo ellos para arrastrar. Hay equipos pequeños llamados "carros de encofrado" con ruedas donde se coloca el panel y se empuja.
- **Equipos de protección:** No olvidar: casco (por peligro de caída de piezas), guantes (bordes metálicos cortan, clavos sobresalientes de madera pinchan), botas reforzadas. A veces arnés si hay que colgarse en alguna posición (por ejemplo soltando cosas por fuera de un muro en alto). Estas son EPI pero vitales en la fase de desencofrar, pues hay muchas aristas y potencial de golpes.

Resumen final del desencofrado:

1. **Esperar lo necesario** (no tener prisa).
2. **Aflojar sin prisas ni golpes bruscos** (para no romper el hormigón recién hecho).
3. **Soportar y sujetar** los paneles mientras se sueltan, usando tornapuntas o grúa.
4. **Retirar ordenadamente** para no crear caos en obra.
5. **Almacenar encofrado** para su próxima utilización (limpio y aceitado a ser posible).
6. **Revisar la pieza** construida y consolidar su curado o reparación en caso necesario.

5. HORMIGÓN ARMADO

5.1. INTRODUCCIÓN AL HORMIGÓN ARMADO

5.1.1. DEFINICIÓN Y APLICACIONES EN CONSTRUCCIÓN

El **hormigón armado** es un material estructural compuesto por **hormigón** (una mezcla de cemento, áridos y agua) reforzado con **acero** en su interior. Gracias a esta combinación, se logran aprovechar las virtudes de ambos materiales: el hormigón resiste muy bien los esfuerzos de compresión, mientras que el acero soporta eficientemente los esfuerzos de tracción. En conjunto forman un elemento constructivo sólido y versátil. Este sistema constructivo se utiliza ampliamente en la edificación y la obra civil.

En **construcción**, el hormigón armado tiene innumerables aplicaciones: desde estructuras de edificios (cimientos, pilares, vigas y forjados) hasta infraestructuras como puentes, presas, muros de contención y pavimentos. Por ejemplo, las estructuras de la mayoría de viviendas y edificios modernos (los esqueletos de pilares y vigas) están hechas de



hormigón armado, ya que proporcionan la resistencia necesaria para soportar cargas y la durabilidad que se espera de una construcción. Del mismo modo, en obras civiles como puentes o pasos elevados, las vigas principales suelen ejecutarse en hormigón armado por su capacidad para soportar pesos elevados y resistir las inclemencias del tiempo.

En resumen, podemos definir el hormigón armado como un **sistema constructivo mixto** en el que el hormigón (o *concreto*, como también se le denomina en otros países hispanohablantes) alberga en su interior una armadura de barras de acero. Esta combinación actúa monolíticamente, es decir, como un solo elemento, logrando una gran resistencia mecánica. Sus aplicaciones abarcan prácticamente cualquier elemento estructural de una obra, motivo por el cual es fundamental en la formación de cualquier profesional de la construcción.

5.1.2. COMPONENTES DEL HORMIGÓN ARMADO

El hormigón armado se compone de **dos partes principales**: el hormigón en sí y las armaduras de acero. A su vez, cada parte tiene sus propios componentes internos:

- **Hormigón (matriz)**: es el material resultante de mezclar un conglomerante (habitualmente cemento Portland), agregados o **áridos** (arena y grava o piedra triturada), agua y, en algunos casos, **aditivos** químicos. Al mezclar estos ingredientes se forma una masa trabajable que luego fragua y endurece hasta convertirse en piedra artificial. El hormigón aporta volumen a la estructura y resiste la compresión. En la mezcla, el cemento actúa como pegamento que une los áridos al reaccionar con el agua (proceso de hidratación), creando una masa rígida. Los áridos (arena, grava) aportan resistencia y reducen la fisuración, ocupando la mayor parte del volumen. El agua debe añadirse en proporción controlada para lograr una consistencia adecuada: suficiente para permitir el trabajo en obra, pero no tanta que debilite la mezcla. Finalmente, los aditivos (como fluidificantes, acelerantes, retardantes, etc.) se emplean para modificar las propiedades del hormigón fresco o endurecido según las necesidades específicas (por ejemplo, hacer que fragüe más rápido, que sea más manejable, o reducir su permeabilidad). 
- **Acero de refuerzo (armadura)**: son las barras, varillas o mallas metálicas incorporadas dentro del hormigón. Generalmente se utiliza **acero corrugado**, que son barras de acero con resaltes o corrugas en su superficie para mejorar la adherencia con el hormigón una vez que este endurece. Estas barras de refuerzo se disponen siguiendo un diseño previo (normalmente indicado en los planos estructurales) formando una “jaula” o armadura. El acero proporciona la resistencia a tracción y flexión que el hormigón por sí solo no tiene, y permite que el elemento estructural resultante (viga, columna, losa, etc.) resista esfuerzos de flexión, tracción y cortante sin romperse. Además de barras individuales, también se emplean **mallas electrosoldadas** (también llamadas *mallazos*), que son redes de alambres de acero cruzados y soldados en forma de cuadrícula, muy útiles para repartir refuerzos en losas o pavimentos de forma rápida y uniforme. 

En resumen, el hormigón armado = hormigón (cemento + áridos + agua [+ aditivos]) + acero (barras o mallas). Ambos actúan conjuntamente: al verter el hormigón fresco sobre las armaduras, este rellena todos los espacios y, tras fraguarse, queda solidario al acero, de modo que cuando la estructura trabaja, las tensiones internas se reparten entre el acero y el hormigón. Esta sinergia hace posible estructuras muy resistentes y duraderas.

5.1.3. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN Y DEL ACERO

Para entender por qué el hormigón armado es tan efectivo, debemos conocer las propiedades básicas de sus dos materiales constituyentes y cómo interactúan:

- **Propiedades del hormigón:** El hormigón (endurecido) es un material pétreo de gran **resistencia a la compresión**. Esto significa que soporta muy bien que lo “aplasten” o compriman; de hecho, en estructuras comunes puede resistir compresiones del orden de 250–300 kg/cm² o más, dependiendo de su dosificación y calidad (por ejemplo, un hormigón típico puede ser HA-25, que significa 25 N/mm² de resistencia característica a compresión a los 28 días). Sin embargo, el hormigón tiene una **resistencia a la tracción** bastante reducida (aproximadamente solo el 10% de su resistencia a compresión). Esto quiere decir que si intentamos “estirar” o flexionar una pieza de hormigón sin refuerzo, se agrietaría y rompería con facilidad. Además, el hormigón es un material **frágil**: cuando alcanza su límite de resistencia, se rompe de forma brusca sin dar mucha señal previa. Otras propiedades importantes: es **moldeable** en estado fresco (toma la forma del encofrado), es relativamente **duradero** frente a la intemperie y el fuego (aunque puede sufrir deterioro si no se protege adecuadamente, por ejemplo por penetración de agua y corrosión de las armaduras), y con el tiempo continúa ganando resistencia (el proceso de hidratación del cemento puede durar meses e incluso años, aunque la mayor parte de la resistencia la adquiere en los primeros 28 días). También tiene un coeficiente de **dilatación térmica** similar al del acero, lo cual es una ventaja (ambos se dilatan o contraen de forma parecida con los cambios de temperatura, evitando tensiones internas excesivas).
- **Propiedades del acero de refuerzo:** El acero utilizado en hormigón armado (por lo general acero al carbono especial para armaduras) es un material **muy resistente a tracción y flexible**. Por ejemplo, una barra de acero corrugado típica (grado B500S, común en España) tiene un límite elástico de alrededor de 5000 kg/cm², que es enorme comparado con la resistencia a tracción del hormigón. Esto permite que el acero absorba los esfuerzos de tracción y flexión que aparecen en una viga o losa. Además, el acero es un material **ductil**: antes de romper, se deforma significativamente (se dobla, se estira), dando aviso y permitiendo redistribuir cargas, lo que proporciona seguridad a la estructura (no falla de forma súbita). Como se mencionó, el acero corrugado tiene superficies con relieves que aseguran una buena **adherencia** con el hormigón, de modo que ambos materiales trabajan juntos sin deslizarse uno respecto al otro. Una propiedad importante a considerar es que el acero puede corroerse (oxidarse) si le llega humedad y aire; por eso es clave que quede bien **protegido por el recubrimiento de hormigón**, el cual actúa como barrera ante el agua y además es alcalino, creando un ambiente químico que pasiva (protege) al acero mientras el hormigón no se carbonata.



- **Compatibilidad entre hormigón y acero:** Más allá de sus propiedades individuales, hormigón y acero funcionan bien juntos porque son compatibles en aspectos importantes: como dijimos, tienen dilataciones térmicas similares, de modo que con cambios de temperatura no se despegan; la adherencia mecánica entre ambos es fuerte (especialmente con acero corrugado), y químicamente el hormigón alcalino protege al acero de la corrosión. Esto permite que las cargas se transfieran eficazmente: cuando una pieza de hormigón armado se flexiona bajo carga, el hormigón resiste la parte a compresión (sin agrietarse) y el acero, que va embebido en la zona traccionada, soporta la parte a tracción (cediendo un poco pero sin romper). Así se logran elementos estructurales con comportamiento **elástico y tenaz**, aprovechando lo mejor de cada material.

5.1.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA

Ventajas del hormigón armado: Es uno de los sistemas constructivos más extendidos debido a sus numerosos puntos a favor:

- *Gran resistencia y capacidad portante:* Permite construir elementos que soportan cargas muy elevadas. Un edificio de varias plantas o un puente de grandes luces pueden ejecutarse con hormigón armado dimensionando adecuadamente sus secciones y armados.
- *Versatilidad de forma:* Al ser inicialmente una mezcla plástica, el hormigón fresco se puede verter en moldes (encofrados) de prácticamente cualquier forma. Una vez endurecido, conserva esa forma. Esto posibilita crear elementos estructurales variados: desde placas delgadas hasta pilares macizos o formas curvas, lo que da mucha libertad de diseño.
- *Economía relativa y disponibilidad:* Sus componentes (cemento, áridos, acero) suelen estar disponibles localmente a costos razonables. Para ciertos usos, el hormigón armado es más económico que el acero estructural o la madera si consideramos durabilidad y mantenimiento. Además, la mano de obra para hormigón armado está ampliamente disponible en el sector de la construcción.
- *Durabilidad y resistencia al fuego:* Bien ejecutado, el hormigón armado es duradero frente a condiciones ambientales normales. No se pudre ni se oxida por sí solo; el hormigón protege al acero de la corrosión. También ofrece buena resistencia al fuego: bajo altas temperaturas el hormigón actúa como aislante del



acero, retrasando su calentamiento; por eso, elementos de hormigón armado suelen mantener su capacidad estructural más tiempo en un incendio que, por ejemplo, estructuras metálicas desnudas.

- *Bajo mantenimiento:* A diferencia de estructuras metálicas que requieren pintura anticorrosiva periódica, el hormigón armado generalmente no necesita mantenimiento estructural frecuente (aunque sí se debe vigilar la aparición de grietas o el deterioro en ambientes agresivos).
- *Compatibilidad con otros sistemas:* Puede combinarse con elementos prefabricados, con albañilería (por ejemplo vigas y pilares de hormigón con muros de ladrillo), etc., integrándose bien en diferentes tipos de obras.

Limitaciones o inconvenientes del hormigón armado: A pesar de sus ventajas, también presenta algunas desventajas y retos:

- *Peso propio elevado:* El hormigón armado es pesado (unos 2400-2500 kg/m³). Esto significa que las estructuras de hormigón armado transmiten cargas importantes por su propio peso, lo que obliga a cimientos más grandes y hace más complejo su manejo en obra (moldear, encofrar y apuntalar grandes volúmenes). En construcciones donde el peso es crítico (por ejemplo, edificios en suelos muy blandos), a veces se prefiere el acero estructural o la madera laminada para aligerar.
- *Necesidad de encofrados y mano de obra intensiva:* A diferencia de sistemas prefabricados, el hormigón armado *in situ* requiere la construcción de moldes (encofrados) y apuntalamientos temporales para darle forma hasta que endurece. Esto supone gasto de materiales auxiliares (madera, metálicos) y mano de obra especializada en encofrar y desencofrar. También el montaje de las armaduras y la puesta en obra del hormigón requieren bastante trabajo manual y coordinación.
- *Tiempo de fraguado y curado:* Tras el vertido, el hormigón necesita tiempo para endurecer y desarrollar su resistencia (no es inmediato). Normalmente se esperan unos 7 días para retirar la mayor parte de encofrados, y 28 días para su resistencia nominal. Esto puede alargar los plazos de obra en comparación con, por ejemplo, elementos metálicos que se montan y quedan listos al instante. Hay aditivos que aceleran el fraguado, pero no deja de ser un proceso a considerar en la planificación.
- *Comportamiento ante tracción directa y sismos:* Aunque el hormigón armado funciona muy bien en cargas estáticas verticales, en condiciones extremas, como sismos fuertes que inducen cargas cíclicas y tracciones importantes, es necesario un diseño cuidadoso (detallado de armaduras) para que tenga un comportamiento dúctil y no falle de forma frágil. Si no se arma correctamente o no se detalla con suficientes estribos y anclajes, puede sufrir fallas bruscas.
- *Deterioro si la ejecución o protección es deficiente:* Si el acero no tiene suficiente recubrimiento de hormigón o si el hormigón tiene mucha porosidad, la humedad y agentes agresivos pueden alcanzar las barras y producir corrosión. El acero al



corroerse se expande y rompe el hormigón circundante, comprometiendo la estructura. Asimismo, si se producen fisuras amplias por retracción u otras causas y no se reparan, pueden ser vías de entrada de agua. Es decir, la durabilidad del hormigón armado está ligada a una buena práctica en su ejecución (correcto vibrado, curado, recubrimientos adecuados) y a elegir el tipo de hormigón adecuado en ambientes agresivos (por ejemplo, hormigón especial en ambientes marinos o industriales).

- *Dificultad para modificaciones:* Una vez endurecido, el hormigón armado es difícil de modificar o demoler parcialmente. Hacer aberturas o cambios requiere herramientas de corte especiales (radiales, sierras diamantadas) y puede debilitar la estructura si no se hace con cuidado. No es tan “modular” o adaptable como estructuras metálicas atornilladas, por ejemplo.

En conclusión, el hormigón armado ofrece un equilibrio excelente de resistencia, costo y versatilidad, lo que lo hace ideal para la mayoría de obras. Pero debe diseñarse y ejecutarse correctamente, teniendo en cuenta sus limitaciones, para garantizar una estructura segura y duradera.

5.1.5. TIPOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES HABITUALES (VIGAS, PILARES, LOSAS)

En las construcciones de hormigón armado, encontramos una serie de **elementos estructurales típicos** que se repiten con frecuencia. Cada uno cumple una función dentro de la estructura del edificio o infraestructura. Los principales son:

- **Pilares (columnas):** Son elementos verticales cuya misión es soportar las cargas de la estructura superior (forjados, cubiertas, etc.) y transmitirlas a la cimentación. En un edificio, los pilares reciben el peso de las vigas y los forjados de cada planta y lo llevan hasta el suelo. Suelen tener sección rectangular, cuadrada o circular, y se arman con barras longitudinales verticales (normalmente dispuestas en las esquinas o perímetro de la sección) unidas mediante estribos o cercos transversales (pequeñas barras cerradas que rodean a las principales cada cierta distancia, a modo de anillos). Los pilares trabajan principalmente a compresión, pero también pueden soportar algo de flexión (por ejemplo, por efecto del viento o sismo) y por eso requieren armaduras. En la práctica, un pilar de hormigón armado típico de un edificio de viviendas podría tener 4 u 8 barras longitudinales de acero corrugado de diámetro, digamos, 12–16 mm, con estribos de 6–8 mm cada 15–20 cm. Son esbeltos en altura, por lo que mantener la verticalidad y el correcto alineamiento durante el encofrado es fundamental. Ejemplos de pilares: los soportes de los



pórticos en aparcamientos, columnas en porches, pilares en soportales, etc. También pilares de puente, que son más masivos pero con concepto similar.

- **Vigas:** Son elementos horizontales, habitualmente apoyados sobre pilares o muros, cuya función es recibir las cargas de las losas o forjados y transmitirlas a los pilares (o directamente a cimentación, si es una viga de cimentación). Trabajan principalmente en flexión: la parte inferior de una viga tiende a estirarse (tracción) cuando soporta carga, y la parte superior se comprime. Por ello, las vigas de hormigón armado se arman colocando barras corrugadas especialmente en la zona inferior (para resistir la tracción en el centro del vano) y también en la zona superior en los extremos (para resistir tracciones invertidas en los apoyos, que se generan por continuidad). Además, llevan **estribos** cerrados distribuidos a lo largo de su longitud, que sirven para resistir los esfuerzos cortantes (evitando la aparición de fisuras inclinadas) y también confinan las barras longitudinales. En obra, las vigas suelen verse durante la ejecución como largas “cajas” encofradas dentro de las cuales se arma un conjunto de 2, 4 o más barras corridas longitudinalmente y muchos estribos de forma rectangular que las enlazan. Una vez hormigonadas, forman los “bordes” o nervios que sostienen los forjados. Por ejemplo, en una vivienda las vigas pueden ser las que enmarcan cada habitación soportando el forjado del piso de arriba. También hay vigas de borde en los forjados de entrepiso, vigas sobre las ventanas o puertas (los dinteles, que a pequeña escala funcionan como vigas) e incluso vigas de atado en cimentación que conectan zapatas. Su correcto armado y ejecución es crítico porque soportan flexiones importantes; una viga mal armada puede fisurarse excesivamente al cargarla.



- **Losas y forjados:** Son elementos planos, generalmente horizontales, que cubren superficies amplias y sirven de plataforma (suelo de una planta, cubierta, etc.) o de elemento de cimentación. En construcción, suele usarse el término **forjado** para referirse al conjunto estructural que conforma el piso de una planta (por ejemplo, un forjado de hormigón armado puede estar compuesto por vigas y una losa que las recubre). Por otro lado, se habla de **losa** cuando es un elemento de hormigón armado plano de cierto espesor que cubre una superficie apoyando en varios puntos o bordes. Las losas pueden estar integradas en un forjado (por ejemplo, una losa maciza que cubre todo el piso apoyando en vigas/pilares), o ser *losas de cimentación*



(veremos en cimentaciones). Un **forjado típico** en edificaciones de viviendas en España es el *forjado unidireccional*, donde pequeñas vigas (viguetas) prefabricadas o hechas in situ van de un apoyo a otro, y entre ellas se colocan bloques aligerantes (bovedillas) de cerámica o poliestireno; luego se vierte una capa de compresión de hormigón con una malla de reparto. Este sistema combina elementos prefabricados y hormigón armado y es muy común para cubrir luces medianas con un acabado de suelo. También existen forjados *reticulares* o *losas macizas* armadas, que son placas de hormigón armado que se apoyan en varios apoyos (pilares o muros) cubriendo el área sin vigas intermedias (en ese caso la losa hace también de viga). En cualquier caso, en una losa o forjado de hormigón armado, el acero suele disponerse en forma de mallas: barras distribuidas a lo largo y ancho, ya sea en una o en dos capas (una cerca de la cara inferior y otra cerca de la cara superior) dependiendo de dónde haya tensiones de tracción. Por ejemplo, una losa de cimentación llevará armadura en la parte inferior (porque tiende a flexar hacia abajo sobre el terreno) y a veces también en la superior. Un forjado de entrepiso normalmente tiene malla en la parte superior de la capa de compresión (colaborando con las viguetas). Las losas ofrecen superficies resistentes y rígidas; bien armadas, reparten las cargas en dos direcciones. Su ejecución requiere buen control de espesores y una correcta colocación del mallazo para evitar fisuras.

En general, vigas, pilares y losas son los elementos básicos de cualquier esqueleto de hormigón armado. Interconectados forman pórticos y placas capaces de sostener un edificio. A ellos se suman otros elementos como **muros de hormigón armado** (por ejemplo, muros de sótano, que funcionan parecido a pilares extendidos en plano, con armaduras en dos direcciones) y piezas especiales. Pero durante la formación básica nos centramos en los tres tipos mencionados, que son los más habituales en obra.

5.1.6. HERRAMIENTAS, ÚTILES Y MAQUINARIA BÁSICA

Para trabajar con hormigón armado en obra se necesita una variedad de **herramientas y equipos**, tanto para la preparación y vertido del hormigón como para el manejo de las armaduras de acero. A continuación, repasamos los principales útiles y maquinaria que un operario de construcción debe conocer al ejecutar elementos de hormigón armado:

- **Herramientas para armado de acero (ferralla):** El corte y doblado de las barras de acero se puede hacer con herramientas manuales o máquinas sencillas. Se usan **cizallas** manuales o **tenazas cortantes** para cortar barras delgadas y alambres. Para diámetros mayores, en obra suele emplearse una **tronzadora de disco (radial)** con disco de corte para acero, o cizallas de palanca. El doblado se efectúa con **dobladoras** manuales: unos dispositivos de palanca y topes donde se coloca la barra y se hace fuerza para curvarla al ángulo deseado. También existen máquinas dobladoras eléctricas en talleres especializados, pero en obra es habitual el doblado manual mediante varillas a modo de palanca. Para el atado



de las barras en su posición (unir barras entre sí formando la armadura montada) se utilizan **alicates de amarre** o **tenazas de ferralla**, junto con el **alambre recocido** (un alambre maleable que se corta en trozos y sirve para atar los cruces de las barras con unos giros). A veces también se usa un **gancho de atar** (una herramienta de gancho que al girarla retuerce el alambre fácilmente). Además, para separar las armaduras del encofrado se colocan pequeños dispositivos llamados **separadores** o “calzos”, que pueden ser de plástico o mortero; no son herramientas, pero sí materiales auxiliares importantes (vienen en bolsitas, listos para usar).

- **Encofrado y herramientas de carpintería de obra:** Como el hormigón fresco no tiene consistencia hasta que endurece, necesitamos moldes temporales llamados **encofrados**. Para montarlos, se emplean tableros de madera o paneles fenólicos, y elementos de soporte como **sopandas**, **puntales metálicos**, y **vigas de encofrado**. El montaje del encofrado requiere herramientas como martillo de encofrador (con uña para clavos), serrucho o sierra de calar para cortar madera, niveles para comprobar plomos y horizontales, y a menudo llaves o alicates para tensar alambres de sujeción. También se usan **distanciadores** (como conos y varillas roscadas) para mantener separadas las caras de encofrados opuestos, por ejemplo en un muro. La **maquinaria de elevación**, como pequeñas grúas torre o plumas en obra, ayuda a colocar paneles de encofrado grandes o mover armaduras pesadas.
- **Mezcla y transporte del hormigón:** Si el hormigón se prepara en obra, la máquina básica es la **hormigonera** (mezcladora) eléctrica o de gasolina, de tambor giratorio, donde se introducen los componentes (cemento, áridos, agua) en la proporción adecuada para mezclarlos hasta lograr una masa homogénea. Para transportar el hormigón fresco desde la hormigonera o desde el camión hasta el punto de vertido, se utilizan **carretillas** (para pequeñas cantidades o distancias cortas), **cubos** o **cubilotes** que se pueden izar con la grúa (son recipientes grandes con abertura inferior controlable, útiles en obras de edificación para subir hormigón a pisos altos cuando no hay bomba) y, en obras mayores, **bombas de hormigón** con mangueras, que envían el hormigón desde el camión hormigonera hasta el encofrado de destino mediante presión. También se emplean **palas** y **cubos** para rematar el reparto a mano cuando es necesario.
- **Compactación y acabado:** Una vez vertido el hormigón, para compactarlo se usan **vibradores de inmersión** (también llamados *aguja vibrante*). Es una herramienta mecánica con un motor (eléctrico o de gasolina) que hace vibrar una cabeza metálica alargada; esa cabeza se introduce en la masa de hormigón recién vertido para que las vibraciones liquiden la mezcla, expulsando burbujas de aire y asentando bien el hormigón alrededor de las armaduras y encofrado. Existen vibradores de distintos tamaños según la escala del elemento (no es lo mismo vibrar una losa de 20 cm que un pilar de 5 m de alto). Además del vibrador, se usan reglas, fratases y llanas para **nivelar y alisar** la superficie del hormigón en elementos como soleras o losas (por ejemplo, pasar una regla larga para igualar



la superficie de un forjado antes de que endurezca). Para el **curado**, las herramientas son más simples: mangueras o regaderas para mojar el hormigón, plásticos para cubrir, brochas o rodillos para aplicar productos de curado.

- **Equipos de seguridad:** No son herramientas para el hormigón en sí, pero es vital mencionar que al trabajar con hormigón armado se debe usar el equipo de protección personal adecuado: **casco**, guantes (especialmente al manipular acero que puede tener bordes cortantes o al manejar cemento que puede irritar la piel), botas con puntera y suela anti-perforación (por clavos en encofrados, etc.), gafas de seguridad si se corta acero (saltan chispas o fragmentos), y arnés anticaídas cuando se trabaja en altura sobre encofrados elevados. Además, las herramientas como vibradores o sierras deben manejarse con conocimiento para evitar accidentes (por ejemplo, riesgo eléctrico con vibradores si hay cables en mal estado, o cortes con la radial).

En síntesis, la ejecución de hormigón armado combina técnicas de **albañilería, carpintería y herrería**. Un buen operario de obra debe saber emplear todos estos útiles correctamente: desde doblar una barra de acero con la herramienta apropiada, clavar un encofrado a plomo, hasta manejar una hormigonera o vibrador. La coordinación del equipo y el uso adecuado de la maquinaria resultan en una estructura bien construida y segura.

5.2. MATERIALES Y PREPARACIÓN

5.2.1. TIPOS DE CEMENTO, ÁRIDOS, AGUA Y ADITIVOS

Para obtener un hormigón de calidad, fundamental seleccionar adecuadamente los materiales componentes los **materiales componentes** de la mezcla. Repasemos los distintos tipos de cada material y sus características básicas:

- **Cementos:** El cemento es el conglomerante que, al mezclarse con agua, inicia reacciones químicas de hidratación y endurece aglutinando al resto de componentes. El más común es el **cemento Portland** (gris), disponible en diferentes resistencias y clasificaciones (por ejemplo CEM I 42,5R, etc.). Este es adecuado para la mayoría de obras corrientes. Existen además cementos con adiciones o especiales, como el **cemento de alto horno** (con escoria granulada, que mejora la durabilidad en ciertos ambientes), **cemento puzolánico** (con cenizas o puzolanas naturales, que tiene menor calor de fraguado), **cemento aluminoso** (de fraguado muy rápido, útil para reparaciones urgentes o anclajes, aunque su uso estructural es limitado), y **cemento blanco**, que es un cemento Portland sin impurezas de hierro, utilizado cuando se busca un acabado arquitectónico blanco o para mezclas decorativas. En formación básica es importante reconocer el cemento Portland habitual, que viene en sacos (normalmente de 25 kg en la actualidad, antes 50 kg), de color gris, y que debe almacenarse en lugar seco. Los cementos llevan impresa su clase resistente y tipo; por ejemplo, un CEM II/B-P 32,5N sería un Portland con puzolana de



resistencia 32,5 MPa estándar. Aunque no profundizaremos en la nomenclatura, sí hay que saber que no todos los cementos son iguales: según la necesidad (resistencias más altas, ambiente marino, etc.) se selecciona el tipo apropiado. En obra común, el cemento Portland de resistencia media (32,5 o 42,5) es el más usado para hormigón.



- **Áridos (agregados):** Constituyen el esqueleto granular del hormigón, ocupando alrededor del 60-75% de su volumen. Se dividen en **árido fino** y **árido grueso**. El árido fino es la **arena** (partículas generalmente de 0 a 5 mm), y el árido grueso es la **grava** o piedra partida (partículas mayores, típicamente entre 6 mm y 30 mm, dependiendo del hormigón). La calidad de los áridos es vital: deben ser **duros, limpios, y de granulometría bien graduada**. Arena: suele ser arena de río lavada o de cantera, de tamaño controlado; aporta trabajabilidad y rellena los huecos entre las piedras. Grava: pueden ser **cantos rodados** de río (redondeados) o **piedra triturada** de cantera (de aristas angulosas); la triturada generalmente ofrece mejor adherencia por sus caras rugosas. Los áridos no deben contener arcilla, tierra, materia orgánica u otras impurezas, ya que debilitan la mezcla e interfieren con el fraguado. Existen distintos **tamaños máximos** de árido grueso según el elemento a hormigonar: por ejemplo, para una losa delgada se usa grava de 10-12 mm para que quepa entre las armaduras, mientras que para un mass concreto en cimientos grandes puede usarse grava de 20-40 mm. También se utilizan a veces **áridos ligeros** especiales (arcilla expandida, poliestireno granulado) para hacer hormigones ligeros, o **áridos reciclados** provenientes de demoliciones (en obras sostenibles), aunque en un nivel básico nos centramos en los naturales habituales. En obra, la arena y grava suelen almacenarse en acopios separados; es importante evitar que se mezclen con tierra del suelo (por eso se suele extender una lona o solera bajo los acopios, o mantenerlos en cajones).



- **Agua:** El agua activa la reacción del cemento y le da plasticidad a la mezcla. Debe ser **agua limpia, potable** (una regla general es que si es apta para beber, es apta para el hormigón). Aguas con aceites, ácidos, sulfatos altos o lodos se descartan, ya que pueden arruinar el fraguado o corroer las armaduras. La cantidad de agua en la mezcla es crucial: se mide mediante la relación agua/cemento (A/C). Si ponemos *demasiada agua*, el hormigón será muy fluido y fácil de colocar al principio, pero al endurecer será débil y poroso (el exceso de agua al evaporarse deja huecos). Por el contrario, con *poca agua* la mezcla queda muy seca, difícil de trabajar y puede no hidratar todo el cemento. Se busca un compromiso: la mínima agua que dé una consistencia adecuada para rellenar el encofrado. En obra, la consistencia se evalúa con el **asiento de cono (ensayo del cono de Abrams)**, aunque de manera básica el oficial observa si el hormigón está *plástico*: que se pueda manejar con pala sin que chorree, pero que tampoco esté tan seco que queden grumos. Como ejemplo, una relación agua/cemento típica podría estar en torno a 0,5 (es decir, 50 litros de agua por cada 100 kg de cemento), aunque varía. Importante: nunca se debe “aguar” el hormigón en obra añadiendo agua a la mezcla ya hecha para hacerla más trabajable, ya que eso arruina su resistencia; es preferible usar aditivos plastificantes si se necesita más fluidez.
- **Aditivos:** Son productos químicos en forma líquida o en polvo que se añaden en pequeñas proporciones al hormigón (además del cemento, áridos y agua) para modificar o mejorar sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido. Hay muchos tipos, pero a nivel básico destacamos algunos:
 - *Plastificantes o superplastificantes:* reducen la cantidad de agua necesaria para una misma trabajabilidad, es decir, hacen la mezcla más fluida sin tener que echar más agua. Esto permite hormigones más resistentes (baja A/C) pero fáciles de colocar. Son muy usados en hormigones bombeados o de alta resistencia.
 - *Acelerantes de fraguado:* hacen que el hormigón se endurezca más rápido. Pueden ser útiles en clima frío (para contrarrestar el retraso del

fraguado) o en obras urgentes donde se quiere desencofrar antes. Un ejemplo clásico es el cloruro de calcio, aunque su uso está controlado porque puede inducir corrosión en armaduras; hoy se usan acelerantes no clorados.

- *Retardantes de fraguado*: lo contrario, ralentizan el fraguado. Se emplean en clima muy cálido (para evitar que el hormigón fragüe antes de colocarlo, especialmente en grandes volúmenes donde el calor de hidratación es alto) o cuando se transporta a largas distancias. Mantienen el hormigón trabajable más tiempo.
- *Incorporadores de aire*: introducen microburbujas controladas en la mezcla, lo que mejora la resistencia a ciclos de hielo-deshielo (muy útil en climas fríos) y la trabajabilidad.
- *Hidrófugos*: reducen la absorción de agua una vez endurecido, para hormigones impermeables (por ejemplo, en tanques o sótanos).
- *Fibras*: no son líquidos sino filamentos (de polipropileno, vidrio o acero) que se agregan para reforzar el hormigón dispersamente. Las fibras de polipropileno se usan para controlar retracción plástica (fisuras muy tempranas), y las de acero para incrementar tenacidad (pavimentos industriales, etc.).

En obra pequeña, a veces no se usan aditivos y simplemente se hace la mezcla tradicional. Pero cada vez es más común que los hormigones comerciales vengan ya con algún aditivo plastificante para mejorar su desempeño. Como recomendación general: **usar materiales de calidad reconocida** (cemento fresco y de marca fiable, áridos limpios de buena procedencia, agua potable y aditivos dosificados correctamente) asegura un buen hormigón. Todo componente defectuoso (cemento húmedo o caducado, arena sucia, etc.) afectará negativamente la mezcla.

5.2.2. TIPOS DE ACERO: CORRUGADO, LISO, MALLAZOS

El acero para hormigón armado viene en distintas presentaciones y acabados. Saber identificarlos y usarlos adecuadamente es parte esencial del trabajo con ferralla:

- **Acero corrugado**: Es el tipo de acero de refuerzo estándar en la construcción actual. Se presenta en **barras** de longitudes comerciales (normalmente barras rectas de 6, 9, 12 o hasta 18 metros, dependiendo del diámetro y fabricante)



con **resaltes o corrugas** en su superficie. Estos resaltes son patrones (como nervaduras) que garantizan la adherencia mecánica al hormigón. En España, el acero corrugado más común es el de grado B500S o B500T (500

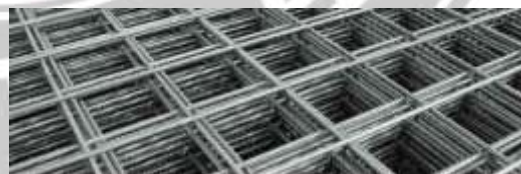
N/mm² de límite elástico), según normativa. Viene en diámetros variados: típicamente 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32 mm (y algunos mayores para obras especiales). En la obra, las barras se cortan y doblan según se necesite para formar la armadura. Las piezas principales de refuerzo de vigas y pilares suelen ser de acero corrugado. Antiguamente existía el acero corrugado AEH-400 (de menor resistencia, 400 N/mm²), pero hoy prácticamente todo es 500 N/mm². El corrugado se identifica fácilmente por sus protuberancias en forma de espiga o resalte; además, suele venir limpio o con apenas ligera oxidación superficial (una capa de óxido leve no perjudica la adherencia, pero nunca se debe usar acero con corrosión avanzada o escamas).

- **Acero liso:** Son barras de superficie lisa, sin corrugas. Actualmente su uso estructural es muy limitado, ya que adhieren peor al hormigón. Sin embargo, se siguen empleando en ciertos casos específicos: por ejemplo, para los **estribos o cercos** de pilares y vigas a veces se utiliza barra lisa de diámetro pequeño (6 u 8 mm), ya que su función principal es confinamiento y enlace cercano (y al ser estribos cerrados, la adherencia es menos crítica que en una barra longitudinal continua).



También en elementos donde se requiera un deslizamiento controlado o barras removibles (por ejemplo separadores que luego se sacan) se podría usar lisa. En general, la barra lisa tradicional fue quedando obsoleta porque el corrugado la supera en todo. En obra es más común encontrar barra corrugada incluso para estribos. Las mallas electrosoldadas suelen estar fabricadas con alambre liso (aunque con nudos soldados), pero muchos las confunden con corrugadas finas. En resumen, conocer el acero liso sirve para caso de rehabilitación (estructuras antiguas de hormigón a veces tenían hierro liso y presentaban problemas de adherencia). En obra nueva básica, casi no se usa más que en detalles puntuales o cuando por error llega alguna barra así.

- **Mallas electrosoldadas (mallazo):** Son redes prefabricadas de barras de acero cruzadas ortogonalmente (en forma de cuadrícula) y unidas en sus intersecciones mediante soldadura



eléctrica. Forman paños o láminas normalmente planas, que se enrollan o apilan para su transporte. Las mallas suelen designarse por el diámetro de sus alambres y la separación entre ellos. Por ejemplo, una malla **Q-188** (nomenclatura española antigua) tenía barras de 6 mm cada 15 cm aproximadamente, tanto en dirección longitudinal como transversal. Hoy se habla de mallas tipo **B500T de X mm a Y cm**. Existen mallas de distintos diámetros (desde alambres de 4 mm hasta barras de 12 mm) y con distintas separaciones (de 10, 15, 20 cm típicamente). Se

utilizan principalmente en **losas y soleras**, para repartir el refuerzo de forma uniforme. Al ser prefabricadas, facilitan y aceleran el armado: en lugar de colocar una a una barras sueltas en dos direcciones, se extiende la malla ya hecha. Eso sí, hay que cortarlas a medida de la superficie y traslapar unas con otras donde no cubren completo (solapes de unos 20-30 cm asegurando que los alambres coinciden). Las mallas generalmente usan acero de alta adherencia (corrugado) de pequeño diámetro, aunque visualmente parezcan lisas, muchas tienen pequeñas corrugas. En la práctica de obra, el “mallazo” se vende en hojas de 2,20 m x 5 m (por ejemplo) o en rollos (para mallas de alambre más fino). Los operarios deben tener cuidado al manipularlas porque traen cierta tensión y pueden “chicotear” al cortarlas. Son indispensables en pavimentos, forjados tipo losa aligerada, aceras, losas de cimentación pequeñas, etc., porque evitan fisuración y reparten cargas.

- **Otras presentaciones y tipos de acero:** Aunque menos frecuentes en nivel básico, es bueno mencionar: existen **barras de alta ductilidad** (marcadas con una “D”, usadas en zonas sísmicas por su mayor capacidad de deformación); aceros inoxidables o galvanizados para situaciones muy agresivas (costosos, solo en casos especiales para evitar corrosión); y sistemas de **postesado o pretensado** (cables de acero) que se utilizan en hormigón **pretensado**, aunque eso ya es una técnica diferente al hormigón armado tradicional y suele ser tema aparte. Otra cosa a identificar son los **perfiles y pletinas** que a veces se emben en el hormigón (por ejemplo, pernos de anclaje, platinas para conectar estructuras metálicas), pero esos no son parte de la armadura “flexible” sino insertos metálicos.

En obra, la ferralla (conjunto de aceros) suele llegar en **paquetes de barras rectas** o ya **preformada** (en algunas obras, la armadura de pilares o vigas viene armada desde taller en jaulas para simplemente colocar). El albañil/ferrallista debe revisar al recepcionar el acero que corresponda el diámetro y tipo pedido, y almacenarlo elevado del suelo y ordenado, evitando deformaciones y suciedad. Distinguir los diámetros a simple vista es habilidad común (se suelen memorizar los espesores comparándolos con el dedo, por ejemplo, 8 mm ~ meñique, 12 mm ~ índice, etc., o usando calibres). Todo acero incorporado debe estar limpio (sin grasa ni pintura) y con la mínima corrosión superficial.

5.2.3. PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN: AMASADO Y TRANSPORTE

Una vez que disponemos de buenos materiales, el siguiente paso es la **preparación del hormigón**, es decir, el proceso de dosificar y mezclar los componentes para obtener la masa de hormigón fresco, y luego **transportarla** hasta su lugar de colocación. Dependiendo de la envergadura de la obra, esto se puede hacer de diferentes maneras:

Dosificación de materiales: Consiste en medir las cantidades de cemento, arena, grava, agua (y aditivos si los hay) conforme a la “receta” del hormigón que queramos. En obras profesionales, la dosificación viene dada en peso (por ejemplo, 350 kg de cemento, 0,6



m³ de arena, 0,8 m³ de grava y 175 L de agua para 1 m³ de hormigón de resistencia 25 MPa). En obras pequeñas o a pie de obra, a menudo se dosifica por **volumen usando baldes o capazos**: por ejemplo, una dosificación casera típica es “1 de cemento : 2 de arena : 3 de grava”, que significa por cada balde de cemento echar 2 del mismo balde llenos de arena y 3 de grava; luego el agua la ajustan hasta ver la consistencia. Sin embargo, hay que procurar medir con precisión, no “a paladas” sin control, porque variaciones en materiales alteran la calidad. Lo ideal es usar el mismo recipiente para medir para mantener proporciones constantes, y preferiblemente usar métodos más exactos si es una estructura importante. **Nunca** dosificar por intuición o “lo que parezca bien”, siempre seguir una proporción establecida. Asimismo, si se emplearán aditivos, hay que agregarlos según las instrucciones (normalmente vienen concentrados, se echan en el agua o directamente en la hormigonera en cantidades muy pequeñas respecto al cemento, p. ej. un litro de plastificante por cada 100 kg de cemento, según fabricante).

Amasado (mezclado): Una vez dosificados, hay que **mezclar** los componentes hasta lograr una masa homogénea. Esto se puede hacer de tres formas principales:

- *Mezcla manual:* Solo recomendable para volúmenes muy pequeños (por ejemplo, hacer 1 o 2 baldes de hormigón para un reparcho). Se extiende la arena y la grava en el suelo limpio o mejor sobre una plataforma, se añade el cemento en seco y se mezcla en seco con pala hasta homogeneizar color; luego se hace un cráter en medio, se echa parte del agua y se va “bateando” con la azada o pala, incorporando la mezcla seca de los bordes hacia el centro. Es un proceso pesado y difícil de hacer uniformemente para cantidades grandes, por eso se limita a pequeñas cantidades.
- *Mezcla con hormigonera de obra:* Es lo más común en obras de tamaño pequeño-medio donde no se trae hormigón premezclado. La **hormigonera** es un tambor giratorio. El proceso típico es: con el tambor funcionando en rotación, se echa primero algo de agua, luego se agrega el grava y arena, después el cemento, y finalmente el resto de agua con aditivo si lo hay. Se deja girar suficiente tiempo (normalmente unos 1-2 minutos mínimo tras cargar todos los materiales) hasta que la mezcla se ve uniforme en color y consistencia. Es importante no sobrecargar la hormigonera más de su capacidad nominal (hay hormigoneras de 100 L, 150 L, etc.; meter más material del que pueden mezclar resulta en mezcla incompleta). Tampoco se debe dejar material pegado en las paredes; de vez en cuando con la pala se ayuda si algún rincón queda sin mezclar. La hormigonera permite producir hormigón de mejor calidad que a mano, y en mayor cantidad continua.



- **Hormigón premezclado (de planta):** En obras medianas y grandes, suele optarse por comprar **hormigón preparado** en una planta de hormigón y transportado en camiones hormigonera (los camiones de cuba giratoria). Esto garantiza una dosificación precisa y una mezcla homogénea con control industrial. Los camiones suelen cargar 6 a 9 m³ de hormigón. Al llegar a obra, mantienen el giro lento para que no se asiente el árido en el fondo. Luego descargan por su tolva trasera. También existen camiones más pequeños para obras de difícil acceso. Como operario, si se usa hormigón de planta, el trabajo de amasado en sí no lo hacemos, pero debemos *estar listos para recibirlo y colocarlo* rápidamente, pues desde que se mezcló en la planta ha empezado a fraguar (un camión tarda idealmente menos de 1 hora en entregar su carga; no debe exceder ~2 horas sin añadir retardantes).



Una vez mezclado el hormigón, hay que **llevarlo hasta el encofrado o zona a hormigonar**:

Transporte interno del hormigón fresco: Debe ser relativamente rápido para que el hormigón no empiece a fraguar en el camino. Los métodos comunes:

- **Carretillas:** En obras pequeñas o tramos cortos. Se vuelca la mezcla de la hormigonera a una carretilla de obra y el operario la lleva rodando hasta el vertido. Es manual y lento si hay mucha distancia o escalones (a veces se construyen rampas).
- **Cubilotos y grúas:** En obras de edificación con grúa torre, se emplean cubos grandes (de 0,5 a 2 m³) que se llenan desde la hormigonera o camión, y la grúa los eleva hasta la planta deseada. Tienen una trampilla abajo que se abre para verter el hormigón en el encofrado. Este método mueve gran volumen rápidamente, aunque requiere coordinación y cuidado al verter desde altura moderada (se suele canalizar).
- **Bomba de hormigón:** Es un equipo especializado: un camión con bomba o una bomba estacionaria con tubería. Permite transportar el hormigón por tubería/manguera y colocarlo directamente donde se necesita, incluso a muchos metros de distancia horizontal o en altura (plantas superiores, techos). El hormigón debe ser lo bastante fluido para bombear. Los operarios guían la manguera por la zona a verter. Es el método más eficiente en vaciados grandes o zonas de difícil acceso, aunque cuesta contratarlo.

- *Otros:* En obras pequeñas sin maquinaria, a veces se lleva el hormigón a baldes y entre dos personas lo levantan y vierten (por ejemplo, para una columna alta sin medios se suben cubos con polea). También se han usado cintas transportadoras en algunas obras para distribuir mezcla en losas amplias.



Lo importante durante el transporte es **evitar la segregación**: si se vuelca el hormigón desde mucha altura o se agita en exceso, la grava puede separarse de la pasta de cemento, haciendo que llegue mal mezclado al molde (piedras aparte y mortero aparte). Por eso, cuando se vierte de la hormigonera a la carretilla o al cubilote, se hace con cuidado, y al vaciar la carretilla en el encofrado, se procura hacerlo lo más cerca posible del fondo (no tirarlo desde 2 metros de alto). Los medios como canaletas o trompas se usan para guiar la caída. Otra consideración: el tiempo. Una vez mezclado, el hormigón fresco tiene un “tiempo de trabajabilidad” limitado (usualmente entre 45 minutos y 2 horas según temperatura y aditivos). Pasado ese tiempo, empieza a endurecer y ya no se puede colocar ni compactar bien. Por eso, **organizar la obra** para hormigonar sin demoras es clave: tener los caminos libres, las herramientas a mano y el personal suficiente para mover el hormigón a buen ritmo.

En resumen, la preparación del hormigón comprende dos fases: lograr una **mezcla homogénea** con la dosificación adecuada (amasado), y **llevarla hasta el sitio** de colado manteniendo su uniformidad (transporte). Una buena planificación y método de mezclado garantizan que el hormigón que llega al encofrado tenga la calidad necesaria para, una vez fraguado, cumplir su función estructural.

5.3. ARMADO

5.3.1. DOBLADO Y CORTE DE ARMADURAS

El proceso de **armar** consiste en preparar las barras de acero (ferralla) según las formas y dimensiones requeridas en el elemento estructural y luego montarlas. El primer paso suele ser cortar las barras a las longitudes necesarias y doblarlas en las formas especificadas. Esto requiere interpretar los planos o indicaciones de ferralla (por ejemplo, “barras de 12 mm de diámetro, longitud 5 m, con ganchos de 10 cm en los extremos”, o “estribos de 20x30 cm con patas de 5 cm”).



Corte de barras: Las barras de acero corrugado vienen de fábrica en tramos largos (p. ej. 12 m). En obra es raro usar la barra entera sin cortar; lo usual es cortarlas a la medida. Para diámetros pequeños (hasta 8-10 mm), se puede usar una **cizalla de mano** o cizalla de palanca: es como una gran tijera con mangos largos que hacen de palanca para seccionar el acero. Para diámetros mayores, o en cantidad, se emplean máquinas cortadoras: por ejemplo, una **tronzadora** eléctrica con disco abrasivo para metal (radial fija de obra) que corta relativamente rápido incluso diámetros gruesos, aunque genera chispas y calor. También existen cizallas hidráulicas o eléctricas portátiles que muerden el acero. En cualquier caso, el corte debe hacerse con cuidado: medir bien la longitud a cortar (hay que considerar además si la pieza requiere luego dobleces, se mide de cierto modo el desarrollo). **Seguridad:** usar gafas al cortar (por saltos de partículas o chispas), guantes y sujetar bien la barra para que el trozo cortado no salga despedido.

Doblado de barras: Muchas armaduras requieren doblar las barras en ángulos (p. ej., ganchos al final de una barra recta para anclaje, estribos cuadrados, patillas, etc.). El acero corrugado, especialmente en diámetros medianos (8-16 mm), se puede doblar en frío en obra sin problemas si se usan las técnicas adecuadas. Hay en obra equipos llamados **mesa de doblado** o **banco de doblar**: suelen ser unas estructuras metálicas con un eje y agujeros donde se insertan pernos que hacen de topes, permitiendo introducir la barra y hacer palanca para doblarla al ángulo deseado. Muchos operarios también doblan de forma más sencilla: clavan una barra gruesa en un palet de madera o entre bloques a modo de poste, apoyan allí la barra a doblar y con otro tubo o barra a modo de palanca la curvan. Para estribos (que suelen ser de diámetros finos, 6 u 8 mm), a menudo se hace manualmente con un doblador portátil: un hierro con una muesca donde se sujeta la varilla y se gira, obteniendo estribos cuadrados repetitivos con la medida deseada (hay dispositivos sencillos para esto). **Normativas:** Cada diámetro tiene un radio mínimo de doblado para no dañar el acero (por ejemplo, no se deben hacer ángulos cerrados con radios muy pequeños ya que podrían fisurar la barra). En la práctica, se suele doblar alrededor de un perno cuyo diámetro sea al menos 3-5 veces el de la barra, logrando una esquina suave. Al hacer ganchos (doblar la punta de la barra), se acostumbra a $\sim 135^\circ$ con un tramo recto final de cierta longitud. Estas especificaciones suelen venir en planos de armado, pero el ferrallista con experiencia ya sabe patrones comunes (ganchos de 10 veces diámetro, etc.).

Medición y marcaje: Es útil marcar con tiza o rotulador en la barra los puntos donde hay que doblar o cortar, según las medidas. Si tenemos, por ejemplo, que hacer 10 estribos de 20 x 30 cm, se puede hacer primero uno y luego usarlo de plantilla para marcar los siguientes, asegurando uniformidad. Para barras largas con varios doblados (como estribos con patillas, etc.), se marca cada segmento. Un error común es confundir las medidas exteriores con interiores, hay que tener en cuenta que al doblar, la longitud total “desarrollada” de la barra se reparte entre lados y curvas.

Preparación de armaduras en taller vs obra: En obras grandes, a veces toda la ferralla se corta y dobla en talleres especializados que entregan las piezas listas. En obras pequeñas o en el día a día, el albañil/ferrallista lo hace in situ con las herramientas mencionadas. Es un trabajo que requiere precisión (unos centímetros de más o de menos pueden hacer que la armadura no quepa bien en el encofrado o que no cumpla la longitud de anclaje necesaria). Por ello, es recomendable revisar dos veces las medidas antes de cortar, y doblar lentamente controlando el ángulo.

Ejemplo práctico: Supongamos que vamos a armar un pilar de 3 m de alto y sección 30x30 cm, con 4 barras longitudinales de 12 mm y estribos de 6 mm cada 20 cm. Según planos, los estribos tienen forma cuadrada 25x25 cm (para dejar recubrimiento de ~2.5 cm) y las 4 barras van en las esquinas. Para hacer los estribos, tomamos varilla de 6 mm: cada estribo tendrá $25+25+25+25 = 100$ cm más solapes de unos 5 cm en la unión, total ~105 cm de varilla por estribo. Cortamos varios trozos de 105 cm. Luego, con una plantilla, doblamos 90° en tres puntos para formar el cuadrado y dejamos las puntas traslapadas que se atarán. Para las barras longitudinales, simplemente cortamos 4 de 3 m (si vienen de 6 m, cada barra a la mitad). Y a cada barra se le puede doblar un gancho de ~10 cm a 135° en cada extremo para mejorar anclaje en la base y cabeza del pilar. Tras preparar esto, ya tenemos la ferralla lista para atar (ver siguiente sección).

En resumen, en la fase de corte y doblado se “fabrican” las piezas de la armadura.

Consejos: trabajar en zona despejada, usar anteojos y guantes, sujetar bien las barras largas para que no golpeen al liberar esfuerzos, y mantener un orden (por ejemplo, apilar los estribos hechos, etiquetar conjuntos de barras por elemento). Un buen armado empieza con barras bien cortadas y dobladas en la forma correcta.

5.3.2. COLOCACIÓN Y ATADO DE FERRALLA

Una vez que las barras de acero están cortadas y dobladas según lo requerido, llega el momento de **colocarlas en su posición definitiva** dentro del encofrado y **unirlas entre sí** para que formen un esqueleto estable que no se desmonte durante el vertido de hormigón. A este proceso se le conoce coloquialmente como “montar la ferralla” o “ferrería”. Implica distribuir las barras en el espacio del elemento (viga, pilar, losa) con las separaciones correctas y fijarlas mediante alambre u otros métodos.



El **atado con alambre** es el método tradicional y más usado para fijar las armaduras. Se utiliza un alambre recocido (es un alambre negro, relativamente blando y maleable, de ≈ 1 a 1.5 mm de diámetro) cortado en trozos de unos 15 a 20 cm. En cada punto donde dos barras se cruzan o contactan (por ejemplo, en cada esquina donde un estribo rodea a una barra longitudinal, o donde dos barras se solapan), se coloca un trozo de alambre formando una lazada que luego se retuerce firmemente con la ayuda de unas **tenazas**. El operario generalmente cruza el alambre en forma de “X” en la intersección, engancha los extremos con la tenaza y gira, enrollando el alambre sobre sí hasta tensarlo. Finalmente dobla el sobrante hacia adentro para que no sobresalga un pico peligroso. Este procedimiento se repite en suficientes puntos hasta que toda la armadura queda consistente.

Colocación de barras principales: Supongamos una viga: primero se disponen las barras longitudinales inferiores sobre soportes (o sobre el propio encofrado inferior si ya tiene separadores), luego se colocan los estribos uno a uno “ensartándolos” por las barras (como haciendo pasar las barras largas a través de los estribos cuadrados). Después se agregan las barras superiores (si la viga las lleva) dentro de los estribos. Finalmente, se ubican los estribos en sus posiciones finales a lo largo de la viga (según el espaciamiento de diseño, p. ej. cada 20 cm) y se atan con alambre a las barras largas para que no se muevan. En un pilar, la secuencia es similar: se colocan las barras verticales, se meten los estribos rodeándolas, se distribuyen, y se atan en cada esquina. En una losa, la ferralla suele ser una cuadrícula: se ponen primero todas las barras en una dirección, paralelas y separadas a distancia fija (usando un distanciador o a ojo medido con una varilla patrón, ej. cada 15 cm); luego encima o por debajo (según se arme en capas) las de la otra dirección, formando una retícula, y se atan en muchos de los puntos de cruce.

Mantener la geometría: Mientras se coloca la ferralla, es crucial garantizar las separaciones y cubrir las dimensiones del elemento. Por ejemplo, si un pilar es de 30x30 cm, las barras de las esquinas deben realmente formar ese cuadrado interno de $\sim 25 \times 25$ cm (dejando recubrimiento hacia el encofrado). Se suelen emplear pequeñas guías: cuñas, bloques o marcas en el encofrado para saber dónde va cada barra. Otra técnica: usar plantillas de madera o hierro con agujeros donde encajar las barras en la base y tope del elemento, manteniendo posición (esto se ve en pilares o muros a veces). En forjados, se tiran líneas de referencia con cordel para alinear las barras.

Solapes y empalmes: En algunos casos las barras no abarcan todo el largo necesario y hay que empalmarlas con otra barra (solape). El solape consiste en superponer las dos barras paralelamente cierta longitud (por ejemplo 30-50 veces el diámetro de la barra) y atarlas juntas en varios puntos, asegurando la continuidad. Es importante escalonar los solapes: no conviene que todos queden en la misma sección de la estructura, se suelen alternar para no debilitar una zona. El albañil debe seguir las indicaciones: por ejemplo, si en planos dice “longitud de solapo = 50 cm”, respetar eso al traslapar dos barras, atándolas en al menos 2 o 3 puntos a lo largo de ese solape.

Uso de soportes temporales: A veces para mantener la armadura en su sitio se utilizan puntales o amarres provisionales. Por ejemplo, en un muro alto, la jaula de ferralla una vez atada se puede desfigurar, por lo que se apuntala con algún madero hasta que se encierre con el encofrado. En vigas, es usual apoyar las barras inferiores en pequeños tacos (que luego serán separadores) para que no toque el fondo del molde.

Cantidad de atados: No todas las intersecciones requieren alambre, pero sí las suficientes para que nada se desplace. En estribos de pilares, se suele atar al menos en 2 esquinas alternas (muchos ferrallistas atan las 4 esquinas para máxima rigidez). En mallas de losas, se ata quizá cada 2 o 3 cruces en cada dirección, más en bordes. Un exceso de alambres tampoco perjudica excepto por tiempo, pero la falta puede hacer que al hormigonar se muevan las barras. Hay que encontrar un equilibrio.

Otras formas de unión: Además del alambre, hoy existen **grapas o bridas plásticas** específicas para ferralla y **pistolas de atado automático** (que envuelven y tuercen alambre a batería rápidamente). Sin embargo, en la mayoría de obras básicas se sigue con el método tradicional manual que, si bien laborioso, permite ajuste fino.

Revisión final del armado: Una vez colocada y atada la ferralla, conviene repasar todo: que no falte ninguna barra que marque el plano (contar número de barras colocadas vs número previsto), que los estribos estén todos y con la orientación correcta, que las barras estén bien centradas (no pegadas al encofrado, lo que corregiremos luego con separadores), y que las armaduras de distintos elementos estén convenientemente conectadas si es el caso (por ejemplo, las esperas de las columnas deben enganchar con las vigas, etc.). También verificar rigidez: tocando la armadura, esta no debe bambolearse en exceso; un esqueleto bien atado es prácticamente una pieza sólida. Cualquier atado flojo se ajusta.

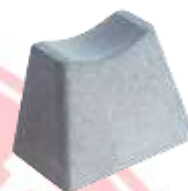
Ejemplo: Continuando el ejemplo del pilar 30x30 armado con 4Ø12: ya tenemos 4 barras de 3 m con sus ganchos, y unos 15 estribos cuadrados 25x25. Colocamos las 4 barras de pie (o sobre una mesa, a veces se arma horizontal y luego se levanta) formando el cuadrado de sección. Vamos introduciendo los estribos desde un extremo distribuyéndolos a lo largo. Luego, uno de nosotros sostiene la forma y otro procede a atar cada estribo a cada barra en al menos dos puntos opuestos. Poco a poco la jaula toma rigidez. Al terminar, el pilar tiene su esqueleto de acero firme, que podemos levantar y colocar en la posición definitiva dentro del encofrado (o montar el encofrado alrededor). Este proceso es similar para cada elemento.

En resumen, la colocación y atado de la ferralla es un **trabajo meticuloso**: es como armar el esqueleto de la estructura antes de rellenarla de hormigón. Una ferralla bien colocada garantiza que el acero quedará donde debe estar y cumplirá su función una vez hormigonado.

5.3.3. SEPARADORES Y RECUBRIMIENTO

Al montar la armadura dentro del encofrado, es imprescindible asegurar que exista el **recubrimiento** de hormigón adecuado alrededor del acero. El *recubrimiento* es la capa de hormigón que va desde la superficie de la pieza hasta las barras de refuerzo más cercanas. Esta capa protege al acero de la corrosión y del fuego, y asegura una buena transmisión de esfuerzos. Para lograr un recubrimiento uniforme, se emplean unos pequeños dispositivos llamados **separadores** (también conocidos como calzos, tacos, soportes, distanciadores).

¿Qué son los separadores? Son piezas pequeñas hechas típicamente de plástico, mortero o fibra-cemento, que se colocan entre la armadura de acero y el encofrado, manteniendo una distancia fija entre ambos. Hay de diversas formas: unos parecen “sillas” o calzadores de plástico, otros son como discos o cubos de mortero con un alambre, etc. Por ejemplo, en una losa se suelen poner separadores de plástico en forma de silla bajo la malla para que ésta quede elevada unos 2-3 cm sobre el fondo del encofrado. En pilares y muros, se usan piezas circulares que se enganchan a las barras y las mantienen separadas del molde lateral. Los separadores deben ser **resistentes pero discretos**: suficientemente firmes para no aplastarse bajo el peso del acero o el hormigón, pero de tamaño pequeño para no dejar huecos grandes ni ser puntos débiles. Los de mortero o concreto tienen la ventaja de que son básicamente el mismo material que el hormigón, integrándose con él. Los de plástico no causan reacción, pero hay que asegurarse de que queden bien cubiertos dentro y no se asomen en la superficie final.



Importancia del recubrimiento: El hormigón protege al acero de la corrosión gracias a su alcalinidad y a ser barrera física. Pero si la barra está muy cerca de la superficie (recubrimiento insuficiente), puede que la humedad exterior la alcance pronto o que, en un incendio, el calor llegue al acero rápidamente debilitándolo. También el recubrimiento sirve para anclar bien la barra (que esté rodeada de suficiente hormigón para transferir esfuerzos). Los reglamentos estructurales suelen fijar recubrimientos mínimos según la exposición: por ejemplo, en elementos no expuestos al clima (interiores secos) quizá 20 mm; en elementos en contacto con tierra o intemperie, 30 mm o más; en estructuras en ambiente marino incluso 50 mm. En la práctica de obra, unas **2 a 3 cm** de recubrimiento es lo más habitual para vigas, losas y pilares comunes. En cimentaciones en el terreno se da un poco más, típicamente **5 cm** ya que el suelo húmedo es agresivo.

Colocación de separadores: Deben ponerse suficientes para que la armadura no se mueva y para que no se deforme el encofrado. Un separador cada cierta distancia. Por ejemplo: en un muro de 3 m de alto, cada barra vertical puede llevar un separador circular cada 50-80 cm en altura pegado al encofrado exterior y otro al interior; en una losa de suelo, se distribuyen sillas cada 0.5-1 m bajo la malla. Es importante colocar



separadores **antes** de hormigonar, y revisarlos. Muchas veces en la prisa, algunos olvidan los separadores o los colocan solo luego de armada la ferralla; siempre hay que verificar que todas las caras tendrán su recubrimiento.

Control durante el hormigonado: Cuando se esté vertiendo el hormigón, puede ocurrir que la presión o el vibrador muevan la armadura. Por eso, es labor del operario comprobar que no se desplazan los separadores. A veces, lamentablemente, durante la colada se patean o se descolocan sin darse cuenta. Una buena práctica es **atar** algunos separadores a la armadura (muchos traen alambres para eso), de modo que no se caigan. O en su defecto, tras el vertido inicial, parar un momento y con una varilla comprobar que la armadura no se pegó al encofrado (si suena metálico muy cerca de la cara, mal asunto).

Recubrimiento y acabados: Hay que considerar que el recubrimiento es la capa que luego, al desencofrar, veremos como *superficie de hormigón*. Si los separadores eran apropiados, esa superficie se verá uniforme. Si había una barra muy cerca, puede que incluso asome un relieve o se note (y peor, la punta de un estribo podría quedar al descubierto, lo cual está mal y requerirá reparación con mortero). También, un recubrimiento excesivo (por error dejar 6-8 cm cuando no hacía falta) no es deseable porque aleja el refuerzo de la zona eficiente de trabajo y puede generar más fisuración de recubrimiento. En resumen: **lo indicado es lo óptimo**.

Resumen de buenas prácticas con separadores y recubrimiento:

- Usar el tipo de separador adecuado para cada situación (no el mismo para suelo que para pared, etc., hay específicos).
- Colocarlos en cantidad suficiente antes de verter.
- Respetar las distancias mínimas de recubrimiento: por ejemplo, no permitir que una barra toque el encofrado; debe haber un separador manteniendo esos centímetros.
- Verificar justo antes de hormigonar: un recorrido visual para confirmar que en todas las caras hay separadores visibles.
- Durante el vertido, reponer o recolocar si alguno se mueve.
- Tras el fraguado, si se detecta armadura demasiado superficial (p.ej., que se ve tras desencofrar), hay que protegerla (con recubrimientos adicionales de mortero, pinturas pasivadoras, etc.), pero es mejor prevenirlo desde la colocación correcta.

En conclusión, los separadores son pequeños aliados que garantizan algo fundamental: que el acero quede **bien embebido** en hormigón. Sin ellos, por muy bien que hayamos armado, corremos el riesgo de que la armadura termine mal posicionada. Así que nunca se deben olvidar ni escatimar, forman parte esencial de la ejecución de hormigón armado de calidad.



5.3.4. COMPROBACIONES PREVIAS AL HORMIGONADO

Antes de proceder a verter el hormigón en un elemento (ya sea una viga, un forjado, un pilar o cimiento), es obligatorio realizar una **inspección previa** de todo lo que se ha preparado. Esta última revisión, a modo de lista de control, permite detectar posibles fallos o descuidos a tiempo, cuando aún es fácil corregir (antes de que todo quede embebido en hormigón). Veamos las principales **comprobaciones previas** que se deben hacer:

- **Encofrados firmes y estancos:** Revisar que el encofrado esté correctamente montado, alineado y bien sujeto. Todas las piezas de encofrado (tablas, paneles, chapas) deben estar bien fijadas con sus puntales, sopandas, tirantes o amarres tensados, de modo que no se abran ni deformen con la presión del hormigón fresco. Comprobar que no queden huecos o juntas abiertas por donde pudiera escaparse la lechada de cemento al verter; si las hay, rellenarlas con masilla, espuma o trapos húmedos, o ajustar las uniones. También confirmar las dimensiones: por ejemplo, medir con cinta el ancho de un pilar en varios puntos para ver que el molde no se ahusó; verificar la posición (plomo de un encofrado de pilar con una plomada, nivelación del encofrado superior de una losa con un nivel). Un encofrado bien apuntalado evitará siniestros (reventones o desplazamientos) durante el hormigonado.
- **Limpieza del interior:** Es frecuente que dentro del encofrado (especialmente en vigas y pilares) queden restos de la obra: virutas de madera, clavos, alambre sobrante, polvo, grava suelta, hojas, etc. Toda esa suciedad debe **retirarse** antes de hormigonar, ya que si queda allí formará nidos de grava o debilitaciones en el hormigón. Se puede limpiar con cepillo, aire a presión, aspiradora industrial, o incluso pasando agua a presión (aunque luego habrá que achicarla). Muchos encofrados de pilares tienen una puertecita abajo justo para poder limpiarlos y mojarlos. También se debe eliminar agua estancada si hubiera (por lluvia, etc.), pues mezclaría la lechada. El interior debe quedar limpio y preferiblemente **humedecido** antes del vertido (no empapado en charcos, pero sí húmedo) para que la madera no absorba agua del hormigón. A veces se aplica **desencofrante** (aceite) en las caras internas del molde para facilitar luego el desencofrado; si se aplica, asegurarse de hacerlo antes de montar la ferralla o protegiendo que no la manche en exceso, porque el aceite sobre las barras reduce la adherencia.
- **Armadura colocada según planos:** Repasar la ferralla: verificar que todas las barras requeridas están en su sitio y atadas firmes. Usar el plano de armado como checklist: por ejemplo, “tenía que haber 4 barras del 16 longitudinales, contamos 4; estribos cada 20 cm, mirar que no falte ninguno ni estén más separados; esperas de pilares colocadas, etc.”. Chequear especialmente zonas críticas: anclajes en apoyos (¿las barras de la viga entran lo suficiente en el pilar? ¿tienen ganchos si así se pedía?), solapes (¿están los traslapes de longitud correcta y bien atados?), refuerzos locales (a veces hay barras extra en puntos especiales,



asegurarse de que se pusieron). Corregir cualquier error: más vale demorar unos minutos en agregar la barra olvidada que luego lamentar un defecto estructural.

- **Colocación de separadores:** Como vimos, chequear que los separadores estén en su lugar y en número suficiente en todas las caras: inferior, laterales, superior (en el caso de una losa que tendrá hormigón por encima de la armadura superior, hay separadores llamados “caballetes” que mantienen esa armadura de arriba elevada; hay que verificar que estén). Si falta alguno, añadirlo. Los recubrimientos visibles a simple vista parecen correctos (p. ej., no se ve una barra pegada al encofrado).
- **Elementos embebidos y reservas:** Si la estructura requiere dejar *huecos* o piezas incorporadas, hay que tenerlos listos. Ejemplos: pasatubos o conductos embebidos (mangas de PVC que atraviesan un muro para instalaciones), cajas eléctricas en un forjado (para focos), arranques o esperas (barras salientes para continuar con otro tramo posteriormente), anclajes o platinas (p. ej., pernos para sujetar una columna metálica que se colocará después, estos pernos se fijan en el encofrado antes de hormigonar) ... Todos estos elementos se deben posicionar correctamente y fijar para que no se muevan con el hormigón. La comprobación previa es crítica: ¿Está puesto el manguito donde va la tubería de desagüe? ¿Se instaló la reserva para la escalera? ¿Las esperas de la siguiente planta tienen la altura correcta, alineación y están bien atadas? Olvidar una reserva puede implicar tener que picar el hormigón endurecido luego, con el esfuerzo que conlleva.
- **Equipos listos:** No es parte de la estructura, pero antes de iniciar el vertido se verifica que todo esté preparado: vibradores funcionando (probarlos brevemente), herramienta a mano (palas, cubos, regla vibrante si aplica, manguera para curado lista, etc.), personal en sus puestos (se asignan roles: quién vibra, quién maneja la canaleta, quién nivela la superficie, etc.). Si se va a hormigonar con bomba, comprobar la tubería conectada y cebada; si es con cubilote, que la grúa esté operativa. Este checklist operativo evita parones a media faena. También, si el clima es muy caluroso, prever lonas para dar sombra o agua para curar inmediato; si hace frío, mantas.
- **Autorización técnica:** En obras formales, tras la revisión, el encargado o el técnico (jefe de obra, estructurista o director de ejecución) debe dar el visto bueno. Muchas veces se realiza una **recepción de armadura** por parte del técnico, quien firma que está conforme. Conviene adoptar ese hábito: no echar hormigón hasta estar 100% seguros de que todo está en orden. Un par de fotos a la ferralla armada también son útiles como registro.

Hechas todas estas comprobaciones, se puede iniciar el **hormigonado** con tranquilidad, sabiendo que la “cama” está lista. Es importante mentalizarse de que una vez que se echa el hormigón, ya no hay marcha atrás para arreglar algo interno, por eso esta fase previa es crucial. Los errores más comunes cuando no se revisa son: ausencia de algún inserto (luego hay que perforar el hormigón), ferralla desplazada (luego se descubre la



barra casi expuesta), encofrados con fugas (se pierde la lechada y queda hormigón pobre en cemento en zonas), etc. Todos evitables con un chequeo diligente.

En resumen, antes de hormigonar: estructura limpia, acero en su sitio, moldes seguros, y equipo preparado. Solo así pasamos a la siguiente etapa con garantías de éxito.

5.4. HORMIGONADO

5.4.1. PROCEDIMIENTO DE VERTIDO

El **hormigonado** es la operación de colocar el hormigón fresco dentro del encofrado o zona preparada, de manera que llene todos los espacios y envuelva completamente las armaduras. Un vertido correcto es fundamental para conseguir un elemento compacto y resistente. Veamos cómo se realiza paso a paso y las precauciones a tomar.



Inicio del vertido: Se comienza normalmente por un extremo o esquina del elemento y se avanza progresivamente. Si es un elemento vertical (como un pilar o muro), el hormigón se vierte preferiblemente en capas o tongadas ascendentes. Si es horizontal (losa, forjado), se echa por paños, extendiéndolo. En cualquier caso, no conviene descargar todo de golpe en un solo punto; es mejor **ir distribuyendo** para que el hormigón no tenga que fluir largas distancias por sí solo (eso podría causar segregación, con la grava quedándose atrás y la pasta fluyendo más).

Altura de caída: Un punto importante es controlar la altura desde la que cae el hormigón. Si se deja caer libremente desde mucha altura (más de 1,5-2 m), la energía de impacto puede separar los agregados (las piedras golpean y se separan de la mezcla). Por eso, en elementos altos como muros largos, se suele hormigonar usando **tubos o tremies** para que el hormigón descienda dentro de ellos y salga abajo sin fuerza. O se vierte inclinando el balde cerca de la boca del encofrado. La imagen de un operario “tirando” el hormigón desde lo alto sin guía es lo que debemos evitar. Siempre que sea posible, acercar la salida del hormigón lo más próximo al lugar definitivo: por ejemplo, usando la canaleta del camión hormigonera para dirigir el chorro, o bajando el cubilote dentro del vano y abriéndolo a baja altura.

Secuencia en elementos extensos: En una losa grande, conviene hormigonar por franjas. Se divide mentalmente el área en zonas y se llena la primera zona hasta su espesor completo, luego se avanza a la siguiente contigua, etc., manteniendo un frente húmedo. Esto evita que el hormigón empiece a fraguar en un lado mientras aún no hemos llegado con el nuevo (lo que generaría una junta fría). En vigas continuas, a menudo se

hormigona tramo a tramo. Es vital coordinar la llegada de camiones o la producción para no tener interrupciones largas a mitad del vaciado.

Distribución manual: Conforme se va vertiendo, los trabajadores con palas o rastrillos **mueven y extienden** el hormigón para rellenar rincones y distribuirlo aproximadamente nivelado. Por ejemplo, en un encofrado de viga, uno puede usar una barra de acero a modo de chuzo para empujar el hormigón debajo de las barras inferiores y llenar bien la parte baja de la sección antes de seguir subiendo. Esto se complementa luego con el vibrado, pero una pre-distribución manual es útil.

Evitar desplazar la ferralla: Durante el vertido, hay que tener cuidado de **no golpear ni forzar la armadura**. Si lanzamos el hormigón con la pala muy fuerte contra la ferralla, podemos moverla. Si vemos que alguna barra se ha movido, inmediatamente parar y recolocarla (aunque sea parcialmente) antes de seguir. De ahí la importancia de que estuviera bien atada desde antes.

Ritmo de vertido: Debe ser **continuo pero controlado**. Continuo, porque una vez iniciado no queremos interrupciones largas (riesgo de juntas frías); pero controlado, para dar tiempo a vibrar correctamente cada capa y para no sobrecargar el encofrado bruscamente. En elementos altos, se vierte por capas de quizás 30-50 cm y se vibra esa capa, luego se echa la siguiente. Esto también reduce la presión instantánea en los encofrados (el hormigón empieza a fraguar mientras se pone la capa superior, aliviando presión total).

Tiempo disponible y juntas frías: Un concepto a manejar es la *junta fría*, que ocurre si el hormigón vertido se endurece superficialmente antes de que la siguiente tanda llegue encima, quedando una superficie de contacto deficiente entre ambas. Para evitarlo, planificar que no haya demoras: si un camión se retrasa demasiado y lo vertido empieza a fraguar, se debe hacer un *junto de construcción "forzada"*: es decir, parar allí, quizá meter barras de espera, y retomar más tarde; pero esto es complejo y reduce monolitismo. Mejor programar bien para evitarlo. Los aditivos retardantes a veces se usan en clima cálido para prolongar la trabajabilidad y evitar juntas frías.

Caso de elementos diferentes conectados: A veces se hormigona a la vez un grupo de elementos monolíticos, por ejemplo, una viga y el forjado vinculado, o un pilar y una zapata. Generalmente se hace todo junto si están integrados (monolíticos). Si no, se deja preparado algún dispositivo para junta (p. ej., latas, superficies rugosas). Si hormigonamos una viga que conecta con un pilar ya endurecido de antes, la unión debe tener las esperas de ferralla y se suele humedecer y limpiar la superficie del pilar, incluso aplicar lechada cementosa, para asegurar que la unión quede buena.

Clima durante el vertido: Si llueve ligeramente, se puede seguir hormigonando, pero protegiendo después. Si es lluvia fuerte, conviene cubrir porque puede lavar la mezcla superficial. Con calor extremo, hacer el vertido en horas más frescas si se puede y tener

gente para el curado inmediato (regando apenas haya asentado un poco). Con frío cercano a 0°C, evitar hormigonar si va a helar esa noche a menos que se proteja el elemento (la helada arruina el hormigón fresco). Siempre es mejor planificar hormigonados con buena previsión meteorológica.

Una vez colocado el hormigón en todo el encofrado, se pasa a la siguiente fase: **el vibrado y compactación**, que en realidad va de la mano con el vertido, haciéndose casi simultáneamente por tramos. Pero lo explicamos aparte por claridad.

En resumen, el procedimiento de vertido requiere **orden, continuidad y cuidado**. No es simplemente "tirar" el hormigón dentro: es depositarlo controladamente para que la estructura quede rellena perfectamente y la ferralla en su sitio. La paciencia y atención en esta etapa previenen defectos como nidos de grava (huecos), segregaciones o desplazamientos de armadura.

5.4.2. VIBRADO Y COMPACTACIÓN

Tras verter el hormigón en el encofrado, es necesario compactarlo adecuadamente para expulsar el aire atrapado y conseguir que la mezcla rellene todos los huecos, rodee completamente las armaduras y quede densa. Esto se logra mediante el **vibrado** o compactación del hormigón fresco.

El método más común es el **vibrado interno con aguja vibradora**. Consiste en introducir un cabezal vibrador (una especie de tubo metálico alargado conectado a un motor vibratorio) dentro del hormigón recién echado. Al vibrar, el hormigón licua momentáneamente: las partículas se reacomodan eliminando vacíos de aire, y el material asienta. Un buen vibrado hace la diferencia entre un hormigón poroso y débil, y uno compacto y resistente.



Técnica correcta de vibrado: El operario debe manejar el vibrador siguiendo estas pautas:

- *Inserción rápida, vertical:* Se introduce la aguja vibrante **verticalmente** (o lo más vertical posible) en la masa de hormigón, a velocidad rápida, hasta la profundidad deseada. Si estamos hormigonando por capas, la aguja debe penetrar también unos 10-15 cm dentro de la capa previamente colocada (ya vibrada) para amalgamarlas, evitando juntas entre capas.
- *Tiempo de vibración:* Se mantiene la aguja en el lugar unos pocos segundos (aprox. 5 a 15 segundos, dependiendo de lo fluido que sea el hormigón). No conviene excederse vibrando en un mismo punto, porque entonces el hormigón puede **segregar** (la grava tiende a asentarse demasiado y la lechada sube en exceso). Un indicador: vibrar hasta que la superficie del hormigón alrededor de la aguja se vea brillante y sin burbujas emergiendo. Cuando dejan de salir burbujas de aire y el sonido cambia (el vibrador suena distinto una vez que el aire salió), es momento de retirarlo.
- *Extracción lenta y en ángulo:* Se saca la aguja **lentamente**, incluso se recomienda hacerlo de forma ligeramente inclinada o moviéndola suave arriba y abajo al extraer. Esto permite que el hueco que deja se rellene gradualmente. Si la sacamos muy deprisa, podemos dejar un vacío o un “bujero” cilíndrico.
- *Espaciado de puntos de inserción:* Hay que repetir el proceso en una cuadrícula de puntos por toda la masa vertida. ¿A qué distancia entre puntos? Depende del radio de acción del vibrador (que a su vez depende del diámetro de la aguja). Un vibrador estándar de obra (aguja de ~5 cm diámetro) suele compactar eficazmente en unos 30-50 cm de radio. Así que se suele insertar cada medio metro más o menos, cubriendo solapadamente las áreas. Más vale pasarse un poco en cantidad de puntos que dejar zonas sin vibrar (que quedarían con aire). En zonas estrechas (ej. un pilar 30x30), un solo punto central quizá cubra todo, pero en zonas amplias se requieren muchos.
- *No arrastrar la aguja horizontalmente:* Un error que hay que evitar es querer mover el hormigón arrastrando la aguja dentro de él. El vibrador no es para “empujar” material; si se hace eso, se corre el riesgo de segregar y además de rozar la ferralla o el encofrado dañándolos. Siempre es mejor: sacar y volver a meter en otro punto cercano, no moverlo dentro.
- *Vibrar a distintas alturas si es muy alto:* En pilares o muros altos, se vibra por capas según se llena. No pretender vibrar 3 m de hormigón solo desde arriba; se va acompañando el llenado en vertical.

Atención a las esquinas y rincones: Las zonas alrededor de armaduras densas, esquinas del encofrado, fondos de vigas, son propensas a que queden bolsas de aire o lechada sin llenar. Con el vibrador, hay que asegurarse de penetrar en esos recovecos. A veces, además del vibrador interno, se puede dar unos golpes con un martillo en el exterior del encofrado (vibrado externo) para ayudar a desprender aire en esquinas. Esto se hace



suave para no dañar el molde, pero es útil en muros: se percute las caras exteriores mientras vibra adentro.

Signos de buen vibrado: La superficie del hormigón recién vibrado se ve ligeramente brillante (la lechada sube un poquito) y nivelada, sin huecos ni “nidos” asomando. Se observan armaduras embebidas sin burbujas adheridas. Y al desencofrar, la cara del hormigón debe aparecer lisa con poros pequeños y uniformes, no con cavidades grandes.

Exceso de vibrado: Hay que mencionar que vibrar en exceso puede provocar segregación: una nota que la grava se hunde demasiado y aparece mucho líquido en la superficie, o incluso un hormigón muy fluido puede segregarse con facilidad. Por eso, el vibrado lo realiza alguien con cierto entrenamiento que puede juzgar el tiempo necesario. También, no conviene **vibrar el encofrado** en sí directamente (apoyar la aguja en el tablero), porque produce huecos en esa zona y puede desplazar el molde.

Manual vs automático: Si no se dispone de vibrador mecánico (por alguna razón), la compactación manual es posible pero menos eficiente. Consiste en *varillar* el hormigón con una barra (meter y sacar una varilla repetidamente para punzar la mezcla) y golpear las paredes del encofrado con un mazo de goma o martillo. En elementos pequeños se puede más o menos lograr (por ejemplo, un pilar estrecho se “pica” con una varilla en toda su altura), pero no es tan garantizado. Siempre que se pueda, usar vibrador.

Coordinación con el vertido: En la práctica, el vibrado se va haciendo a la par que se hormigona. Por ejemplo, se echa hormigón hasta llenar media altura del elemento; mientras se sigue echando en la siguiente parte, una persona ya vibra la primera porción. En losas, uno va vibrando detrás de quienes van extendiendo. Lo ideal es no dejar pasar mucho tiempo entre colocar el hormigón y vibrarlo, porque si empieza a fraguarse puede no compactar bien.

Después del vibrado: Inmediatamente después de vibrar, si se trata de una superficie horizontal (ej. la cara superior de un forjado), se suele **reglear** o alisar la superficie. El vibrador interno no nivela la capa superficial, por lo que se pasa una regla larga para quitar exceso y nivelar con las guías (puede ser vibrante o manual), y luego se puede alisar con llana o fratar según el acabado requerido. En cambio, si es elemento confinado (pilar, viga), simplemente se vibra y la superficie queda contra el encofrado.

Resumen de reglas de vibrado (recordatorio breve):

- Introducir la aguja rápido y vertical, hasta abajo de la capa.
- No vibrar demasiado tiempo en un mismo punto (pocos segundos tras dejar de salir aire).
- Sacarla despacio y de forma inclinada.
- Repetir cubriendo uniformemente todo el volumen, solapando zonas.

- No golpear encofrados ni mover horizontal.
- Continuar vibrando por capas conforme se hormigona.

Con un buen vibrado, se logra un hormigón **compacto, sin huecos y de máxima resistencia**. Sin vibrar, quedarían vacíos (que se ven como cangrejas o nidos al quitar el molde) y menor adherencia a la armadura, comprometiendo la estructura. Por eso, se suele decir: “nunca es demasiado esfuerzo vibrar bien, porque luego es visible y fundamental”.

5.4.3. CURADO DEL HORMIGÓN

El **curado** es el conjunto de cuidados que se le da al hormigón recién colocado para asegurar que endurece de forma adecuada, manteniendo suficiente humedad y temperatura. Un curado correcto evita fisuras tempranas y garantiza que el hormigón alcance la resistencia que debe tener. Muchas veces se descuida esta etapa final, pero es crucial sobre todo en climas cálidos o elementos expuestos.

¿Por qué es necesario curar? Cuando el hormigón fragua, la reacción química del cemento con el agua (hidratación) necesita mantener un contenido de humedad. Si el hormigón se seca demasiado rápido (por viento, sol, calor), la superficie puede **agrietarse** por retracción plástica y además la hidratación se frena, resultando en menor resistencia. El curado provee agua o retiene la existente para que el cemento siga reaccionando. Además, la reacción desprende calor (en elementos masivos, el curado también incluye controlar que no haya diferencia térmica brusca entre interior y exterior para que no fisure por tensiones térmicas, pero en obras pequeñas esto es menos crítico).



Métodos de curado húmedo: La forma tradicional es mantener la superficie **húmeda** continuamente por al menos 7 días (tiempo variable según cemento; 7 es un mínimo típico). Hay varias técnicas:

- *Riego frecuente:* Rocíar con agua la superficie expuesta del hormigón varias veces al día para que siempre esté mojada. En una losa, por ejemplo, se puede formar un pequeño encharcamiento controlado. Es importante que el agua de curado no sea excesivamente fría en relación al hormigón si este está caliente, para no generar choque térmico, pero normalmente agua ambiente va bien.
- *Cubrir con arpillera húmeda:* Colocar sacos de yute, telas de arpillera o mantas sobre el hormigón y mantenerlas mojadas. Esto evita la evaporación rápida. Por ejemplo, sobre una losa se tienden sacos remojados que se vuelven a regar periódicamente.
- *Film plástico o lonas:* Cubrir el elemento con plásticos impermeables (polietileno) crea un ambiente cerrado donde la humedad no escapa. Esto es muy efectivo para que no se evapore el agua, aunque hay que vigilar que el plástico no vuele y que cubra bien los bordes. En climas cálidos, el plástico evita evaporación, pero la temperatura debajo puede subir, es un balance.
- *Cura con arena o tierra:* Menos común en estructurales, pero a veces se recubre la losa con una capa de arena húmeda.
- *Inmersión:* Si se pudiera, mantener el elemento inundado. Solo práctico en piezas pequeñas horizontales (por ejemplo, fundir unas losetas y dejarlas bajo agua).
- *Compuestos de curado:* Son líquidos químicos (curing compounds) que se rocían y forman una membrana sobre el hormigón que reduce la evaporación. Son útiles cuando no es práctico mojar continuamente. Crea una película similar a una cera; en algunos casos luego se retira o se deja. En obra general no siempre se dispone de ellos, pero existen.

Cuando comenzar el curado: En cuanto la superficie del hormigón esté firme al tacto (no antes, para no dañarla). Por ejemplo, unas horas después del vertido, cuando ya no se ve agua superficial y ha endurecido lo suficiente para no marcarse con un dedo, se inicia el curado. En climas cálidos se suele empezar dentro de las primeras 4 horas. Mientras tanto, antes de eso, conviene proteger del sol y viento (poner un plástico suelto sin tocar la superficie, etc.).

Duración del curado: Lo ideal son **7 días** manteniendo la humedad. En elementos masivos o con cemento lento, 14 días. Si se usa cemento de alta resistencia inicial o aditivos acelerantes, podría ser algo menos, pero por regla general una semana es estándar. Algunas normas dicen curar hasta alcanzar el 70% de la resistencia especificada. En clima muy seco/caluroso, incluso 10 días. Para hormigón en tiempo frío, el curado además implica mantenerlo a $>5^{\circ}\text{C}$, a veces tapándolo con mantas térmicas o aplicando calor, para que fragüe bien.

Curado de partes encofradas: Mientras un elemento sigue encofrado, en cierto modo ya está curándose porque el encofrado (sobre todo si es madera) retiene humedad. Por eso a veces se deja más tiempo el encofrado en elementos verticales para favorecer curado. Aun así, conviene regar esas superficies expuestas. En pilares, se puede mojar la cara superior y dejar encofrados laterales unos días. En muros, se puede mojar por arriba y esperar antes de desencofrar.

Al retomar la explicación sobre el **curado del hormigón**, es importante destacar las consecuencias de un mal curado:

Si no se cura adecuadamente, es muy probable que aparezcan **fisuras de retracción** en la superficie pocas horas después del vertido, especialmente en climas secos o con viento. Estas fisuras se forman porque la superficie del hormigón se contrae al secarse rápidamente mientras el interior sigue húmedo. Además, un curado deficiente significa que el cemento no pudo hidratarse por completo, lo que resulta en una resistencia final menor a la prevista. La capa superficial del hormigón mal curado puede quedar débil o **polvorienta** (se “deshará” al frotarla, un síntoma llamado *polvo superficial* o *craquelado*), lo que no es deseable en elementos que estarán expuestos o recibirán recubrimientos.

Precauciones adicionales durante el curado: En tiempo **frío**, el curado también implica mantener el hormigón a una temperatura adecuada. Si la temperatura baja de 0°C antes de que el hormigón haya endurecido suficientemente, el agua dentro puede congelarse, expandirse y arruinar la pieza (el hielo rompe la estructura porosa del hormigón fresco). Por eso, en climas fríos se puede cubrir con mantas térmicas o incluso emplear calefactores. En climas **muy cálidos**, conviene evitar hormigonar en las horas de máximo sol, y asegurar riegos más frecuentes. A veces se continúa el curado más allá de 7 días si las condiciones lo ameritan o si se usó un cemento de fraguado lento.

Transcurrido el período inicial crítico (primeras 48 horas) con un buen curado, el hormigón habrá ganado suficiente firmeza para no fisurar por retracción plástica. Sin embargo, mantener la humedad durante varios días más solo mejorará su calidad. Vale recordar que el hormigón va ganando resistencia con el tiempo (aproximadamente al 7º día puede tener ~70% de la resistencia de 28 días).

Resumen: Curar el hormigón significa **mantenerlo húmedo y protegido**. En obra, una recomendación práctica es: *“El hormigón no se puede olvidar después de colado; hay que atenderlo como a un bebé recién nacido, al menos por una semanita”*. Esto incluye mojar, tapar, y vigilar que nadie lo dañe ni cargue antes de tiempo. Con ello aseguramos un elemento sin fisuras prematuras, con superficies íntegras y con la resistencia deseada para su vida útil.

5.4.4. DESENCOFRADO: TIEMPOS Y PRECAUCIONES

El **desencofrado** es la operación de retirar los moldes o encofrados que dieron forma al hormigón una vez que este ya ha fraguado y adquirido suficiente resistencia para sostenerse por sí mismo. Hacer el desencofrado en el momento adecuado y con cuidado es fundamental para no dañar la estructura joven ni comprometer su seguridad.

Tiempos de desencofrado: No existe un único tiempo fijo para todos los elementos; depende de varios factores: tipo de cemento, condiciones ambientales (temperatura), importancia estructural del elemento y el tipo de encofrado (soporte). Sin embargo, hay **orientaciones generales** de obra:

- Para elementos verticales o laterales **sin carga** (pilares, caras laterales de vigas, muros): El encofrado cumple solo la función de molde, no soporta peso tras el fraguado, así que puede retirarse relativamente pronto. Suele desencofrarse a las **24-48 horas** después del hormigonado, siempre y cuando el hormigón haya endurecido lo suficiente para no deformarse al tacto. Un criterio práctico es que la superficie esté dura (que al raspar con la uña o un objeto metálico no se marque fácilmente). En clima frío se espera más, en clima cálido a veces 1 día es suficiente.
- Para elementos horizontales que **sí soportan peso propio** (losas, vigas): Aquí el encofrado (y sobretodo los puntales) sostenía el hormigón fresco contra la gravedad. No se puede quitar hasta que el hormigón tenga resistencia para no venirse abajo. Tradicionalmente se esperaban **7 días** para desencofrar losas y vigas de pequeños vanos, dejando apuntalamientos intermedios (puntales sueltos) unos días más si es necesario. En estructuras más grandes, se podría esperar **14 días** o incluso **28 días** completos para quitar todos los puntales, dependiendo de lo indicado por el ingeniero. Por ejemplo, una losa de un solo tramo puede desencofrarse a 7 días manteniendo algunos puntales secundarios hasta los 14 días (recalce), y ya sin ningún apoyo a 28 días cuando se supone que alcanzó su resistencia característica. Cada obra puede tener su plan: lo importante es no precipitarse. Mejor pecar de dejar el molde un tiempo extra (no pasa nada salvo el costo de tenerlo ocupado) que sacarlo temprano y que se produzca un colapso o fisuración por deformación.
- Elementos **prefabricados o con aditivos especiales** pueden alcanzar resistencias altas en 1-2 días, pero en obra común, sin prisas excesivas, los plazos arriba mencionados son seguros.

ELEMENTO	TIEMPO PARA EL DESENCOFRADO	
Muros	12 horas	
Pilares	12 horas	
Laterales de vigas y trabes	3 días	
Forjados de vigas o viguetas	Ancho menor a 760mm	3 días
	Ancho mayor a 760mm	4 días
Losas sin vigas con luces menores de 3.00 m	7 días	
Columnas	3 días	
Losas y vigas hasta 3 metros de luz	7 días	
Losas y vigas de más de 3 metros de luz	21-28 días	
Voladizo hasta de 1.20 metros	14 días	
Voladizo de más de 1.20 metros	20-28 días	
Muros	3 días	
Fondos de Vigas	21 días	

Precauciones al retirar:

- **Seguridad personal:** El desencofrado puede implicar piezas pesadas cayendo o liberándose. Los obreros deben usar casco, posicionarse fuera de la trayectoria de caída de paneles, y seguir un orden lógico (por ejemplo, primero quitar los accesorios de fijación, luego aflojar puntales de forma escalonada, no de golpe).
- **Secuencia de desmontaje:** Generalmente, se invierte el orden de montaje. Por ejemplo, en un forjado: primero se retiran las partes no esenciales (moldes laterales, tableros intermedios) pero se dejan algunos puntales hasta el final. En un pilar: se quitan las abrazaderas o tensores, luego se abre el molde lateral con cuidado.
- **Soporte intermedio:** Si se retiran puntales de un nivel inferior mientras niveles superiores ya hormigonados se están endureciendo, hay que asegurarse de reubicar puntales de seguridad (recalce). En edificios, suele haber norma de mantener apuntalada una planta por debajo de la que se hormigonó recientemente.
- **Comprobar resistencia:** A veces se realizan **ensayos de resistencia** para decidir desencostrar (ej. probetas a 7 días). Se debe seguir lo que indique el encargado o proyecto. Un método empírico: medir la dureza con un martillo pequeño (si suena sólido, es buen signo) o la temperatura (el hormigón en su proceso de fraguado se calienta un poco y luego enfría; tras enfriar suele estar ya duro).



- **Cuidado de las aristas y superficies:** Al quitar las tablas o paneles, hay riesgo de desconchados en esquinas o adherencias. Para minimizarlo, se habrá aplicado **desencofrante** antes del hormigonado. Aún así, conviene **desencofrar con delicadeza**: utilizar palancas o cuñas de madera en puntos amplios, no tirar bruscamente. Si alguna pieza ofrece resistencia por estar pegada, se puede dar ligeros golpecitos para despegarla en lugar de forzar. En elementos verticales, apoyar la mano mientras se suelta para que no se caiga de golpe el tablero.
- **Inspección tras desencofrar:** Inmediatamente después de quitar el encofrado, revisar el estado del hormigón: buscar posibles **defectos** (burbujas grandes, nidos de grava, fisuras, etc.). Si se encuentran, señalarlos para repararlos con mortero más adelante. También comprobar la geometría: a plomo, nivel, dimensiones. Por ejemplo, ver si un pilar quedó bien vertical; si no, se podría intentar corregir en plantas superiores o con recubrimientos, pero mejor detectarlo pronto.
- **Curado continuo:** Quitar el encofrado no significa terminar el curado. Si se retira antes de 7 días, las superficies que estaban protegidas ahora quedan expuestas y **deben curarse también** (seguir mojando o tapando). Un error común es desencofrar un muro al 2º día y no mojarlo, provocando fisuras en esas caras.

Ejemplo práctico de desencofrado: Supongamos que hormigonamos un forjado (loseta + vigas). Pasados 3 días quitamos las **pieles laterales** de vigas (porque aligeramos trabajo y esas no son de carga; el interior sigue apuntalado). Al día 7, evaluamos que la losa ya está dura; procedemos a retirar cuidadosamente los tableros inferiores de la losa, de a pocos, mientras mantenemos puntales cada 2-3 m para que la losa no esté totalmente libre todavía. Luego de un par de días más, retiramos esos puntales. En total a los 10 días, la estructura está por sí sola. Durante este proceso, en cuanto sacamos los paneles inferiores vimos la cara inferior del techo: si notamos algún agujerito, lo tapamos con lechada; si está todo bien, lo dejamos. Inmediatamente regamos esa cara que ahora está al aire para seguir curando.

Recapitulación: Los tiempos de desencofrado dependen de la resistencia ganada por el hormigón. Nunca se debe apresurar por la impaciencia de reutilizar encofrados, ya que un desencofrado prematuro es peligroso. Siguiendo las pautas de la dirección técnica y usando el sentido común (más vale esperar un día de más que uno de menos), y retirando con cuidado para no dañar aristas, lograremos que la estructura quede con buenas terminaciones y segura una vez liberada de su molde.

6. SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS

6.1. INTRODUCCIÓN A LOS SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS

Los *solados*, *alicatados* y *chapados* son revestimientos discontinuos formados por piezas rígidas (baldosas, azulejos, losetas, placas, etc.) que se colocan sobre los elementos constructivos (suelos, paredes, fachadas) como acabado final. Estos revestimientos cumplen una doble función: por un lado, protegen la superficie estructural de humedad, desgaste u otros agentes externos, y por otro aportan un



acabado estético y funcional adecuado al uso del espacio. A diferencia de los revestimientos continuos (como yesos o pinturas), los solados, alicatados y chapados se componen de múltiples piezas unidas mediante material de agarre y juntas, lo que requiere una colocación cuidadosa para garantizar su adherencia, nivelación y durabilidad en el tiempo.

6.1. DEFINICIÓN Y FINALIDAD DE LOS SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS

Cada uno de estos términos se refiere a un tipo específico de revestimiento con piezas rígidas:

- **Solado:** Revestimiento del **suelo** mediante piezas rígidas (baldosas cerámicas, losetas de piedra, terrazo, etc.), adheridas al soporte. El resultado es un *pavimento* resistente y decorativo que soporta el tránsito.
- **Alicatado:** Revestimiento **vertical interior** mediante baldosas cerámicas u otras piezas delgadas adheridas a paredes o tabiques. Es típico de cocinas, baños y zonas húmedas, donde los azulejos protegen el muro de salpicaduras y facilitan la limpieza, a la vez que decoran.
- **Chapado:** Revestimiento **vertical (interior o exterior)** con placas rígidas de mayor formato o espesor (piedra natural, plaquetas decorativas, paneles), fijadas al paramento con adhesivos de montaje y, en muchos casos, con anclajes mecánicos auxiliares. Suele emplearse en zócalos de fachada, portales, aplacados de piedra en exteriores o recubrimientos decorativos especiales.



La **finalidad** principal de estos revestimientos es triple: **protección, decoración y adecuación funcional** de las superficies:

- **Protección:** Resguardan el soporte base (forjado, muro, etc.) de factores que puedan dañarlo. Por ejemplo, un alicatado cerámico en un baño impermeabiliza la pared frente al agua; un solado de gres protege la solera de hormigón del desgaste por tránsito; un chapado pétreo en fachada preserva el muro de la lluvia y cambios térmicos. En resumen, actúan como una *barrera* frente a la humedad, el desgaste mecánico, los químicos de limpieza u otros agentes.
- **Decoración:** Brindan el acabado estético visible. Mediante la selección de baldosas o placas de distintos colores, texturas y formatos, se define el estilo del espacio (rústico, moderno, clásico, etc.). Un mismo cuarto de baño puede tener un aspecto totalmente distinto según el alicatado elegido, y lo mismo sucede con la apariencia de un suelo o una fachada chapada. Estos revestimientos permiten lograr diseños atractivos, juegos de formatos (por ejemplo, combinando cenefas o listelos en un alicatado) y acabados acordes a la estética deseada.
- **Funcionalidad de uso:** Preparan la superficie para su uso previsto. Un suelo requiere ser *transitable, nivelado y fácil de limpiar*, cosa que proporciona un buen solado. Las paredes de una ducha requieren ser *impermeables e higiénicas*, función que cumple un alicatado cerámico. En general, estos revestimientos mejoran las prestaciones del elemento base: añaden dureza superficial, facilitan la limpieza, aportan impermeabilidad local y en algunos casos incluso aislamiento térmico o acústico adicional (por ejemplo, un chapado con paneles con cámara de aire puede mejorar el aislamiento de un muro). Además, un revestimiento bien ejecutado evita tener que dejar el material base a la vista (que podría ser tosco o polvo) y lo adapta al uso diario.

6.1.1. MATERIALES UTILIZADOS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

En la ejecución de solados, alicatados y chapados intervienen diversos materiales, tanto las piezas de acabado en sí como los productos para su colocación y terminación. A continuación, se describen los principales:

- **Baldosas cerámicas:** Son el material más común en solados y alicatados. Se fabrican a partir de arcillas y otros minerales cocidos a alta temperatura, conformando piezas rígidas de diversas formas y tamaños. Dentro de este grupo hay subtipos: los *azulejos* (baldosas finas de pasta porosa, esmaltadas, típicas de paredes interiores), las baldosas de *gres* extrusionado o prensado (más resistentes, para suelos), y las baldosas *porcelánicas* (cerámica de muy baja absorción,



extremadamente dura y apta tanto para suelos como paredes, incluso en exterior). Las cerámicas ofrecen gran durabilidad, impermeabilidad superficial (si están esmaltadas o son porcelánicas), resistencia a productos de limpieza y una amplísima variedad estética. Su espesor suele oscilar entre 6 mm (mosaicos o azulejos finos) hasta 15 mm en piezas de gres porcelánico robustas. Por ser piezas rígidas, requieren un soporte plano y un buen material de agarre. Se colocan con juntas entre sí que luego se rellenan, lo cual absorbe leves diferencias dimensionales y evita roturas por dilatación.

- **Piedra natural:** Incluye materiales pétreos como mármol, granito, pizarra, caliza, arenisca, entre otros, cortados en placas o losetas para usarse como revestimiento. Las piezas de piedra natural suelen ser más gruesas y pesadas (por ejemplo, planchas de 2 cm de granito pulido, losetas irregulares de laja, etc.) y tienen una resistencia excepcional a la intemperie y al desgaste. Su apariencia es muy apreciada por su *nobleza* y belleza natural (vetas del mármol, texturas del granito, brillo de la pizarra, etc.). Dado su peso, al instalar piedra natural adherida en vertical (chapados) es habitual emplear **anclajes metálicos** de seguridad adicionales al mortero cola, sobre todo en exteriores o piezas de gran tamaño, para prevenir desprendimientos. Las piedras pueden presentar acabados superficiales variados: pulido brillante, mate, abujardado (rugosidad granulada), flameado (textura rugosa por choque térmico), entre otros, según se requiera aspecto liso o antideslizante. Su coste es elevado comparado con la cerámica, e implica mano de obra especializada, pero proporciona revestimientos muy duraderos y de alto valor estético.



- **Piezas artificiales y prefabricadas:** Para reducir costes o facilitar la instalación, existen materiales *simil piedra* o prefabricados que se usan en solados y chapados. Ejemplos: el **terrazo** (loseta fabricada con fragmentos de mármol aglutinados con cemento, que luego se pule; muy usado en suelos), las **plaquetas decorativas de hormigón polímero** imitando ladrillo o piedra (de poco espesor, para chapar paredes interiores o fachadas ligeras), o los **aglomerados de cuarzo** y resinas (tipo *silestone* para revestir paredes de baños, cocinas, etc.). Estos materiales suelen ser más ligeros y manejables que la piedra maciza, con espesores menores (1-2 cm típicamente) y formatos regulares. Su apariencia está conseguida: hoy en día muchos prefabricados imitan tan bien a la piedra o ladrillo que a simple vista cuesta distinguirlos. También existen paneles compuestos (ej.: sándwich con aislante o



placas de yeso laminado decorativo) que permiten chapados rápidos, aportando además aislamiento o regularización. Las características de durabilidad varían: un terrazo bien hecho puede durar décadas en un suelo de alto tránsito; una plaqueta de hormigón polímero resiste intemperie, pero quizá menos golpes fuertes que un granito. En general, se colocan con adhesivos cementosos, y según su peso también pueden requerir fijaciones mecánicas en muros.

- **Morteros y adhesivos de agarre:** Para fijar las baldosas o placas al soporte se emplean morteros y cementos especiales. Tradicionalmente se ha usado *mortero de cemento y arena* (mezclado con agua in situ) en capa gruesa para solados y algunos chapados: este mortero proporciona una base niveladora y adherencia tras su fraguado. Hoy es más común el **cemento cola**, un adhesivo cementoso en polvo premezclado al que solo se añade agua, formulado específicamente para colocar baldosas en capa fina o media. Estos adhesivos vienen modificados con polímeros que les dan gran adherencia incluso en capas delgadas, flexibilidad y distintas propiedades según la aplicación (interior, exterior, porcelánico, rápido secado, etc.). Hay distintas clases (normal, mejorado C1 o C2, deformable S1, muy deformable S2, etc. según norma), que el profesional elige en función del tipo de pieza y soporte. Para casos especiales (revestimientos sometidos a químicos fuertes, o sobre soportes no porosos) existen adhesivos de resinas *epoxi* o poliuretano, aunque su uso es más puntual por su mayor complejidad y coste. En cualquier caso, un correcto material de agarre es clave: debe garantizar la adherencia durable de cada baldosa al soporte, soportando tensiones de uso sin desprenderse.



- **Materiales de rejuntado:** Una vez colocadas las piezas y fraguado el adhesivo, las *juntas* entre baldosas se rellenan con un mortero fino especial denominado **lechada** o *cemento para juntas*. Viene normalmente en polvo (cemento con resinas y pigmentos) y se mezcla con agua hasta formar una pasta fluida que se embute en las juntas. Al endurecer, forma un relleno sólido que impermeabiliza parcialmente la red de juntas y da un acabado homogéneo al conjunto. Las lechadas vienen en múltiples colores para combinar con la baldosa (blanco, gris, crema, colores intensos, etc.). Para juntas muy finas se formula más fluida, y para juntas anchas (rústicas) se usan morteros de junta más gruesos. Existen también *rejuntas epoxi*, de dos componentes resinosos, que proporcionan juntas 100% impermeables y altamente químico-resistentes, utilizados en zonas como piscinas, laboratorios, industrias alimentarias, etc. Además del material de junta, se utilizan **selladores**



elásticos (siliconas, poliuretanos) en aquellas juntas de movimiento o perímetros donde se requiere flexibilidad en lugar de mortero rígido.

- **Elementos complementarios:** Durante la colocación y acabado se emplean otros materiales auxiliares: las **crucetas separadoras** o calzos (de plástico) para dejar una separación uniforme entre baldosas; perfiles de remate o *cantoneras* (de PVC, aluminio, acero inoxidable) para esquinas salientes o bordes de terminación, que protegen las aristas de las baldosas y mejoran el aspecto; láminas **desolidarizantes** o impermeables (membranas que se ponen bajo el solado para desacoplar movimientos o evitar filtraciones, de las que hablaremos en la ejecución); paneles de soporte (p.ej. placas de cemento para recibir azulejos en paredes de cartón-yeso en zonas húmedas); y por supuesto anclajes metálicos en el caso de chapados pesados. Todos estos componentes contribuyen a un resultado final de calidad si se seleccionan y utilizan correctamente.



6.2. EJECUCIÓN DE SOLADOS, ALICATADOS Y CHAPADOS

La correcta ejecución de estos revestimientos requiere una planificación previa y el seguimiento de técnicas apropiadas en cada etapa. A continuación, se detallan las condiciones que deben verificarse antes de comenzar, los métodos de colocación según el tipo de revestimiento (suelos, paredes interiores, chapados especiales) y las labores de acabado posteriores. Un trabajo bien ejecutado garantiza que el solado, alicatado o chapado cumpla su función sin desprendimientos, fisuras ni defectos, manteniéndose adherido y en buen estado durante mucho tiempo.

6.2.1. CONDICIONES PREVIAS A LA EJECUCIÓN

Antes de iniciar la colocación de las baldosas o placas, es fundamental preparar tanto el entorno como los materiales y el soporte, asegurando que todo está en condiciones óptimas. Esto incluye comprobar las condiciones ambientales de la obra, preparar y verificar el estado del soporte donde se pegarán las piezas, y revisar las propias baldosas, adhesivos y demás materiales que se van a utilizar.

Consideración de las condiciones ambientales

Las condiciones de temperatura, humedad y clima durante la ejecución influyen notablemente en el resultado, por lo que deben controlarse:

- **Temperatura:** Lo ideal es trabajar en un rango templado (aprox. entre +5 °C y +30 °C). Con frío extremo el mortero tarda mucho en fraguar e incluso puede helarse el agua de la mezcla, arruinando la adherencia. Con calor excesivo o bajo sol directo, el mortero o adhesivo puede *fraguar* demasiado rápido, formando *piel*



superficial y perdiendo adherencia antes de colocar la baldosa. Por ello, se recomienda evitar colocar baldosas a pleno sol en las horas de más calor; es mejor hacerlo a primera hora de la mañana o cuando la superficie esté en sombra. Si hace mucho calor y baja humedad, conviene humedecer ligeramente el soporte (sin encharcar) para que no absorba instantáneamente el agua del mortero.

- **Humedad y lluvia:** El soporte debe estar *ligeramente húmedo, pero no empapado* al aplicar morteros de cemento tradicional. En cambio, para adhesivos cementosos modernos generalmente se requiere el soporte seco (salvo indicación del fabricante). Hay que evitar trabajar bajo lluvia o con humedad excesiva ambiental, ya que el agua puede diluir el cemento superficialmente y prolongar el fraguado, además de contaminar las juntas. En exteriores, conviene suspender el chapado/solado si llueve. Tras la colocación, las zonas recién alicatadas deben protegerse de la lluvia intensa hasta que el adhesivo haya endurecido.
- **Viento y corrientes de aire:** Un viento fuerte acelera la evaporación del agua del mortero, pudiendo producir un secado demasiado rápido. Si se trabaja en exterior ventoso o interior con corrientes, es recomendable tapar la zona (con lonas, plásticos) o cerrar vanos para limitar el flujo de aire durante las horas de fraguado inicial. Esto previene fisuras por retracción rápida o pérdida de adherencia.
- **Condiciones especiales:** En interiores cerrados, asegurar una ventilación moderada para evacuar la humedad de los morteros, pero sin corrientes bruscas. En climas fríos, no colocar baldosas en exteriores si se prevén heladas la noche siguiente. En climas muy cálidos y secos, trabajar por sectores pequeños y quizás humedecer superficies o cubrir con lonas húmedas lo colocado, para retardar ligeramente el secado y lograr una cura más uniforme del cemento.

Comprobaciones y tratamientos del soporte

El soporte (la superficie base donde vamos a adherir las piezas) debe estar en condiciones óptimas para garantizar una buena adherencia y un acabado plano. Antes de comenzar la colocación se realizarán las siguientes comprobaciones y preparaciones:

- **Resistencia y estabilidad:** Comprobar que el soporte es firme, estable y estructuralmente apto. En muros, verificar que no haya desprendimientos de revoques, partes huecas o sueltas. En suelos, la solera o forjado debe haber fraguado el tiempo suficiente (un hormigón requiere ~28 días para completar la mayor parte de su fraguado) y no presentar fisuras



activas. Si hay grietas significativas, conviene evaluarlas: fisuras pasivas pueden sellarse o puentearse con mallas o láminas desolidarizantes; fisuras vivas indican un problema estructural que debe solucionarse antes de solar.

- **Planitud y nivelación:** Pasar una regla larga o nivel sobre el soporte para detectar desniveles, *panza* o depresión. Para un buen resultado, el soporte debe ser lo más plano posible. Tolerancias: en paredes, apenas unos milímetros de desviación; en suelos, puede aceptarse alguna diferencia si se va a solar con mortero grueso (que permite ajustar nivel), pero si se va a usar capa fina de adhesivo el suelo debe estar prácticamente nivelado de antemano. Si el soporte presenta irregularidades considerables, se debe regularizar antes: en suelos se puede ejecutar una **capa de nivelación** (un recocado de mortero autonivelante o una capa de mortero semiseco para dejar el plano nivelado); en paredes se aplica un **enfoscado** o capa de mortero de cemento que rellene huecos y deje la pared aplomada y lisa. También se eliminan rebabas de hormigón, restos de mortero antiguo o protuberancias que sobresalgan, picándolas o lijándolas.
- **Limpieza:** La superficie ha de estar limpia, libre de polvo, grasa, pintura vieja mal adherida u otras sustancias que impidan la adherencia. Antes de alicatar/solar conviene barrer o aspirar bien el soporte y, si es cementoso y está muy seco, humedecer ligeramente para evitar polvo y mejorar la adherencia del mortero. Cualquier rastro de aceite de encofrado, desencofrante o grasa debe eliminarse (lavando con detergente y enjuagando, o usando un desengrasante específico) porque esas sustancias impiden que el cemento agarre.
- **Tratamientos de adherencia:** Según el tipo de soporte, puede requerir algún tratamiento previo: si es un hormigón o solera muy lisa y poco absorbente, se recomienda aplicar una **imprimación de puente de unión** (un líquido promotor de adherencia) o bien *rugosizar* mecánicamente la superficie (picarla ligeramente o fresarla) para que el mortero nuevo ancle mejor. Si el soporte es muy absorbente (p. ej. un enfoscado seco o un tabique de ladrillo poroso), conviene humedecerlo uniformemente con agua antes de aplicar mortero, para que no *chupe* el agua del adhesivo demasiado rápido. En paredes pintadas, si la pintura está mal adherida hay que rasparla completamente hasta llegar al material firme; si está bien adherida pero es satinada o impermeable, lijar o picar para crear porosidad, o aplicar imprimación específica que permita pegar encima. En caso de alicatar sobre **azulejos existentes** (rehabilitación), se debe limpiar y desengrasar muy bien la cerámica vieja, comprobar que ninguna pieza esté suelta (si hay, se retiran y rellena con mortero esos huecos), y utilizar un adhesivo mejorado apto para *sobre azulejo*; a veces se lija la superficie vidriada o se aplica un puente de unión para mayor seguridad.



- **Otros soportes:** Si se va a alicatar sobre placas de yeso laminado (pladur) en un baño, por ejemplo, asegurarse de que son placas *hidrófugas* (especiales para humedad) y de que la subestructura es suficientemente rígida para no flexar con el peso de las baldosas. En estos casos, aplicar siempre imprimación en las placas antes de colocar las baldosas con cemento cola flexible, y limitar el peso de las piezas según las recomendaciones del fabricante del panel. En chapados sobre aislantes térmicos (tipo SATE con espuma), normalmente no se adhiere directamente, sino que esos sistemas traen mallas de refuerzo y morteros base previos sobre los que luego ya se puede chapar o aplacar.

Revisión de piezas y materiales

Una vez verificado el soporte, se revisan las *piezas* que vamos a colocar y los materiales de agarre, para evitar sorpresas durante la ejecución:

- **Baldosas/plaquetas:** Comprobar que se cuenta con la cantidad suficiente de material para cubrir toda la superficie (incluyendo un porcentaje extra para cortes, desperdicios y posibles roturas futuras). Revisar visualmente las piezas: desechar o reservar aparte las que estén dañadas (esquinas rotas, fisuras) para usarlas en zonas de corte si es posible. En productos cerámicos, verificar que todas las cajas pertenecen al mismo *tono y calibre* (misma partida de fabricación) para que no haya variaciones de color o tamaño una vez colocado. Aun así, es recomendable mezclar baldosas de distintas cajas durante la instalación, alternándolas, para homogeneizar cualquier ligera diferencia de tono. Si las piezas tienen un diseño o dibujo que deba continuar (vetas de mármol, cenefas, etc.), planificar la secuencia antes de pegarlas. En chapados de piedra natural, conviene también seleccionar las placas por color/veta para repartir las variaciones de forma armoniosa en la superficie.
- **Adhesivos y morteros:** Asegurarse de tener en obra la cantidad necesaria de cemento cola, mortero u otros adhesivos, y del tipo adecuado. Verificar la fecha de caducidad de los sacos de adhesivo (pierden propiedades si están vencidos o mal almacenados mucho tiempo). Escoger el tipo correcto: por ejemplo, adhesivo específico para porcelánico si las baldosas lo son, o mortero cola flexible si el soporte es deformable (una plancha de madera, suelo radiante, etc.), adhesivo de exteriores para fachadas, etc. Tener agua limpia disponible para las mezclas, en cantidad suficiente. Preparar también los recipientes y herramientas de mezcla limpios (cubos, batidora eléctrica si se usa).
- **Herramientas y útiles:** Aunque no sean materiales de obra, es parte de la preparación verificar el equipo: reglas, niveles, llana dentada, maceta o mazo de



goma, cortadora de baldosas, amoladora con disco apropiado, esponjas, etc. Deben estar en buen estado para lograr un buen trabajo. Por ejemplo, una llana dentada deformada no aplicará el adhesivo uniformemente; un disco de corte sin filo quebrará las baldosas en vez de cortarlas limpio. También recolectar los accesorios: crucetas separadoras de la anchura deseada de junta, cuñas niveladoras si se utilizan sistemas de nivelación, perfiles de remate que vayan a colocarse, anclajes metálicos si el chapado lo requiere, etc., para tenerlos a mano cuando hagan falta.

- **Condicionamiento de piezas:** En ciertos casos tradicionales, las baldosas cerámicas porosas se sumergían brevemente en agua antes de colocarlas con mortero de cemento, para que no absorbieran demasiada agua de la mezcla (se las “moja” para mejorar la adherencia). Hoy día, con adhesivos modernos, generalmente **no se mojan** las baldosas (a menos que el fabricante lo indique) porque el propio adhesivo está formulado para esas condiciones. En cambio, en piedras naturales pulidas es recomendable limpiar el polvo de la cara posterior antes de pegarlas, y si son muy absorbentes quizás humedecer ligeramente esa cara posterior para mejorar la adherencia del cemento cola.

Con todas estas verificaciones hechas, se puede iniciar la ejecución con garantía de que tanto el entorno, el soporte como los materiales están listos y en condiciones adecuadas.

6.2.2. SOLADOS

El *solado* es la colocación de baldosas o losetas en suelos. Tras preparar el soporte como vimos, la ejecución de un solado puede variar según la técnica de agarre empleada. Básicamente existen dos enfoques: el tradicional de *capa gruesa* (usando mortero de cemento y arena in situ, que permite nivelar irregularidades importantes) y el moderno de *capa fina* o *media* (usando adhesivos preparados, sobre soportes ya nivelados). Además, antes de colocar las baldosas, en algunos casos especiales se añade una **capa de desolidarización** entre el soporte y el solado, para prevenir problemas de adherencia o fisuras. A continuación, se detallan estos aspectos y algunas consideraciones especiales en la ejecución de solados.

Colocación de capa de desolidarización

Una capa de *desolidarización* es una lámina intermedia que se coloca sobre el soporte del suelo antes de extender el mortero de agarre o el adhesivo. Su función es **desacoplar** el solado del soporte, es decir, evitar la unión rígida directa entre ambos, de modo que los movimientos o fisuras del soporte no se transmitan a las baldosas. En esencia, actúa como “amortiguador” de tensiones. Se utiliza en situaciones donde el soporte puede sufrir retracciones, dilataciones o fisuración: por ejemplo, sobre forjados o soleras de hormigón recién ejecutados (que al endurecer pueden fisurarse ligeramente o



asentarse), en solados sobre pisos de madera o entarimados (que dilatan/contraen con la humedad), o en grandes superficies donde se busca reducir tensiones.

Materiales típicos para desolidarizar son láminas plásticas de polietileno, membranas flexibles de caucho o láminas sintéticas con malla. La más simple es un film plástico delgado desplegado sobre el suelo; encima de él se coloca luego el mortero y las baldosas. Existen también membranas comerciales que además incorporan funciones de impermeabilización o incluso alivio de vapor. Al interponer esta capa, el nuevo solado “flotará” sobre el soporte: no estará adherido a él, sino apoyado. Así, si el soporte se mueve o fisura levemente, el solado no lo sigue directamente y es menos proclive a agrietarse. Es importante, eso sí, prever juntas perimetrales y de dilatación adecuadas, ya que el solado tendrá más libertad de movimiento respecto a los bordes. En obra nueva es relativamente común colocar una lámina de polietileno sobre la losa de hormigón antes del mortero de nivelación y las baldosas, como capa de deslizamiento. En rehabilitación, en cambio, puede recurrirse a membranas delgadas tipo *Schluter-DITRA* u otras, que además impermeabilizan, especialmente en baños, terrazas o cocinas industriales, donde se busca que ni fisuras ni humedad traspasen al soporte.

Solados en capa gruesa al tendido y a punta de paleta

La colocación **en capa gruesa** es el método tradicional de solar utilizando un mortero de cemento y arena de unos centímetros de espesor que simultáneamente nivela el suelo y fija las baldosas. Este método es adecuado cuando el soporte base no está perfectamente plano, pues la capa de mortero (de 2 a 5 cm típicamente) permite corregir desniveles. Se aplica mucho en obras de albañilería



tradicional, tanto en interiores como exteriores. Dentro de la técnica de capa gruesa, existen dos modalidades principales de colocación de las baldosas:

- **Al tendido:** Consiste en extender el mortero de cemento-arena sobre el suelo de forma continua, cubriendo una zona amplia (por ejemplo, una faja de 1 a 2 m de ancho). Primero se prepara el mortero de agarre con consistencia plástica (no demasiado líquido). Con ayuda de maestras, reglas o cordeles, se extiende el mortero sobre el soporte dejándolo plano, horizontal (o con la pendiente requerida) y a la altura adecuada para el espesor de la baldosa. Es decir, se hace una *cama de mortero* nivelada, ligeramente más baja que el nivel final. Sobre esta capa fresca de mortero, es práctica habitual **espolvorear cemento seco** (una fina capa de cemento puro en polvo) que al contacto con la humedad del mortero crea una capa de adherencia. Inmediatamente se colocan las baldosas una a una

encima del mortero tendido, presionándolas o golpeándolas suavemente con un mazo de goma para asentarlas. Se suele comenzar alineando la primera hilera según un replanteo previo, usando cuerdas o reglas como guía para mantener la dirección y cuadrícula. Al ir colocando, el mortero fresco permite ajustar ligeramente cada baldosa en altura y posición. Debe comprobarse constantemente con una regla larga y el nivel que las piezas queden coplanarias (todas al mismo plano, sin *cejas* o escalones entre una y otra) y según la planeidad deseada. El mortero rebosará parcialmente por las juntas al sentar la baldosa; ese excedente se retira para dejar espacio al rejuntado posterior. Con esta técnica, la adherencia es buena porque la baldosa apoya sobre toda la cama de mortero. Es importante no cubrir con mortero más superficie de la que se pueda solar antes de que empiece a fraguar (se trabaja por paños sucesivos).

- **A punta de paleta:** En esta modalidad, en lugar de extender el mortero por toda la superficie, se va aplicando porciones de mortero *pieza a pieza*. El operario coloca montoncitos de mortero en el reverso de cada baldosa o directamente sobre el punto del suelo donde irá la baldosa (habitualmente se usan tres o cuatro pegotes por pieza, según su tamaño, en forma de montículos). Después asienta la baldosa en su sitio, presionando y dando golpes con el mango de la maceta o el mazo de goma hasta que el mortero se aplasta y la baldosa baja a la altura deseada. Al hacer presión, algo de mortero asoma por los bordes, indicando que ha llenado el espacio debajo. De este modo se regula cada pieza individualmente en nivel con respecto a las contiguas. Periódicamente se verifica que no haya desviaciones de nivel o planeidad, corrigiendo inmediatamente cualquier baldosa mal asentada. La técnica de “a punta de paleta” es útil cuando las baldosas tienen ligeras diferencias de espesor o el soporte presenta irregularidades puntuales, ya que permite adaptar la cantidad de mortero bajo cada pieza. También se usa en colocación de baldosas de piedra irregular o rústica, donde cada losa puede tener espesor variable. El resultado final debe ser un solado uniforme, sin piezas sueltas. Esta técnica puede ser algo más lenta que el tendido continuo, pero brinda más flexibilidad en el ajuste individual. En cualquier caso, una vez colocado el solado (sea al tendido o a punta de paleta) se deja fraguar el mortero al menos 24-48 horas sin pisarlo ni cargar peso, para que endurezca completamente antes del rejuntado.

Ambos métodos requieren un buen replanteo previo del *despiece* del solado: se marca sobre el soporte o con hilos la disposición de las baldosas, para empezar en el lugar correcto (a menudo se ubica la primera hilera centrada o en un eje importante de la habitación, dejando los posibles cortes hacia los rincones menos visibles). También es aconsejable instalar baldosas de referencia a nivel en puntos clave (por ejemplo, una cada metro) antes de tender el mortero, de modo que sirvan de guía de altura al extender y nivelar la cama. Las juntas entre baldosas en capa gruesa suelen ser algo mayores (3-5 mm o más en rústicos) que, en capa fina, y se pueden usar crucetas separadoras para mantenerlas uniformes. Finalmente, notar que este es un trabajo



físico: hay que preparar mortero continuamente e ir agachándose para colocar piezas, por lo que se realiza por cuadrillas relevándose para mantener la calidad.

Solados en capa media y fina

La técnica de **capa media o fina** se basa en el uso de adhesivos preparados (cementos cola u otros) en espesores reducidos, generalmente entre 3 mm y 10 mm, para adherir las baldosas. A diferencia de la capa gruesa, aquí **no se pretende nivelar grandes irregularidades** con el material de agarre; por tanto, es fundamental que el soporte esté previamente plano y nivelado. Este método es el más empleado actualmente en obra nueva y reformas, especialmente con baldosas cerámicas y porcelánicas de tamaño estándar, debido a su rapidez y eficacia.



El proceso típico de capa fina es el siguiente: se mezcla el adhesivo cementoso con agua según las proporciones del fabricante, obteniendo una pasta homogénea y tixotrópica (que se adhiere al soporte sin gotear). Con una **llana dentada** se extiende el adhesivo sobre el suelo en franjas o pequeñas áreas, peinándolo para formar surcos uniformes. El tamaño de diente de la llana (6 mm, 8 mm, 10 mm, etc.) se elige según el formato de la baldosa; piezas más grandes requieren dientes mayores para asegurar suficiente espesor de adhesivo y cobertura bajo la pieza. A continuación, se coloca cada baldosa sobre el adhesivo fresco presionándola y moviéndola ligeramente adelante-atrás para asentarla y aplastar los surcos de adhesivo, logrando un contacto firme. Es importante que el adhesivo cubra por completo la base de la baldosa (se busca una adhesión de al menos ~90-100% de la superficie de la pieza en suelos, para que no queden huecos que puedan provocar roturas bajo carga). Para piezas de gran formato o en exteriores, es habitual practicar el **doble encolado**: aplicar adhesivo tanto en el soporte (peinado con llana dentada) como una capa fina en el dorso de la baldosa, garantizando la máxima cobertura.

La colocación se efectúa por paños progresivos, tratando de no extender más adhesivo del que se pueda cubrir en unos 20 minutos aprox., ya que estos cementos cola tienen un *tiempo abierto* limitado antes de que empiecen a endurecer. Se utilizan crucetas para mantener las juntas regulares entre baldosas. Periódicamente se comprueba con un nivel y una regla que no haya piezas altas o bajas (se corrigen mientras el adhesivo está fresco, añadiendo o quitando un poco si hizo falta). Muchos adhesivos actuales tienen propiedad *antideslizante*, lo que significa que sostienen la baldosa en la posición donde la pones sin que se hunda aunque el adhesivo esté todavía blando, facilitando que queden todas a nivel.

La **capa media** se refiere a un espesor algo mayor de adhesivo (quizá hasta 15-20 mm), usando cementos cola especiales de *cama gruesa* o *recrecido*. Esto se usa cuando el suelo tiene pequeñas irregularidades que salvar (no tan grandes como para mortero tradicional, pero sí de 5-10 mm). Son adhesivos más armados con áridos de mayor tamaño que permiten ese espesor extra sin retraer ni perder resistencia. En general, para solados interiores se intenta trabajar en capa lo más fina posible para minimizar retracciones. Si el soporte estaba bien nivelado (por ejemplo, un recrecido autonivelante previo), la capa de adhesivo puede ser de solo 3-5 mm con resultados excelentes.

Las ventajas de la capa fina son: menor esfuerzo físico (no cargar tanta arena/cemento, las mezclas se hacen fáciles en cubos), mayor velocidad de colocación en muchos casos, fraguados más rápidos (hay adhesivos rápidos que permiten pisar en pocas horas) y mejor adherencia en superficies difíciles gracias a aditivos. Como desventaja, exige más preparación previa del soporte y no tolera errores de planeidad: si se encuentra que el suelo hace un “valle” de 1 cm, habrá que parar y nivelarlo aparte, pues el adhesivo estándar no está pensado para rellenar tanto. Tras colocar todo el solado con este método, suele esperarse al menos 24 horas (más si es un adhesivo estándar) antes de transitar o ejecutar el rejuntado, para no mover piezas ni interrumpir la correcta hidratación del cemento cola.

Solados especiales

En ciertos casos, solar un espacio puede implicar técnicas o consideraciones adicionales debido a la naturaleza del lugar o las prestaciones requeridas. A continuación, se mencionan algunos solados particulares y cómo abordarlos:

- **Escaleras:** El solado de peldaños y escaleras requiere mucha precisión y un planteamiento específico. Por lo general, se utilizan piezas especiales o recortes de las baldosas para cubrir la *huella* (parte horizontal donde se pisa) y la *contrahuella* (frontal vertical del peldaño). Es crucial mantener la uniformidad de dimensiones: todas las huellas al mismo ancho y todas las contrahuellas a la misma altura, cumpliendo la normativa (para evitar tropiezos). Se suele comenzar revestiendo de abajo hacia arriba, peldaño a peldaño, para apoyarse en lo ya colocado; aunque si la escalera es el único acceso, a veces conviene dejar peldaños alternos sin solar para poder pisar y luego acabar esos. Cada peldaño debe quedar nivelado o con la pendiente ligera hacia afuera (en exteriores, para evacuar agua). En la arista de la huella, donde coincide con la contrahuella inferior, conviene poner un **perfil de protección** o pieza especial de remate (hay baldosas de escalón con borde redondeado o *tabica* antideslizante). Esto refuerza ese borde que recibe el impacto directo del pie y evita que se astille.



Además, mejora la seguridad al ser más visible/antideslizante. Durante la colocación, se aplica mortero cola tanto en el suelo del peldaño como en el alzado, y la pieza horizontal puede solaparse ligeramente sobre la vertical para un acabado estético. Es fundamental revisar con nivel cada escalón en ambos sentidos (frontal y lateral) para que no haya inclinaciones indebidas. Si la escalera tiene descansillos, se solarán con la técnica correspondiente (gruesa o fina) manteniendo alineación con los peldaños adyacentes. En escalones exteriores o de uso público, suele exigirse un acabado antideslizante (pieza rugosa o bandas adherentes) para prevenir resbalones.

- **Suelo radiante eléctrico:** Cuando bajo el solado se instala un sistema de calefacción por suelo radiante eléctrico (resistencias o cables eléctricos), la ejecución debe extremar ciertos cuidados. Primero, el cable o malla calefactora se coloca sobre el soporte (que idealmente lleva aislamiento térmico por debajo) siguiendo el diseño previsto, y se fija normalmente con cintas o grapas para que no se mueva. Antes de cubrirlo, se prueba el circuito para asegurar que el cable no está dañado. Luego, para envolver y proteger el cable, se suele aplicar una capa de mortero autonivelante o adhesivo nivelador que cubre totalmente los conductores sin dejar burbujas (los cables deben quedar **embebidos** en el mortero, sin aire alrededor, para transmitir bien el calor y no sobrecalentarse). Encima de esta capa (una vez fraguada) se procede a solar con baldosas usando adhesivo flexible. Es imprescindible emplear un **cemento cola flexible (clasificado S1 o S2)** y preferiblemente de tipo *flex* para suelos radiantes, dado que el continuo ciclo de dilatación y contracción por cambios de temperatura exige que el adhesivo absorba esas deformaciones sin desprender las baldosas. También se dejan juntas perimetrales (rellenas con material elástico) alrededor de todo el recinto, para que la solera calentada pueda expandirse ligeramente. Durante el montaje, hay que tener mucho cuidado de no cortar ni dañar el cable calefactor: se planifica la distribución de baldosas de modo de evitar, en lo posible, que las líneas de corte coincidan exactamente sobre un tramo de cable; y al usar la cortadora o radial para recortes, se extrema la precaución. Tras instalado el solado, no se debe encender inmediatamente la calefacción: se espera al menos el tiempo de curado completo del mortero (a veces 2-3 semanas) antes de ponerla en marcha gradualmente, para evitar choques térmicos en el adhesivo fresco. Un suelo radiante bien solarizado ofrece un calor uniforme y confortable, pero su correcta ejecución es vital para su durabilidad (un cable dañado o una baldosa suelta sobre el cable pueden suponer costosas reparaciones).



- **Estanqueidad y resistencia química:** En algunas aplicaciones, además de la colocación normal, se requieren **prestaciones especiales** del solado en términos de impermeabilidad o resistencia a agentes químicos agresivos. Por ejemplo, en zonas húmedas críticas como duchas, cuartos húmedos, terrazas sobre estancias habitadas o piscinas, se busca garantizar la **estanqueidad** total: para ello, antes de solar se suele implementar una impermeabilización continua del soporte (como una membrana líquida tipo *impermeabilizante cementoso* pintada sobre el forjado, o una lámina asfáltica o membrana acoplada) que quede debajo del adhesivo y las baldosas. Así, si el agua atraviesa las juntas, no alcanzará la estructura. Además, en el proceso de rejuntado se usan lechadas impermeables o aditivos hidrofugantes, y se sellan con silicona las uniones perimetrales y encuentros con desagües, para impedir filtraciones. Por otro lado, en entornos donde el pavimento estará expuesto a productos químicos (ácidos, álcalis, disolventes) que podrían atacar el cemento, se recurre a materiales de agarre y rejuntado especiales de alta **resistencia química**. Un caso típico son los suelos de laboratorios, industrias alimentarias o cocinas industriales: allí se suelen emplear baldosas porcelánicas (muy resistentes a químicos por su baja absorción) adheridas con morteros epoxi o poliuretánicos, y las juntas rellenas con *lechada epoxi*. Estas resinas, una vez curadas, resisten ácidos, grasas, sustancias corrosivas y no se disuelven ni permiten filtraciones. Su aplicación es más laboriosa (el epoxi es denso y hay que limpiarlo antes de que endurezca), pero garantizan un solado durable bajo condiciones agresivas. También en piscinas con cloro y spas se usan a menudo rejuntados epoxi para que el hipoclorito no degrade las juntas con el tiempo. En resumen, cuando la estanqueidad absoluta o la resistencia química son críticas, el sistema de solado incorpora capas impermeables bajo las baldosas y materiales de agarre/rejunte específicos, asegurando que ni el agua ni los químicos atraviesen o deterioren el revestimiento.



6.2.3. ALICATADOS

El *alicatado* abarca la colocación de baldosas o azulejos en paredes interiores. Aunque comparte similitudes con el solado (se usan adhesivos parecidos y también se dejan juntas), presenta particularidades: trabajar en vertical exige métodos para evitar el deslizamiento de las piezas mientras fragua el adhesivo, y las piezas suelen ser más delgadas. A continuación, se describen las fases de ejecución de un alicatado, desde la preparación del muro hasta los remates finales.

Condiciones previas y preparación del soporte

Antes de alicatar una pared, es esencial que ésta esté debidamente preparada:

- **Superficie plana y aplomada:** El muro debe estar lo más liso y vertical posible. Si la pared presenta desniveles acusados, agujeros o desplomes (falta de plomo), se corrige aplicando un enfoscado de mortero o una capa de yeso proyectado resistente (preferiblemente mortero de cemento en zonas húmedas). Cualquier irregularidad que no se corrija se reflejará luego en el alicatado (azulejos torcidos, resaltes). Se puede comprobar con una regla larga y plomada la planaridad en vertical y horizontal. En caso de tabiques de cartón-yeso (pladur), chequear que la estructura no flecha y que las juntas entre placas están rellenas y rasadas, pues de lo contrario podrían marcarse en el alicatado.
- **Limpieza y adherencia:** Igual que en solados, la pared debe estar limpia, sin polvo ni grasa. Si es nueva de obra (cemento fresco), conviene humedecerla ligeramente antes de alicatar para mejorar la adherencia del cemento cola. Si está pintada, se lija o pica la pintura para eliminarla o al menos para matarla y que el adhesivo agarre. En superficies muy lisas o poco porosas (hormigón visto, azulejo existente, pinturas firmes), aplicar una **imprimación puente** específica ayudará a que el adhesivo cementoso agarre mejor al muro.
- **Replanteo y nivelaciones iniciales:** Antes de pegar la primera baldosa, se realiza un replanteo del alicatado. Esto significa medir la superficie a cubrir y planificar cómo irán dispuestas las baldosas: cuántas filas cabrán en altura, cuántas columnas en ancho, y dónde quedarán los cortes. El objetivo es evitar terminar con *rieles* muy estrechos de baldosa en esquinas o en la parte superior. Lo ideal es que los cortes resultantes tengan un tamaño razonable y simétrico en ambos extremos de la pared. En ocasiones se decide comenzar con una baldosa entera desde un punto central y cortar en ambos lados, o bien iniciar con media pieza para alternar juntas (si el diseño es a *matajunta*). Además, se marca una **línea guía horizontal** completamente nivelada que sirva de referencia para colocar la primera hilada recta. A menudo se atornilla temporalmente un listón o regla de madera perfectamente nivelado a lo largo de esa línea, sobre el cual apoyarán las primeras filas de azulejos. Esto es especialmente útil si el alicatado no empieza desde el suelo (por ejemplo, cuando el solado se hará después, se suele dejar la primera fila sin colocar hasta tener el suelo, o apoyar el alicatado en un listón a unos centímetros del suelo). El listón garantiza que las baldosas no *resbalen* hacia abajo y que toda la hilera inicial quede recta. También se pueden trazar verticales con plomada en los extremos para mantener el alineamiento de las columnas de baldosas. En resumen, esta fase de replanteo y preparación garantiza que una vez empezemos a alicatar, sabemos exactamente dónde va cada pieza y cómo mantenerlas niveladas.



- **Comprobación de materiales:** Tal como se indicó antes, verificar tono, calibre y calidad de los azulejos. Tener preparados los recubrimientos de esquinas o cenefas si el diseño los incluye, y decidir su ubicación exacta. Si habrá cenefa decorativa, por ejemplo, marcar a qué altura irá para integrarla durante la colocación. También conviene proteger con cartón o plástico los elementos que pudieran mancharse alrededor (sanitarios, bañera, encimeras) antes de empezar a poner pegotes de adhesivo que pudieran caer.

Colocación de piezas

Con el soporte listo y las guías trazadas, se inicia el alicatado pegando las piezas una a una con el adhesivo adecuado:

Generalmente se comienza desde la parte inferior (encima del listón de arranque, si se puso) y desde un extremo o el centro según el replanteo. Se prepara una cantidad de **cemento cola** que se pueda utilizar en unos 20-30 minutos. Con la llana dentada se extiende el adhesivo sobre la pared en un área manejable, por ejemplo, suficiente para dos o tres baldosas de ancho por varias filas de alto. El *peine* de la llana (dientes) debe ser acorde al formato del azulejo: para azulejos pequeños (10x10, 15x15 cm) bastará un diente de 4-6 mm; para piezas mayores (20x30, 30x60 cm) se usan 8-10 mm, y en azulejos muy grandes y pesados se puede requerir doble encolado como en suelos. Tras peinar una capa de adhesivo uniforme, se toma la primera baldosa, se coloca sobre la pared alineándola con las guías (esquina con el listón, por ejemplo), y se presiona firmemente. A veces se le da un ligero movimiento de vaivén para asentarla bien. Luego se colocan las siguientes piezas adyacentes de la misma forma, insertando **crucetas separadoras** entre ellas para mantener la junta uniforme (comúnmente 2-3 mm en alicatados estándar, salvo diseño diferente). Es importante no presionar en exceso las baldosas hasta aplastar completamente el adhesivo; debe quedar un espesor detrás que garantice cobertura total. Si alguna pieza queda un poco hundida respecto a las anteriores (por presión excesiva), se puede despegar inmediatamente y añadir más adhesivo, o viceversa si quedó salida. El *nivel de burbuja* se utiliza tanto horizontal como verticalmente sobre varias baldosas para verificar que la hilada está recta y que las columnas no se inclinan. También con una regla plana apoyada se comprueba que ninguna baldosa sobresale (*diente*) respecto a su vecina.



En muros, por efecto de la gravedad, existe la tendencia al *deslizamiento*: baldosas recién pegadas podrían escurrir hacia abajo si el adhesivo es muy fluido o la pieza muy pesada.

Para contrarrestarlo, además de las crucetas que ayudan a soportar algo, muchos adhesivos para alicatado son tixotrópicos (no escurren). Aun así, es buena práctica montar de abajo arriba, de forma escalonada: se completa una fila apoyada en el listón y luego se continúa con la siguiente encima, etc., de forma que las piezas de abajo soportan a las de arriba en parte. Cuando el alicatado es a techo completo, se puede dejar la última fila de arriba para cortar a medida (por si el alto no da entero) e instalarla al final. Si el alicatado es solo hasta cierta altura (un zócalo), se suele rematar la parte superior con una pieza especial o cenefa.

Durante la colocación, habrá numerosos **cortes** y recortes de baldosas: en los encuentros con esquinas verticales, remates en puertas o ventanas, huecos para enchufes y griferías, etc. Para cortar azulejos se utiliza preferentemente una **cortadora manual** de cerámica (herramienta con una ruedecilla de carburo que raya la superficie esmaltada y luego parte la baldosa con presión). Esto permite cortes rectos limpios en piezas de espesor estándar. Para cortes más complejos (en “L” alrededor de una caja de luz, o círculos para tuberías) se emplea una **radial (amoladora) con disco de diamante** adecuado, con la que se pueden hacer muescas, orificios y cortes especiales. También existen tenazas de azulejero para morder trozos pequeños y ajustar curvas. Todos los bordes cortados, que suelen quedar algo ásperos, idealmente irán situados en esquinas ocultas o se cubrirán luego con perfiles, masilla o tapetas, de modo que no queden aristas vivas expuestas. Conviene repasar con lima o esmeril los cortes irregulares que queden accesibles para eliminar filos cortantes.

Una vez completado el pegado de todas las piezas (o de una zona grande), se deja endurecer el adhesivo el tiempo indicado (normalmente 24 horas para cementos cola estándar). Es importante no someter alicatados recién puestos a golpes o vibraciones (no taladrar cerca, no apoyar escaleras directamente) hasta que el adhesivo haya fraguado. Pasado ese tiempo, las baldosas estarán firmemente adheridas y listas para el proceso de rejuntado. Antes de rejuntar, se quita el listón de arranque inferior (si se puso) y se coloca la fila de baldosas que faltaba en la parte baja, cortadas a la medida necesaria para ajustar con el suelo (dejando una junta de algunos milímetros que luego se sellará).

Tratamientos específicos

Al terminar de colocar los azulejos en un alicatado, conviene atender a una serie de remates y detalles particulares que garantizan tanto la estética como la durabilidad del revestimiento:

- **Remates de borde y esquinas:** En las **esquinas exteriores** (aristas salientes de muros, encuentros de un pilar con pared, marcos de ventanas, etc.) los cantos de las baldosas quedan expuestos. Para protegerlos y dar mejor acabado se usan *perfiles de esquina* o cantoneras, generalmente de PVC o



metálicos, que se instalan junto con las baldosas. Estos perfiles tienen forma de ángulo y se colocan intercalados de manera que abrazan la esquina, cubriendo el borde de las baldosas de ambos lados. Evitan que queden aristas frágiles o filosas expuestas, reduciendo riesgo de rotura o cortes. En ausencia de perfil, otra opción es usar baldosas especiales de *ángulo redondeado* (tipo cuarto de cilindro) si existen en la colección, o bien pulir ligeramente los cantos a 45°. En las **esquinas interiores** (encuentro de dos paredes alicatadas en un rincón), se recomienda no rellenar con mortero rígido la junta de encuentro, sino dejar una pequeña holgura y luego sellarla con silicona o masilla flexible. Esto es porque las esquinas internas concentran tensiones y a veces movimientos diferenciales; el sellante elástico absorbe eso sin agrietarse, mientras que un rejuntado rígido probablemente fisuraría con el tiempo en ese ángulo.

- **Cenefas y piezas decorativas:** Muchos alicatados incorporan *cenefas*, *listeles* u otras piezas especiales para decoración. Estas suelen ser más delgadas o tener relieves. Su instalación requiere precisión en la nivelación para que queden alineadas alrededor de la habitación. A menudo, la cenefa se coloca en lugar de una fila de azulejos estándar (por ejemplo, a la altura del pecho, en medio del paño) por lo que se tuvo que planificar su posición desde el replanteo. Es importante usar un adhesivo adecuado también para estas piezas y cuidarlas al limpiar el rejunte, ya que suelen tener más relieves donde se aloja el cemento. Tras rejuntar, si la cenefa es porosa o de piedra natural, quizá convenga protegerla con un sellador transparente para facilitar su limpieza a futuro.



- **Zócalos y remate superior:** Si el alicatado no llega hasta el techo, sino que forma un zócalo (por ejemplo, 1.20 m de altura en una cocina), el borde superior del revestimiento debe rematarse de forma estética y segura. Existen piezas llamadas *remates* o *molduras* cerámicas diseñadas para esto: pueden ser cantoneras redondeadas, listelos especiales o cenefas de terminación que cubren el canto superior de los azulejos y dejan un acabado decorativo. Si no se dispone de pieza especial, se puede usar un perfil de terminación (similar a los de esquina, pero en el borde libre) o en último caso, dejar el canto visible pero bien alineado y luego aplicar una masilla pintable entre el canto de las baldosas y la pared encima para sellar. El objetivo es que no quede un borde cortante expuesto ni un corte irregular a la vista. En el caso de alicatados a techo, hay que tener cuidado al recortar la última fila para que el encuentro con el techo (que rara vez está perfectamente nivelado) quede visualmente recto; a veces es preferible rematar con una pequeña moldura o



junquillo en la esquina techo-pared para disimular cualquier pequeño escalón en la última fila de azulejos.

- **Impermeabilización adicional:** En zonas **muy húmedas** (interior de duchas, cabinas, fuentes decorativas) suele ser recomendable aplicar una membrana impermeabilizante sobre el soporte antes del alicatado, como ya se mencionó. Si no se hizo antes, otra medida es tratar las juntas después con selladores hidrofugantes transparentes que las vuelvan menos porosas. Asimismo, todos los encuentros con accesorios deben sellarse: alrededor de grifos, desagües, lavabos empotrados, etc., se aplica un cordón de silicona sanitaria una vez terminado el rejuntado, para impedir penetración de agua tras las piezas.
- **Exterior y fachadas:** Aunque por lo general hablamos de alicatados en interiores, a veces se alicatan zócalos exteriores o fachadas con baldosín cerámico. En estos casos, se debe usar adhesivo y rejunte específicos para exterior (resistentes a heladas, dilataciones y radiación UV). Además, en España la normativa exige para fachadas que las piezas pesadas o de cierto tamaño lleven *anclaje de seguridad* (normalmente un ganchito o clip de acero inoxidable oculto en la junta) para evitar desprendimientos si falla la adherencia. Es un detalle constructivo importante: cada X filas se ponen pequeños anclajes fijados al muro que abrazan la baldosa por detrás, quedando ocultos tras el rejunte, brindando una sujeción extra. Esto ya se considera más chapado que alicatado convencional, pero es bueno mencionarlo como tratamiento específico de seguridad en exteriores.



En resumen, un alicatado bien hecho no concluye solo con pegar los azulejos, sino con todos estos cuidados en esquinas, juntas especiales y detalles decorativos, logrando un acabado profesional, estético, impermeable y duradero.

6.2.4. CHAPADOS

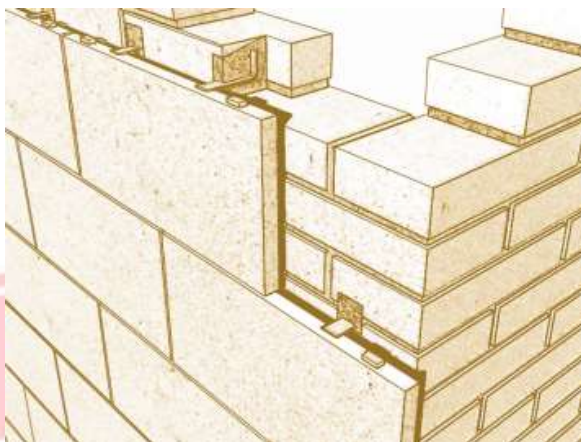
La ejecución de **chapados** (placas pesadas en paramentos, típicamente exteriores) comparte aspectos con el alicatado en cuanto a adhesión al soporte, pero añade el factor crítico del peso de las piezas y la seguridad. Por ello, en chapados es frecuente el uso de **anclajes mecánicos** para asegurar las placas, así como técnicas de montaje que pueden incluir subestructuras metálicas. A continuación se describen las consideraciones particulares de los chapados: preparación e instalación de anclajes, colocación de las placas, y diferencias según los distintos sistemas de chapado.

Revisión y ejecución de anclajes

Antes de adherir las placas de un chapado, se debe evaluar la necesidad de anclajes mecánicos complementarios y proceder a su instalación. Un anclaje en este contexto es típicamente una pieza metálica (acero inoxidable u otro material resistente a la

corrosión) que físicamente sujeta o sostiene la placa aparte del pegamento, evitando que pueda desprenderse por su peso o por acciones del viento. Según el diseño, los anclajes pueden ser **grapas, ganchos, pernos o perfiles**.

Primero, se revisa el plano o instrucciones de colocación para identificar cuántos anclajes por pieza se requieren y en qué puntos. Por ejemplo, una placa de piedra de 60x40 cm en fachada puede requerir dos anclajes en su borde superior. Se marcan entonces en el muro los puntos donde irán fijados. El soporte debe ser sólido en esos lugares (idealmente estructura de hormigón o ladrillo macizo; si es hueco habrá que



usar tacos químicos o sistemas específicos). Se perforan los orificios necesarios con el diámetro adecuado y se colocan las fijaciones: pueden ser **tacos de expansión** que sujetan una grapa en forma de L que luego abrazará la pieza, o pernos roscados con arandelas que quedarán empotrados en la junta de la piedra, etc., dependiendo del sistema. Hay anclajes que se colocan insertos en el mortero de agarre mientras se chapa (por ejemplo, ganchos en forma de “L” que se embeben a caballo entre la placa y el muro al poner la pieza), y otros que se ponen previamente y luego la placa se “cuelga” o atornilla a ellos.

En esta etapa se verifica también que todos los **elementos de anclaje** estén limpios, libres de óxido (por eso se usan inoxidables o galvanizados) y que cuenten con sus piezas complementarias (tornillos, tacos, etc.). La **alineación** es muy importante: los anclajes de una misma hilada deben estar a la misma altura para que las placas apoyen correctamente. Si se usan perfiles continuos (como railes metálicos horizontales fijados al muro), hay que nivelarlos y fijarlos firmemente. Una vez instalados, conviene realizar un pequeño *tirón de prueba* a cada anclaje para asegurarse de que quedó bien sujeto y no se afloja. Estos anclajes garantizarán la seguridad del chapado, evitando caídas incluso si fallase la adherencia, por lo que su correcta ejecución es crítica.

Colocación de piezas

La colocación de las placas de chapado puede llevarse a cabo de dos modos principales: *chapado adherido* al soporte con mortero/adhesivo (combinado con anclajes puntuales) o *chapado ventilado* con subestructura (placas sujetas mecánicamente a una estructura auxiliar separada del muro). Aquí describiremos la colocación adherida, que es más habitual en chapados tradicionales, y haremos mención a la variante ventilada.

Para chapado **adherido**, se sigue un proceso similar al alicatado pero con las particularidades del tamaño/peso: se suele comenzar colocando la primera hilera de

placas en la parte inferior del paño, apoyadas en algún tipo de soporte temporal. En fachadas, a veces se dispone un perfil angular metálico atornillado a ras de la cimentación o zócalo que sirve de apoyo nivelado para la primera fila de piedra; otras veces se coloca cada placa inferior sobre calzos ajustables que luego se retiran. Esta base es fundamental



para aguantar el peso inicial. Luego, se prepara un mortero de agarre de alta adherencia (cemento cola especial para piedra, a veces de tipo tixotrópico para que no descuelgue la pieza). Se aplica el adhesivo tanto en la pared como en la cara posterior de la placa (doble encolado), con llana dentada de diente grande, asegurando cubrir bien. Entre tanto, si hay anclajes previamente colocados, por ejemplo, grapas en forma de “L” saliendo del muro, se verifica que encajen con las ranuras u orificios previstos en el canto de la placa.

Luego viene la maniobra delicada: levantar la placa (usualmente entre dos operarios, usando ventosas si es muy lisa) y colocarla en posición. Se asienta la placa contra el muro en su lugar designado, introduciendo o enganchando simultáneamente los anclajes en sus huecos o fijándolos con tornillos según el sistema. Esta operación requiere coordinación para que la pieza quede bien *cazada* en los anclajes y a la vez alineada con las adyacentes. Una vez puesta, se verifica con el nivel vertical y horizontal que la placa esté derecha y plana. Se colocan separadores o cuñas en las juntas perimetrales para mantener el espesor de junta deseado entre placas (en chapados pétreos exteriores suele dejarse una junta de unos 5-10 mm para luego rellenarla con mortero). Hasta que el adhesivo fragüe, conviene asegurar la placa contra el muro: se pueden usar apuntalamientos ligeros o *tirantes* provisionales (por ejemplo, un listón de madera oblicuo del suelo a la mitad de la placa, o ganchos temporales) para que no se deslice. En muchos casos, los mismos anclajes metálicos ya la sostienen, pero si no, se recurre a estas ayudas temporales.

Se procede de esta forma fila por fila, usualmente de abajo hacia arriba. Las placas superiores descansarán en parte sobre las inferiores (a través de separadores en la junta) y además estarán sujetas por sus anclajes. En chapados es especialmente importante ir limpiando de inmediato cualquier resto de adhesivo que manche la cara vista, pues luego es más difícil retirarlo de la piedra u otro acabado. También hay que limpiar las juntas de mortero sobrante para dejarlas listas para el rejuntado. Cuando se completa el paño, se deja fraguar el adhesivo el tiempo requerido, manteniendo los apuntalamientos mientras tanto.

En chapados **ventilados** (no adheridos directamente al muro, sino anclados a una estructura con una cámara de aire detrás), la colocación difiere en que las placas no llevan mortero. Primero se instala una subestructura de perfiles metálicos anclados al edificio, con anclajes regulables que dejan los perfiles perfectamente aplomados y separados unos centímetros del cerramiento. Luego, las placas (a menudo cerámicas o de piedra) se fijan a esos perfiles mediante grapas especiales, tornillos pasantes o sistemas de enganche. Cada placa puede llevar,



por ejemplo, cuatro soportes en sus esquinas que se atornillan al bastidor. En este sistema, la secuencia de montaje puede variar (a veces de arriba hacia abajo, dependiendo de cómo encajen las grapas). Es crucial seguir las instrucciones del fabricante del sistema de fachada ventilada, asegurando que las juntas queden alineadas según diseño y que la retícula de perfiles coincida con la modulación de placas. Una vez colocadas, las placas quedan separadas del muro unos centímetros, creando una cámara de aire que ventila. Las juntas entre placas en ventiladas suelen dejarse abiertas o con sellos especiales permeables, a diferencia de chapados adheridos donde se rellenan con mortero.

En cualquiera de los casos, el resultado final debe ser un chapado con las placas firmemente sujetas, alineadas entre sí (tanto en plano como en alineación de juntas) y con un patrón estético uniforme. Los anclajes, una vez terminado, quedan ocultos (tapados por la propia placa o en la junta rellena).

Condiciones específicas según el tipo de chapado

La técnica exacta de colocación y las precauciones a tomar pueden variar dependiendo del material de las placas y de si el chapado es interior o exterior, ventilado o adherido:

- **Chapados interiores decorativos:** Por ejemplo, paneles de piedra fina en salones o plaquetas de ladrillo visto en un local. Aquí las condiciones ambientales son estables (sin lluvia ni heladas) y normalmente las piezas son más pequeñas o delgadas, así que puede no ser necesario anclaje mecánico (basta adhesivo). Sin embargo, hay que considerar el soporte: muchas veces se chapan interiores sobre tabiques de yeso laminado o similares; en esos casos es fundamental usar adhesivos flexibles y quizá reforzar el soporte (doble placa de yeso, malla de refuerzo) para aguantar el peso. También se suele proteger la superficie con selladores si el material es poroso,



para evitar que absorba manchas (ej. un chapado de piedra caliza en interior puede tratarse con un barniz transparente mate). La madera como chapado interior (frisos, paneles) requiere una subestructura de **rastreles** anclados al muro y se fija con grapas o tornillos, dejando a veces una pequeña cámara detrás para ventilación; además la madera se trata con barnices o lacas para su protección frente a la humedad y xilófagos. Estos chapados interiores priorizan la estética, por lo que se cuida mucho la selección de cada pieza (patrones de vetas, tonalidades) y el acabado superficial (lijados, barnizados finales si corresponde).

- **Chapados adheridos exteriores:** Son los casos de aplacados de piedra o cerámica pegados a una fachada. Aquí influyen las dilataciones térmicas, las inclemencias (sol directo, lluvia, cambios de temperatura) y la gravedad actuando permanentemente. Es obligatorio usar materiales de agarre de calidad superior:



adhesivos cementosos con alta deformabilidad (S1 o S2) que acompañen los movimientos del soporte, y preferiblemente *blancos* si la piedra es clara (para que no manche). Las juntas entre placas/piedras en exteriores se hacen relativamente anchas y se rellenan con mortero flexible o masilla, permitiendo cierto movimiento. Además, cada ciertos metros cuadrados se deben prever **juntas de dilatación** en el revestimiento, coincidentes idealmente con juntas estructurales o con cambios de plano, donde en lugar de rejuntado rígido se deja un sello elástico, para absorber expansiones del conjunto debido a temperatura. Un detalle crítico en chapados exteriores es sellar o proteger la parte superior del revestimiento (por ejemplo, coronaciones de muros chapados) para que el agua de lluvia no se filtre por detrás de las placas, pues podría empujarlas o helarse y causar desprendimientos. Por ello, los chapados de fachadas suelen rematarse arriba con vierteaguas, albardillas o sellados de silicona entre el último filete de piedra y el paramento superior impermeable. En cuanto a los anclajes, en exteriores casi siempre se incorporan: lo más habitual son **grapas de acero inoxidable** fijadas al muro que abrazan parcialmente cada pieza por detrás o en cantos. Estas grapas se colocan de manera que no sean vistas (pintándolas color piedra u ocultándolas en la junta). La norma puede requerir un anclaje por pieza en ciertas dimensiones/pesos.

- **Chapados en fachadas ventiladas:** Representan una categoría particular. Aquí las placas (pueden ser de gres porcelánico gran formato, panel fenólico, composite metálico, piedra, etc.) no van pegadas, sino sostenidas por una estructura. Las condiciones específicas incluyen dejar una **cámara de aire** continua detrás para que circule aire de abajo a arriba (efecto chimenea que seca humedades y regula la temperatura). Esto implica diseñar entradas



de aire en la parte inferior de la fachada y salidas en la parte superior (rejillas ocultas, separaciones). Las fijaciones de las placas deben permitir ligeros movimientos (dilatación diferencial entre la placa y la estructura metálica), por eso suelen ser anclajes con holgura o rótulas. Además, al no haber mortero de junta, las juntas entre placas se suelen solapar o cubrir de forma que la lluvia no penetre directamente; a veces se colocan sellos drenantes o simplemente se dimensionan para que el agua que entra se evacue adecuadamente. La ejecución de un chapado ventilado es más industrializada: se replantean con láser los puntos de anclaje, se instalan los *escuadros y montantes* metálicos, y luego se cuelgan las placas con ganchos especiales. Se requiere cumplir tolerancias estrechas, pero el resultado es un revestimiento muy duradero, con mejor aislamiento térmico de la fachada y fácil mantenimiento (pues las placas pueden reemplazarse individualmente si se dañan).

- **Tipo de material de las placas:** Por último, según el material de las placas de chapado, hay consideraciones particulares. La **pedra natural pulida** puede requerir aplicar un protector hidrorrepelente tras su colocación para evitar que coja manchas de lluvia u óxidos con el tiempo. La **pizarra** u otras piedras laminadas necesitan apoyo completo para no fracturarse (muchas veces se coloca sobre un mortero continuo más anclajes, ya que son frágiles a flexión). Las placas **cerámicas de gran formato** (p. ej. porcelánicos de 1.2 x 0.6 m o mayores, de 6-10 mm de espesor) deben manipularse con sumo cuidado (usando bastidores con ventosas) para que no se fisuren antes de colocar; se instala siempre con doble encolado y a veces con anclajes discretos también, debido a su baja porosidad y gran tamaño. Los chapados de **madera exterior** (tipo frisos de cedro en fachada) exigen tratar la madera contra humedad y rayos UV periódicamente, así como dejar juntas de dilatación entre tablas, ya que la madera se expande con la humedad más que la cerámica o piedra. Y las **chapas metálicas** (revestimientos de panel de aluminio, cobre, zinc) requieren normalmente una subestructura y fijaciones que permitan la dilatación por calor, para que las chapas no se pandeen; a menudo se instalan flotantes sobre guías y se rematan con sellos especiales en juntas para impermeabilidad.

En conclusión, cada tipo de chapado tiene su técnica afinada: no es lo mismo chapar un zócalo de piedra en un patio (donde se puede pegar con mortero y unos ganchos) que montar una fachada ventilada de panel composite (que lleva un sistema de ingeniería específico). El profesional debe adaptar la ejecución a esas condiciones, siguiendo siempre las recomendaciones del fabricante del material y cumpliendo las normativas de seguridad, para lograr un revestimiento fiable y de acabado excelente.

6.3. TRABAJOS DE ACABADO

Una vez colocados todos los solados, alicatados o chapados, quedan una serie de tareas finales imprescindibles para rematar el trabajo y dejar el revestimiento listo para su uso. Estas tareas incluyen la limpieza inicial y final de las superficies, el rejuntado y sellado de



juntas, tratamientos finales (si proceden) y la retirada de los medios auxiliares y residuos. Un buen acabado es tan importante como la propia colocación de las piezas, ya que de él depende la apariencia y desempeño definitivo del revestimiento.

6.3.1. LIMPIEZA INICIAL DE LA SUPERFICIE Y JUNTAS

Terminada la fase de colocación de baldosas o placas, y antes de proceder al rejuntado, se realiza una limpieza inicial en la que se eliminan restos de material de agarre y se preparan las juntas. Mientras el mortero o adhesivo aún está fresco o semicurado, se limpia con esponja húmeda la superficie de las baldosas para quitar cualquier pegote o mancha de cemento cola que haya quedado encima. Es importante hacerlo pronto, ya que una vez endurecido el adhesivo, cuesta mucho más retirarlo sin dañar el acabado. Asimismo, se repasan **las juntas de colocación**: con una espátula, destornillador o herramienta adecuada se raspan y extraen los excesos de mortero que hayan podido rebosar entre las piezas al colocarlas, de modo que la ranura quede despejada a lo profundo para recibir luego el material de rejunte. Las crucetas separadoras generalmente se retiran en este momento (tirando de ellas con alicates) a menos que se hayan dejado incrustadas porque queden muy adentro; en tal caso, si no asoman a la superficie y no estorban, podrían quedar. No obstante, es preferible quitarlas para que la junta luego tenga continuidad de material. Esta limpieza inicial deja tanto la cara vista de las baldosas limpia de residuos de obra, como las juntas limpias, vacías y con la profundidad adecuada para el siguiente paso.

6.3.2. RELLENO, SELLADO Y REMATADO DE JUNTAS

Una vez que el revestimiento adherido ha fraguado lo suficiente para no moverse, se procede al **relleno de las juntas** entre piezas, operación conocida como *rejuntado*. Se prepara el material de rejuntado (normalmente una **lechada cementosa**) mezclándolo con agua hasta obtener una pasta fluida pero no líquida. Con ayuda de una **llana de goma** o espátula blanda, se extiende esta pasta sobre la superficie, presionándola



diagonalmente contra las juntas para que penetre y las llene por completo. Se trabaja en tramos, asegurándose de rellenar todos los huecos entre baldosas. Cuando el material de junta comienza a “tirar” (endurecer ligeramente, perdiendo brillo superficial, típicamente a los 10-20 minutos según temperatura), se inicia la limpieza: con una esponja grande humedecida en agua limpia se limpia la superficie de las baldosas, retirando el exceso de lechada. Es importante pasar la esponja en movimientos diagonales respecto a las juntas, para no vaciarlas. Se enjuaga la esponja frecuentemente y se sigue limpiando suavemente hasta que las baldosas quedan limpias a la vista,

aunque posiblemente con un velo fino de cemento. Luego se deja secar un poco más hasta que ese velo se nota opaco, y finalmente se pasa un paño o trapo seco para abrillantar las baldosas y eliminar la película polvosa restante. El resultado deben ser juntas llenas, compactas y ligeramente remetidas respecto a la cara de la baldosa (o a ras, según preferencia), y la superficie del revestimiento limpia. Si se detecta alguna junta que se hundió por contracción, se rellena un poco más antes de que endurezca del todo.

Paralelamente al rejuntado rígido, es necesario el **sellado elástico** de ciertas juntas especiales: aquellas en ángulos, perímetros o cada ciertos metros en áreas extensas que se dejaron deliberadamente sin rellenar con mortero. Por ejemplo, la junta perimetral entre un solado y las paredes, las esquinas entre paredes alicatadas, o cada ~5 metros en un suelo continuo (dilataciones). Estas juntas se deben rellenar con un material flexible como **silicona neutra, poliuretano o MS polímero**, que viene en cartuchos. Para aplicarlo, se coloca cinta de carroceros a ambos lados de la junta (para no manchar los bordes), luego se inyecta el sellador con la pistola llenando el espacio, y se alisa con el dedo o una espátula humedecida con jabón, de modo que quede un cordón cóncavo uniforme. Inmediatamente se retira la cinta, quedando el sellado limpio. Este material elástico compensará movimientos de expansión/contracción y vibraciones, evitando que esas juntas se abran o se agrieten con el tiempo. También impide filtraciones de agua en esos puntos críticos. Es especialmente importante sellar así: los encuentros entre pisos y paredes en baños (para que el agua no baje por ahí), alrededor de sanitarios o bañeras, en las juntas de fachada cada cierto módulo, y en el perímetro de pavimentos sobre suelo radiante (donde la expansión térmica es notable). Con el rejuntado rígido y el sellado elástico completados, todas las *uniones* del revestimiento quedan tratadas adecuadamente.

6.3.3. TRATAMIENTOS FINALES DE SUPERFICIE

Dependiendo del material de las piezas y del uso previsto, puede ser necesario o beneficioso aplicar algún tratamiento final sobre la superficie revestida ya rejuntada:

- En el caso de **piedras naturales porosas** (p.ej. areniscas, calizas, pizarras no pulidas) y **baldosas de barro cocido (terracota)**, es muy recomendable aplicar un **tratamiento hidrofugante o sellador** que penetra en el material y reduce drásticamente su absorción de agua y manchas. Estos selladores, generalmente líquidos transparentes a base de silicona, resina o nanopartículas, se extienden con rodillo o brocha sobre la superficie limpia y seca; tras absorberse y secar, no alteran casi la apariencia pero protegen contra derrames, aceites, eflorescencias, etc.

- En pavimentos de terrazo, mármol u otras piedras pulibles, a veces se realiza **un pulido y abrillantado in situ** después de rejuntar. Esto se hace con máquinas pulidoras con discos abrasivos y de fieltro, que liján ligeramente la superficie dejándola



- perfectamente lisa, sin diferencias entre piezas, y aportando brillo. Es un proceso habitual en suelos continuos de terrazo (donde las losetas se pulen juntas) o en chapados de mármol que se quieren espejo. Tras el pulido, se aplica una cera o cristalizador para sellar la porosidad superficial y dar brillo uniforme.
- Para suelos cerámicos o porcelánicos normalmente no hace falta ningún tratamiento (vienen terminados de fábrica), pero en el caso de **gres rústico** o baldosas de cemento pigmentado, se suele encerar o aplicar un **protector acrílico** que realza el color y facilita la limpieza, evitando que la porosidad superficial retenga suciedad.
- Existen también **tratamientos antideslizantes** que se pueden aplicar sobre ciertos pavimentos si se detecta que están resbaladizos (por ejemplo, baldosas muy lisas en un entorno mojado). Estos tratamientos suelen ser líquidos que reaccionan micromecanizando la superficie (ácidos que atacan levemente la cerámica vidriada creando microtextura). Se aplican siguiendo instrucciones precisas y aumentan el coeficiente de fricción sin cambiar mucho el aspecto.
- En chapados metálicos, el tratamiento final puede ser un **lacado protector** si no venía ya de fábrica, para evitar la oxidación. En chapados de madera exterior, sería un **lasur o barniz** adicional tras la instalación.

En síntesis, los tratamientos finales son opcionales pero convenientes según el material: buscan prolongar la vida del acabado (impermeabilizando, endureciendo o protegiendo) y optimizar su desempeño (por ejemplo, hacer más seguro un suelo). Deben aplicarse con la superficie bien limpia y siguiendo las recomendaciones del producto, generalmente como paso último antes de la entrega de la obra.

6.3.4. LIMPIEZA FINAL MANUAL Y MECÁNICA

Después de todos los trabajos de colocación, rejuntado y posibles tratamientos, se lleva a cabo una **limpieza final exhaustiva** del revestimiento y del área de trabajo. Aunque ya hubo una limpieza inicial tras rejuntar, suele permanecer una fina capa de polvo de cemento (el llamado *velo de obra*) sobre las baldosas, así como restos de suciedad general del proceso (salpicaduras, polvo asentado, etc.). Por tanto, se realiza lo siguiente:

- Primero, una **limpieza en seco**: barrido o aspirado de todo el pavimento para retirar polvo suelto, arena, trozos pequeños de material, etc. En paramentos verticales, desempolvar con un paño seco o cepillo suave las superficies. También

quitar cualquier cinta adhesiva de protección que se hubiese colocado en rodapiés, marcos u otros elementos.

- Después, una **limpieza húmeda**: fregado con agua templada y detergente neutro de todas las superficies revestidas. En suelos, se friega con fregona o mopa húmeda varias veces, aclarando con agua limpia. En paredes, se puede pasar una esponja grande bien escurrida con jabón neutro y luego otra con agua para aclarar. Esto elimina las últimas películas de polvo y devuelve el brillo a las baldosas. Si aún así quedara algo de velo cementoso (a veces visible en baldosas oscuras), se puede utilizar un limpiador específico ligeramente ácido (por ejemplo, dilución de ácido sulfámico o cítrico, NUNCA ácido muriático fuerte que podría dañar las juntas) siguiendo las indicaciones, para disolver los restos de cal del mortero. Se aplica, se restriega con cepillo suave y se enjuaga inmediatamente con abundante agua. Esta operación devuelve el color original a las juntas y deja las baldosas completamente limpias.
- Para grandes superficies o en trabajos profesionales, se suelen emplear **medios mecánicos**: por ejemplo, **fregadoras mecánicas** en suelos amplios (máquinas con cepillos rotativos y aspiración que lavan el piso rápida y eficazmente) o **abrillantadoras** de baja velocidad con pad suave para lustrar el pavimento una vez limpio y seco. En exteriores, se puede recurrir a **hidrolimpiadoras a presión** para lavar un chapado de piedra, siempre y cuando las juntas estén suficientemente endurecidas (cuidado con no dañar rejuntados frescos). La limpieza mecánica ahorra tiempo y suele dar resultados muy uniformes, pero debe usarse con precaución en materiales delicados (no usar cepillos duros en mármol pulido, ni alta presión muy cerca de una junta blanda, etc.).



Tras esta limpieza final, el aspecto del solado/alicatado/chapado debe ser impecable: sin restos de cemento en esquinas, sin polvillo blanco sobre las superficies, sin manchas. Es la etapa en la que el revestimiento muestra ya toda su calidad estética, con sus colores y acabados reales.

6.3.5. DESMONTAJE Y LIMPIEZA DE MEDIOS AUXILIARES

Con el revestimiento terminado, se procede a retirar todos los elementos auxiliares que se emplearon durante la obra y a limpiar las herramientas utilizadas:

- Se **desmontan andamios, borriquetas, plataformas o escaleras** que se hubieran montado para alcanzar zonas altas en paredes o fachadas chapadas. Cada elemento auxiliar se baja con cuidado para no golpear las recién colocadas

- baldosas. Si había barandillas de protección ancladas en el muro (en trabajos en altura), se quitan y los orificios se tapan según corresponda.
- Se retiran también **listones guía** que se fijaron temporalmente (por ejemplo, el listón de arranque del alicatado). Al quitarlo, normalmente queda un espacio sin baldosas en la fila inferior que debe cubrirse: se cortan entonces las piezas a la medida de ese zócalo y se pegan en su sitio, rematando el alicatado hasta el suelo. Las pequeñas marcas de clavos o tornillos que puedan haber quedado en el muro al quitar las guías se rellenan o disimulan si van a quedar vistas.
 - Se **recogen las herramientas** y se limpian: es fundamental lavar inmediatamente las herramientas de colocación (llanas, cubos, batidoras) antes de que los restos de mortero o adhesivo se endurezcan en ellas. La llana dentada, por ejemplo, se cepilla bajo agua para eliminar pegotes de cola; las esponjas se enjuagan hasta que no salga más cemento; la mezcladora se pone en un cubo con agua a girar un momento para expulsar residuos; las pistolas de silicona se limpian de restos del material. Un buen mantenimiento de herramientas garantiza que estén en buen estado para futuros trabajos.
 - Igualmente, se **retiran protecciones** provisionales: plásticos o cartones que cubrían bañeras, marcos de puerta, perfiles metálicos que se usaron para no dañar esquinas, etc. Todo eso se quita con cuidado de no arrancar nada inadvertidamente (si se pegó cinta de protección sobre una pintura, retirar con precaución para no llevarse la pintura).
 - En caso de chapados con apuntalamientos provisionales o cuñas, asegurarse de retirarlos una vez el adhesivo esté endurecido. A veces se dejan por olvido cuñas de madera sosteniendo una placa, lo cual es un defecto si quedan a la vista; por eso, hacer una revisión final de que no queden elementos de sujeción temporales.
 - Los **andamios y plataformas**, antes de retirarlos completamente, conviene limpiarles también las salpicaduras de cemento que puedan tener, para no ensuciar accidentalmente al moverlos por la obra.

Tras desmontar y limpiar todos estos medios auxiliares, la zona revestida queda despejada, libre de obstáculos y con solo el nuevo acabado presente.

6.3.6. LIMPIEZA DEL ESPACIO REVESTIDO

Finalmente, se lleva a cabo la limpieza general y retirada de residuos del espacio en el que se han realizado los trabajos. Este paso busca dejar la estancia o área de obra en condiciones de ser entregada o continuar con otras fases (pintura, mobiliario, etc.) sin contratiempos ni peligros:

- **Retirada de escombros y sobrantes:** Se juntan todos los trozos de baldosas sobrantes o rotas, cortes descartados, sacos vacíos de mortero, envases de adhesivo, plásticos de embalajes, cartones protectores sucios, clavos, etc. Todo este material se recoge en sacos o contenedores para su



- adecuada disposición (siguiendo la normativa de residuos de construcción). Es importante no dejar trozos de baldosa con bordes cortantes en el suelo que puedan causar cortes, ni puntas de metal que pinchen.
- **Barrido y aspirado general:** Se barre todo el piso de la habitación o zona intervenida, incluso más allá del área exacta del solado, pues el polvo de obra suele dispersarse. Si es una vivienda, se limpian también pasillos por los que se transitó llevando materiales, ya que suelen quedar restos de polvo o cemento. Un aspirador industrial puede ayudar a retirar el polvo fino depositado en rincones o sobre el nuevo revestimiento.
 - **Fregado y ventilación:** Luego de barrer, se friega el piso completamente con agua limpia para recoger el polvo fino remanente. Si ya se hizo la limpieza final del revestimiento (paso 6.3.4), este fregado es más para el entorno. Se limpian también, si procede, las superficies horizontales cercanas (encimeras, al ...enceres) y superficies horizontales cercanas (encimeras, repisas, alféizares de ventanas) que pudieran haberse ensuciado durante la obra. Seguidamente, se **ventila** bien el ambiente abriendo ventanas, para eliminar polvo residual en el aire y posibles olores de materiales (adhesivos, selladores). Por último, se realiza un **chequeo visual** completo del revestimiento terminado, comprobando que todas las baldosas/placas estén íntegras, las juntas correctamente rellenas y limpias, y que no queden elementos extraños adheridos. Subsano cualquier detalle final, el espacio revestido queda totalmente limpio, ordenado y **listo para su uso** o para la siguiente fase de la obra.

7. CUBIERTAS

7.1. INTRODUCCIÓN A LAS CUBIERTAS

Las **cubiertas** son los elementos constructivos que cierran la edificación por su parte superior, protegiéndola de la intemperie. En otras palabras, la cubierta es el “techo” del edificio, encargada de resguardar el interior frente a la lluvia, el viento, la nieve, el calor o el frío. Además de esta función



principal de **protección climática**, las cubiertas contribuyen al aislamiento térmico del edificio, inciden en su estética y permiten dar uso al espacio superior (por ejemplo, como terraza, buhardilla o ático, según el tipo de cubierta). A continuación, se detallan las funciones, tipos y componentes fundamentales de las cubiertas, así como los criterios básicos para su diseño y su representación en planos.

7.1.1. DEFINICIÓN Y FUNCIONES PRINCIPALES

Una cubierta se define como la estructura superior de cierre de un edificio, diseñada para **protegerlo de las inclemencias del tiempo** y garantizar su **estanqueidad**. Por su posición expuesta, la cubierta debe ser impermeable al agua, resistente al viento y aislar del frío y calor exteriores. En términos sencillos, la cubierta es la “quinta fachada” del edificio, y debe cumplir varias funciones esenciales:

- **Impermeabilización:** Evitar la entrada de agua de lluvia o nieve al interior. La cubierta debe conducir el agua hacia drenajes (sumideros, canalones) sin filtraciones, protegiendo la estructura y los espacios habitables.
- **Aislamiento térmico:** Reducir las pérdidas o ganancias de calor. Una buena cubierta limita el paso del frío invernal y del calor solar en verano, mejorando la eficiencia energética y el confort interior.
- **Resistencia estructural:** Soportar las cargas propias (peso de sus materiales) y cargas externas como nieve acumulada, viento intenso e incluso el tránsito de personas si la cubierta es utilizable. Debe mantenerse estable y segura bajo estas acciones.
- **Protección y durabilidad:** Resguardar la edificación de la intemperie para prolongar su vida útil. Una cubierta bien construida previene la degradación por humedad en el resto del edificio y protege instalaciones alojadas en ella (antenas, equipos de climatización, paneles solares, etc.).

- **Contribución estética:** Configurar la silueta y apariencia del edificio. La forma (plana, inclinada, curva) y los materiales visibles (teja, pizarra, lámina, etc.) definen en gran medida el estilo arquitectónico de la construcción.

En resumen, **una cubierta debe ser estanca, aislante, resistente y adecuada al clima**, integrándose además en la estética general de la obra.

7.1.2. CLASIFICACIÓN GENERAL DE CUBIERTAS

Existen **distintas formas de clasificar** las cubiertas según sus características. Las tres clasificaciones generales más habituales se basan en: la **forma o pendiente**, la **disposición de sus capas** y su **comportamiento higrotérmico** (relacionado con la ventilación y el aislamiento). Estos criterios no son excluyentes, de modo que una misma cubierta se puede describir atendiendo a cada clasificación. A grandes rasgos:

- **Según su forma:** Podemos distinguir *cubiertas planas*, *cubiertas inclinadas* y *cubiertas curvas*. Una cubierta plana es prácticamente horizontal (aunque siempre con algo de pendiente para evacuar agua), una cubierta inclinada presenta uno o varios planos inclinados claramente (tejados a dos aguas, cuatro aguas, etc.), y una cubierta curva adopta formas arqueadas como bóvedas o cúpulas. La forma influye en cómo evacúa el agua: en las inclinadas o curvas el agua fluye por gravedad rápidamente, mientras que en las planas debe conducirse lentamente hacia desagües.
- 
- **Según el orden de las capas:** Se habla de cubierta *tradicional* o *convencional* frente a cubierta *invertida*. En la cubierta tradicional (también llamada cubierta caliente convencional) el orden habitual de capas es el siguiente: soporte estructural, aislante térmico y, por encima, la lámina impermeabilizante como capa final (eventualmente protegida por una capa de acabado). En cambio, en la cubierta invertida el orden de **aislamiento e impermeabilización está invertido**: primero se coloca la impermeabilización sobre el soporte, y luego el aislante **encima** de esta, protegido a su vez por la capa de acabado. Esta inversión protege la membrana impermeable de los cambios bruscos de temperatura y del desgaste, al quedar debajo del aislante. Además de estas dos, existen soluciones *mixtas* donde coexisten capas adicionales, pero la mayoría de cubiertas planas pueden catalogarse en tradicionales (convencionales) o invertidas según cómo estén dispuestas dichas capas principales.
 - **Según el comportamiento higrotérmico:** Aquí diferenciamos entre *cubierta caliente* (no ventilada) y *cubierta fría o ventilada*. Una **cubierta caliente** es aquella en la que todas las capas están en contacto directo (no hay ventilación

entre ellas); es decir, el aislante está inmediatamente bajo la impermeabilización, sin cámara de aire intermedia. Es el caso típico de muchas cubiertas planas convencionales. Por otro lado, una **cubierta fría o ventilada** incorpora una *cámara de aire ventilada* bajo el elemento impermeable o bajo el material de cobertura. En cubiertas inclinadas, por ejemplo, es común dejar un espacio de aire entre el aislante y las tejas, con entradas y salidas de aire en aleros y cumbre, de modo que el aire circule y se evite condensación; a esto se le llama tejado ventilado (cubierta fría). En cubiertas planas también existen diseños ventilados (menos frecuentes), donde una cámara de aire bajo la impermeabilización permite evacuar calor y humedad. El comportamiento higrotérmico (caliente vs. frío) afecta al rendimiento de la cubierta: las cubiertas ventiladas suelen evitar condensaciones y reducen el sobrecalentamiento en climas cálidos, mientras que las no ventiladas simplifican la construcción al tener menos capas.



7.1.3. ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA CUBIERTA

Independientemente de su tipo, toda cubierta está formada por una **serie de elementos o capas** superpuestos, cada uno con su función. Desde la estructura hasta el acabado superficial, los componentes básicos de una cubierta son:

- **Soporte estructural:** Es la base resistente sobre la que se construye la cubierta. Puede ser un forjado horizontal (de hormigón, madera o acero) en el caso de cubiertas planas, o un entramado inclinado de vigas (como cerchas o pares) en el caso de cubiertas inclinadas. El soporte estructural debe soportar el peso de las capas superiores y las cargas de uso (nieve, personas, equipos) transmitiéndolas a la estructura principal del edificio (muros, pilares).
- **Capa de pendiente:** En las cubiertas planas, como el soporte suele ser horizontal, se añade una capa para formar la pendiente necesaria para desaguar. Esta *formación de pendientes* se logra habitualmente con mortero de cemento aligerado, hormigón celular, arcilla expandida u otro material ligero que se extiende con un cierto espesor decreciente hacia los desagües. En las cubiertas inclinadas, la propia estructura ya genera la pendiente, por lo que esta capa

específica no es necesaria (la pendiente viene dada por la inclinación de las vigas o por la forma de la cubierta).

- **Aislamiento térmico:** La mayoría de cubiertas incluyen un material aislante para mejorar el comportamiento térmico. Puede colocarse sobre el soporte (antes de la impermeabilización, como en cubiertas calientes convencionales), bajo la impermeabilización (cubiertas invertidas) o incluso por la parte interior del soporte (por ejemplo, aislando el techo de la última planta). El aislante térmico suele ser placas de poliestireno extruido, poliuretano, lana mineral u otro material con baja conductividad térmica. Su misión es reducir el flujo de calor entre el interior del edificio y el exterior a través de la cubierta.
- **Impermeabilización:** Es la capa crucial que impide el paso del agua. En cubiertas planas suele ser una o varias láminas impermeables (membranas asfálticas tipo tela asfáltica, láminas sintéticas de PVC, EPDM, poliuretano líquido, etc.) colocadas de forma continua sobre toda la superficie. En cubiertas inclinadas, la impermeabilización la proporciona el propio material de cobertura exterior (tejas, pizarras, chapas, etc., colocadas solapadas para que el agua escurra) apoyado a veces por láminas impermeables bajo las piezas. La impermeabilización debe estar continua y bien sellada para que no existan filtraciones en puntos singulares.
- **Capa de protección y acabado:** Sobre la impermeabilización, especialmente en cubiertas planas, se suele colocar una capa de protección que la resguarda del sol, del tránsito o de daños mecánicos. Esta capa puede ser grava (canto rodado) esparcida, baldosas filtrantes flotantes (losetas sobre soportes), una losa de compresión con acabado cerámico, pintura reflectante, tierra vegetal (en cubiertas ajardinadas), etc. En cubiertas inclinadas, la propia teja, pizarra o panel metálico expuesto hace de capa de acabado final, protegiendo las subcapas. Además de las capas principales, las cubiertas incorporan **elementos complementarios** como láminas de separación o geotextiles (para evitar que distintas capas se adhieran o dañen entre sí), barreras de vapor (láminas colocadas debajo del aislante térmico en cubiertas calientes para evitar condensaciones internas), elementos de drenaje (sumideros, gárgolas, canalones y bajantes que recogen el agua) y remates en los bordes (petos, vierteaguas, albardillas en muros, etc.). Todos estos componentes en conjunto aseguran que la cubierta funcione correctamente.

7.1.4. CRITERIOS DE DISEÑO: PENDIENTE, USO Y CLIMATOLOGÍA

Para diseñar una cubierta adecuada, hay que tener en cuenta varios **criterios básicos** que condicionan su forma y construcción:

- **Pendiente:** La inclinación de la cubierta es un factor clave. Una mayor pendiente facilita la evacuación rápida del agua y la nieve (reduciendo riesgos de filtraciones o sobrecarga), pero también influye en la estética y en el tipo de material de cobertura que se puede usar. Las cubiertas planas en realidad tienen pendientes



muy ligeras (del 1% al 5%, típicamente) solo para permitir el drenaje, mientras que las cubiertas inclinadas pueden ir desde pendientes moderadas (10-30%) hasta muy pronunciadas (>50%) según necesidades. La pendiente mínima recomendada depende del material: por ejemplo, para tejas cerámicas suele exigirse una inclinación mínima (p. ej., $\geq 30\%$) para garantizar que no entre agua entre las piezas; si el diseño arquitectónico pide menor pendiente, habrá que usar otros sistemas (lamina continua, teja asfáltica, etc.). En resumen, el diseño debe prever la **pendiente adecuada al clima** (más inclinada en zonas de fuertes lluvias o nevadas) y al material de cubierta escogido.

- **Uso de la cubierta:** El destino o **uso previsto** de la cubierta determinará muchas decisiones. ¿Será una cubierta transitable, es decir, se usará como terraza, azotea visitable o lugar para instalaciones? ¿O será no transitable, destinada solo a proteger y sin acceso habitual? Si la cubierta va a ser **utilizada por personas** (por ejemplo, azoteas de edificios residenciales, azoteas ajardinadas o azoteas con piscinas, solárium, etc.), deberá diseñarse para soportar esas sobrecargas de uso y tener un acabado adecuado (antideslizante, resistente al desgaste) además de barandillas de protección. También se facilita un acceso cómodo (escalera, trampilla) y se prevé el mantenimiento. Si no va a ser transitable (salvo para mantenimiento ocasional), se puede optar por acabados más sencillos (grava suelta, teja, etc.) y su estructura no necesita soportar grandes cargas humanas. Asimismo, el uso incluye considerar si en la cubierta se van a instalar equipos (máquinas de climatización, paneles solares, antenas). Una cubierta técnica con muchos equipos puede requerir zonas de paso, apoyos reforzados y una distribución adecuada de estos elementos.
- **Climatología:** El **clima local** influye decisivamente en la elección del tipo de cubierta. En climas fríos con nevadas abundantes, son preferibles las cubiertas inclinadas pronunciadas que permitan que la nieve resbale y no acumule mucho peso; además se evitan cubiertas planas extensas que tendrían que soportar carga de nieve y riesgo de goteras por el deshielo. En zonas de lluvias frecuentes, es fundamental una buena impermeabilización y pendiente suficiente; en zonas muy ventosas, las cubiertas inclinadas deben fijar bien sus piezas (el viento puede levantar tejas mal ancladas) y quizás convengan más cubiertas de baja pendiente para ofrecer menos resistencia aerodinámica. En climas muy calurosos y soleados, las cubiertas planas transitables pueden aprovecharse como terrazas, pero deben aislarse bien para que el interior no se sobrecaliente; también se usan acabados claros o reflectantes (cubiertas “frías”) para rechazar parte de la radiación solar. En entornos urbanos históricos, la climatología junto con la normativa local puede imponer cierto tipo de cubierta (por ejemplo, teja árabe en cascos antiguos mediterráneos, pizarra en zonas montañosas, etc.) porque son las que mejor han respondido al clima tradicionalmente. En definitiva, el proyecto de la cubierta siempre debe adaptarse a las condiciones climáticas: *una solución adecuada en un clima seco y cálido podría fallar en un clima húmedo y frío, y viceversa.*



7.2. CUBIERTAS PLANAS

Las **cubiertas planas** son aquellas cuya pendiente es muy reducida, generalmente inferiores al 5%. Aunque se llamen planas, nunca son completamente horizontales: necesitan una ligera inclinación para evacuar el agua hacia los desagües (lo recomendado suele ser alrededor del 2–3% de pendiente como mínimo). Las cubiertas planas han sido tradicionalmente típicas de regiones de clima seco o templado (por ejemplo, en la arquitectura mediterránea o árabe las azoteas planas eran comunes), ya que con pocas lluvias no presentan tantos problemas de estancamiento de agua. En la actualidad, gracias al desarrollo de buenos materiales impermeabilizantes, las cubiertas planas se utilizan en casi cualquier clima, incluso en zonas lluviosas, siempre y cuando se diseñen correctamente. Suelen emplearse en arquitectura moderna por su aspecto funcional y porque permiten aprovechar el *espacio superior* de la construcción (como terraza transitable, solárium, azotea ajardinada, zona para maquinaria, etc.).



Al no tener tejado inclinado convencional, la impermeabilización de una cubierta plana recae en láminas continuas, y la evacuación del agua se realiza mediante sumideros y bajantes ocultos (en vez de gotear por tejas hacia un alero). A continuación, se detallan las capas típicas que conforman una cubierta plana y sus principales tipologías constructivas.

7.2.1. CAPAS Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE UNA CUBIERTA PLANA

Una cubierta plana estándar se compone de una **sucesión de capas** con funciones específicas, desde la estructura portante hasta el acabado superficial. Las capas fundamentales son:

- **Soporte estructural:** Es la base resistente de la cubierta plana. Normalmente es un **forjado horizontal** (una losa de hormigón armado, un sistema de viguetas y bovedillas, o incluso paneles prefabricados de hormigón o madera). En naves industriales puede ser una cubierta ligera de chapa metálica conformada (steel deck) sostenida por vigas. Este soporte debe ser rígido y capaz de soportar el

peso de todas las capas superiores y las cargas (por ejemplo, peso de agua acumulada antes de drenar, paso de personas si es transitable, equipos, etc.).

- **Formación de pendientes:** Dado que el forjado suele ser horizontal, se agrega una capa para dar inclinación. Se extiende una pendiente de aproximadamente 1-5% usando materiales ligeros. Frecuentemente se aplica un **mortar de pendiente** (mortero de cemento con arlita u otro agregado ligero) que se extiende con mayor espesor en los extremos opuestos al desagüe y menor espesor junto a los sumideros, creando una superficie ligeramente inclinada. Alternativamente, pueden usarse paneles prefabricados de pendiente (cuñas de poliestireno inclinado) o hormigón celular vertido con pendiente. Esta capa, además de conducir el agua, suele aportar algo de aislamiento térmico si el material es aislante (por ejemplo, la arcilla expandida o poliestireno en pendientes contribuyen al aislamiento). Sobre la formación de pendientes se procura obtener una base uniforme para colocar las capas siguientes.
- **Aislamiento térmico:** Sobre la superficie ya inclinada, en la mayoría de las cubiertas planas se coloca el **aislante térmico** principal. Este puede ser planchas rígidas de espuma (poliestireno extruido - XPS, poliestireno expandido - EPS, poliuretano - PIR, etc.) u otros materiales tipo lana mineral prensada resistente a la compresión. El aislante puede **colocarse en distintas posiciones** dependiendo del tipo de cubierta: en una cubierta plana convencional, el aislante va **debajo** de la impermeabilización; en una cubierta invertida, el aislante va **encima** de la impermeabilización (expuesto al agua, por lo que debe ser un aislante insensible a la humedad, típicamente XPS). También es posible poner algo de aislamiento por debajo del forjado o sobre el techo interior, pero generalmente se busca aislar lo más cerca del exterior para evitar que las estructuras queden frías o calientes. Muchas veces se instala además una **barrera de vapor** debajo del aislante (especialmente en cubiertas calientes de climas fríos o edificios húmedos) para impedir que el vapor de agua interior llegue al aislante y se condense en él.
- **Impermeabilización:** Es la capa clave en la cubierta plana. Consiste en una o varias **láminas impermeables continuas** que cubren toda la superficie de la azotea evitando filtraciones. Se puede lograr con diferentes sistemas: láminas asfálticas (rollos de betún modificado con armadura, adheridos o soldados entre sí, comúnmente llamadas tela asfáltica), membranas sintéticas (láminas de PVC, TPO, EPDM, etc., que se extienden y se sueldan con calor o adhesivo en solapes) o impermeabilizaciones líquidas (resinas o pinturas especiales que se aplican in situ formando una película



continua). En cubiertas convencionales, la impermeabilización es la **última capa expuesta** (aunque generalmente se cubre con alguna protección); en cubiertas invertidas, la impermeabilización queda *por debajo* del aislante, pero igualmente debe ser estanca. Es fundamental que esta capa se ejecute sin discontinuidades, subiendo por los petos o muros perimetrales (se impermeabilizan también los encuentros verticales hasta cierta altura, llamada altura de impermeabilización) y sellando puntos singulares (pasos de tuberías, sumideros, esquinas) con sumo cuidado. La calidad de la impermeabilización determina en gran medida la vida útil de la cubierta plana.

- **Capa de protección y acabado:** Sobre la impermeabilización, especialmente si queda expuesta a la intemperie, se coloca una capa protectora. Sus funciones son varias: **proteger la membrana** de los rayos UV, de golpes o perforaciones, distribuir cargas del tránsito, y dar un acabado estético o funcional a la superficie de la cubierta. Hay distintas opciones según si la cubierta será transitable o no:
 - En cubiertas no transitables es común esparcir **grava** (cantos rodados) formando una capa de varios centímetros que cubre toda la lámina, protegiéndola del sol y de cambios bruscos de temperatura. La grava deja pasar el agua a la lámina y ésta la conduce a los sumideros, funcionando la grava también como filtro de suciedad.
 - En cubiertas transitables peatonales se suele ejecutar un pavimento: puede ser un **solado flotante** con baldosas sobre pequeños soportes (plots) dejando juntas abiertas por donde drena el agua hacia la impermeabilización de abajo; o un **solado adherido** (baldosas cerámicas adheridas sobre mortero de cemento encima de una capa separadora o mortero de pendiente adicional). Si se opta por solado adherido, la impermeabilización debe ser muy confiable, porque quedará atrapada bajo el pavimento. Los solados flotantes en cambio facilitan levantar piezas para inspección.
 - En cubiertas ajardinadas, la protección es un sistema de varias subcapas: una lámina anti-raíces sobre la impermeabilización, capas de drenaje (grava gruesa o paneles drenantes de plástico), mallas geotéxiles filtrantes, sustrato de tierra y finalmente vegetación. Todo ese conjunto protege la impermeabilización y convierte la azotea en un jardín o zona verde.
 - Otras opciones de acabado incluyen **recubrimientos reflectantes** (pinturas aluminizadas o blancas sobre la lámina para reflejar el sol en climas cálidos) o **gravilla ligera** adherida en caliente sobre láminas autoprotegidas (muchas telas asfálticas ya vienen con acabado de pizarrita adherida en su cara superior).

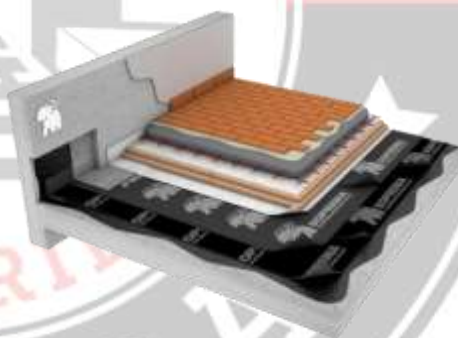
En resumen, la cubierta plana típica tiene: estructura soporte + pendiente + aislante + impermeabilización + protección/acabado. Algunas capas pueden combinarse o invertirse según el sistema elegido, pero todas cumplen su cometido de conseguir una cubierta plana *estanca, aislada y adecuada al uso previsto*.



7.2.2. TIPOLOGÍAS DE CUBIERTAS PLANAS

Según la disposición de las capas, la ventilación y el uso, las cubiertas planas se presentan en **diversas variantes o tipologías** constructivas. Las principales son:

- **Cubierta plana tradicional:** Es la solución clásica de cubierta plana, a veces llamada también *cubierta convencional caliente*. Consiste en el esquema descrito arriba: sobre el forjado (eventualmente con su capa de pendiente) se coloca el **aislamiento térmico**, y sobre éste la **impermeabilización**, quedando la lámina impermeable en la parte superior. Suele llevar una protección pesada encima (por ejemplo, grava). En el pasado, muchas cubiertas planas tradicionales ni siquiera incorporaban aislante (o este era mínimo), consistiendo básicamente en la losa de hormigón, un mortero de pendiente, la impermeabilización (generalmente varias capas de fieltro asfáltico) y una capa de protección (baldosas de barro cocido, grava, etc.). Actualmente se le integra aislamiento debajo de la impermeabilización para mejorar su comportamiento térmico. Es una solución muy extendida por su simplicidad, pero presenta el inconveniente de que la lámina impermeable sufre las variaciones de temperatura exteriores directamente y eventuales impactos, pudiendo deteriorarse con los años.
- **Cubierta plana invertida:** En esta tipología, introducida a mediados del siglo XX, el orden de capas de aislamiento e impermeabilización está invertido. Primero se impermeabiliza el soporte (forjado + pendiente) con la membrana impermeable, y **encima de la impermeabilización** se coloca el aislamiento térmico (generalmente poliestireno extruido, que resiste bien la humedad). El aislante queda expuesto a la intemperie, por lo que se cubre con una capa de protección (grava, losetas filtrantes, etc.) para que no se degrade por el sol ni se vuela con el viento. La ventaja principal de la cubierta invertida es que la impermeabilización queda *protegida* bajo el aislante, trabajando en condiciones más estables de temperatura, lo que alarga su vida útil. Además, como el aislante está por encima, actúa también de protector contra golpes o puntuales cargas sobre la lámina. Este sistema requiere eso sí un aislante especial (pues estará en contacto con agua que se filtra hasta la lámina): el XPS es el más utilizado por su absorción de agua prácticamente nula. Una cubierta invertida típica no ventilada se considera también una *cubierta caliente* (sin cámara de aire).



- **Cubierta plana fría o**

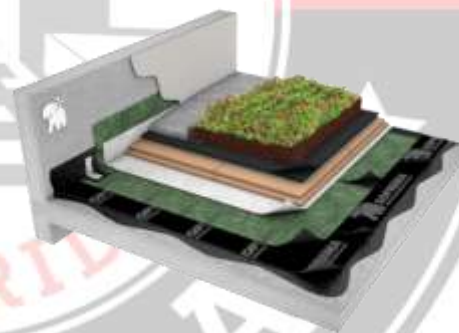
ventilada: Es menos común en la práctica actual, pero existe una solución en la que **se ventila la cubierta plana**.

Se construye una cubierta plana con una cámara de aire entre dos capas impermeables. Por ejemplo,



sobre el forjado se coloca una primera cubierta impermeabilizada (no destinada a la intemperie), luego se instalan unos perfiles o tabiquillos que crean una cámara de aire ventilada bajo una segunda capa impermeabilizante superior. Esta doble cubierta permite que circule aire en medio, manteniendo más fresca la cubierta en verano y evitando condensaciones bajo la impermeabilización superior. Un ejemplo tradicional es la *cubierta a la catalana ventilada*, usada históricamente en algunos lugares: consistía en una bóveda tabicada cubierta por rasillas (ladrillos planos) con una cámara de aire y una capa superior impermeable. Actualmente, lo más habitual en ventilación de cubiertas es en cubiertas inclinadas (tejados ventilados), pero en planas se puede hacer algo parecido creando *cubiertas invertidas ventiladas* (combinando cámara y aislamiento) o separando el aislante de la impermeabilización con una cámara. Son soluciones más complejas y costosas, por lo que se reservan a casos especiales donde se quiera maximizar el aislamiento térmico-higrométrico.

- **Cubierta ajardinada:** También llamada *tejado verde* o *cubierta vegetal*, es un tipo especial de cubierta plana (puede ser invertida o convencional debajo) en la cual la capa de acabado es tierra vegetal con plantas. Este sistema convierte la azotea en un jardín o área verde, aportando ventajas ecológicas: retiene



agua de lluvia reduciendo escorrentía, mejora el aislamiento térmico (las capas de tierra y vegetación aíslan del calor y frío adicionales), protege la impermeabilización de radiación solar, y crea un espacio agradable. Las cubiertas ajardinadas pueden ser **extensivas** (capa de sustrato ligera con plantas tipo sedum, poco mantenimiento) o **intensivas** (jardines con césped, arbustos, incluso árboles pequeños, con tierra más profunda, requieren riego y cuidado). La estructura debe dimensionarse para soportar el peso adicional del sustrato saturado de agua. Es fundamental una impermeabilización con resistencia a raíces o una lámina anti-raíz sobre la misma, para que las plantas no la perforen. Este tipo de cubierta, aunque más pesada y costosa de ejecutar, mejora la integración medioambiental del edificio.

- **Cubiertas transitables y no transitables:** Esta clasificación se refiere al **uso de la superficie de la cubierta**. Una cubierta *transitable* es aquella diseñada para que las personas puedan caminar sobre ella regularmente, ya sea para mantenimiento o para uso recreativo. Ejemplos: azoteas de edificio acondicionadas como terraza, cubiertas



de edificios públicos accesibles al público, solariums, etc. Estas cubiertas llevarán acabados adecuados (baldosas, pavimentos) y barandillas o petos altos de protección en su perímetro. Además, su estructura considera la sobrecarga de uso (unos 100-200 kg/m² adicionales según normativas, por seguridad). Por el contrario, una cubierta *no transitable* es la que no está pensada para el paso habitual de personas, salvo las necesarias labores de mantenimiento ocasionales. Su acabado puede ser simplemente grava suelta, tejas sueltas o una pintura impermeable, etc., sin habilitar un suelo cómodo para caminar. Muchos techos industriales, por ejemplo, son no transitables (solo se camina con tablones para revisar equipos). En general, cualquier cubierta plana accesible deberá definirse como transitable o no transitable. Cabe señalar que *transitable* no significa necesariamente que sea una azotea de recreo; también una cubierta técnica llena de equipos de aire acondicionado puede considerarse transitable en tanto se pueda caminar para mantener dichos equipos (aunque no sea un paseo agradable). La diferencia radica en el diseño del acabado y en las cargas previstas.

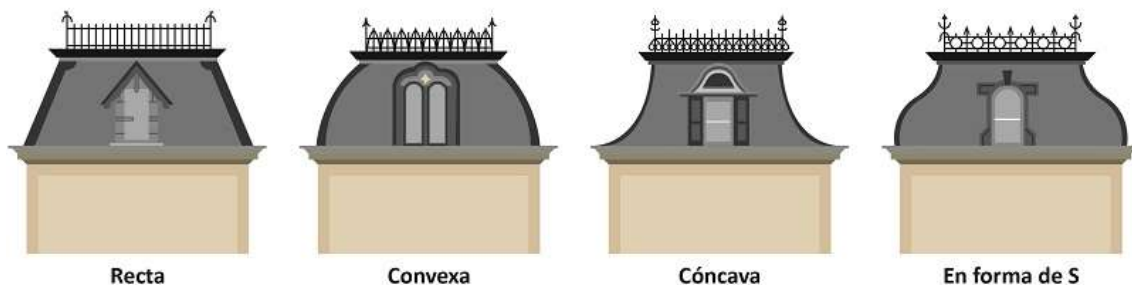
Estas tipologías pueden combinarse: por ejemplo, una cubierta invertida puede ser transitable a la vez (poniendo losetas filtrantes encima del aislante), o una cubierta ajardinada suele ser invertida. El proyectista elige la solución óptima considerando los criterios ya mencionados (clima, uso, coste, mantenimiento).

7.3. CUBIERTAS INCLINADAS

Las **cubiertas inclinadas** o tejados son aquellas que se componen de uno o varios planos inclinados (llamados *faldones*) apoyados sobre una estructura, formando generalmente una figura triangular o poligonal en sección. Son la forma más tradicional de techo en la arquitectura, especialmente en climas con lluvia o nieve, ya que su pendiente permite evacuar rápidamente el agua. Las cubiertas inclinadas pueden clasificarse según su número de aguas (un agua –plano único inclinado que vierte en un solo sentido–, dos aguas –dos faldones opuestos que se unen en una cumbre–, cuatro aguas –tipo piramidal o con limatesas en las esquinas–, entre otras variantes). También incluyen formas especiales como las cubiertas **mansarda** (doble pendiente, más suave arriba y

más pronunciada abajo para ganar espacio habitable bajo cubierta) o las cubiertas **abovedadas** y de cúpula (inclinadas en todas direcciones).

Estilos de mansarda



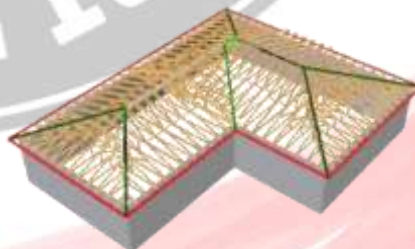
En las cubiertas inclinadas, a diferencia de las planas, el agua escurre por gravedad hacia los aleros y suele recogerse con canalones o simplemente cae a tierra alejándose de la fachada por el voladizo del alero. El elemento impermeable suele ser discontinuo (tejas, láminas solapadas) en lugar de láminas continuas, aprovechando la inclinación para que el agua no atraviese las juntas. A continuación, se describen los elementos estructurales y constructivos de las cubiertas inclinadas y los diversos sistemas de cobertura empleados.



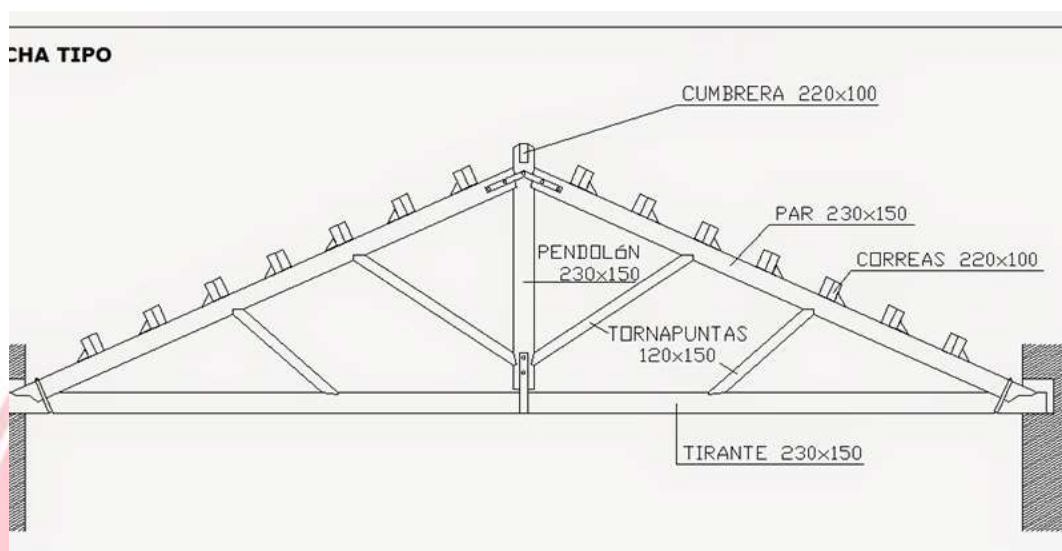
7.3.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La estructura de una cubierta inclinada es el esqueleto que le da forma y resistencia. Puede estar realizada en madera, acero u hormigón, y su configuración varía con la luz a cubrir (anchura del edificio), el material de cobertura y las cargas. Los elementos estructurales principales son:

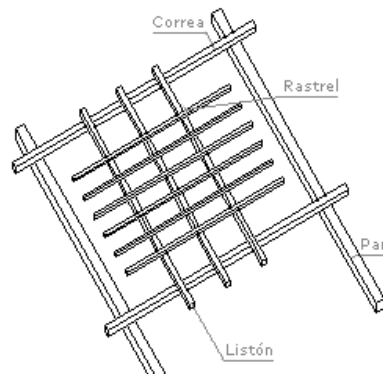
- **Cerchas, vigas y pares:** En cubiertas inclinadas amplias suele usarse **cerchas** (estructuras trianguladas de madera o metal) que salvan la distancia entre muros de apoyo. Las cerchas están formadas por barras inclinadas (pares o correas superiores), una barra inferior (tirante) y montantes o diagonales internos que rigidizan el conjunto. En cubiertas más sencillas, como casas pequeñas, puede no haber cerchas completas sino simplemente vigas inclinadas apoyadas en cumbrera y muros, conocidas como **pares** o vigas de cubierta, que se emparejan en ángulo para formar el caballete superior.



- **Cumbrera y pendolón:** La **cumbrera** estructural es la línea (o viga) en la parte más alta donde apoyan los elementos inclinados. En algunas estructuras hay una **viga de cumbrera** horizontal que sirve de apoyo a los pares (especialmente en estructuras de madera tradicionales); en otras, los pares se unen entre sí en la cima sin pieza intermedia. A veces se coloca un **pendolón** (postigo vertical en el centro de la cercha) que baja desde la cumbrera hasta el tirante de una cercha para dar apoyo adicional a la viga cumbrera.



- **Correas y rastreles:** Son elementos secundarios: las **correas** son barras que van horizontalmente apoyando de cercha a cercha o de viga a viga, para sostener la subestructura de cubierta. Encima de las correas (o directamente sobre las vigas si no hay correas) se suelen clavar listones llamados **rastreles** (listones de madera, metálicos o perfiles plásticos) que van paralelos a la cumbrera, espaciados regularmente, y sobre los cuales se fijan las tejas u otros materiales de cubierta. Los rastreles permiten sujetar las piezas de cobertura y distribuirlas alineadas a lo largo del faldón.
- **Tableros o entablado:** En muchos casos, sobre la estructura principal inclinada se instala un **entablado continuo** de tablas de madera o tableros (contrachapado, OSB, etc.) que cubre toda la pendiente, fijado a las vigas o cerchas. Este entablado sirve de soporte continuo a láminas impermeables (subcapa bajo tejas, por ejemplo) y rigidiza el conjunto. En estructuras de hormigón, el mismo forjado inclinado (una losa) puede hacer de soporte continuo para la impermeabilización.



- **Elementos de arriostramiento:** Además, la estructura de un tejado incluye componentes para darle estabilidad frente al viento: cruces de San Andrés (riostros en diagonal clavadas entre vigas), chapas metálicas de unión, etc., que evitan deformaciones. También, si la cubierta apoyada en muros transmite esfuerzos horizontales (por la forma inclinada), se debe contrarrestar con tirantes o conectarla al resto de la estructura (por ejemplo, vigas horizontales en áticos que actúan como tirantes).



En resumen, la estructura de una cubierta inclinada puede ser un sistema ligero (madera/metal) de triángulos y vigas que forman la *armadura* del tejado, o un soporte pesado (forjado de hormigón inclinado). En ambos casos, debe ser capaz de soportar **cargas verticales** (peso propio, tejas, nieve) y cargas **de viento** que puedan actuar hacia arriba o lateralmente levantando las aguas del tejado. Una vez lista la estructura, se dispone sobre ella el soporte de la cobertura (rastreles, tableros) y las capas de aislamiento e impermeabilización según se requiera.

7.3.2. SOPORTES DE COBERTURA

Sobre la estructura resistente, las cubiertas inclinadas necesitan un **soporte para las piezas de cobertura** (tejas, placas, etc.), ya que estas no se colocan directamente sobre vigas muy separadas. Existen dos enfoques principales:

- **Soporte continuo:** Consiste en cubrir toda la superficie del tejado con un **tablero continuo** que asienta sobre la estructura (correas, vigas). Por ejemplo, un tablero de madera aglomerada hidrófuga de 15mm cubriendo todo el faldón, o un enrasillado tupido de tablas machihembradas. Encima de este tablero se puede colocar directamente la impermeabilización (lámina transpirable, tela asfáltica) y luego las tejas, que irán fijadas mediante ganchos o espuma al tablero, o sujetas con rastreles añadidos. El soporte continuo da solidez al conjunto y permite incluso usar piezas pequeñas o continuas en el acabado (por ejemplo, teja asfáltica o lámina).
- **Soporte discontinuo:** Es el sistema tradicional para tejas y piezas que se cuelgan: se usan **listones o rastreles** colocados a intervalos regulares, que sirven de apoyo individual a cada hilera de tejas o paneles. Por ejemplo, para tejas cerámicas curvas (teja árabe) se colocan listones horizontales (perpendiculares a la pendiente) espaciados según la longitud de la teja, y sobre cada listón se apoya la fila de tejas. En tejas planas o tejas de hormigón, igualmente se usan rastreles que soportan la parte superior de la teja. Este método ahorra material de soporte (no hace falta un tablero en todo el plano, solo listones donde se apoyan las tejas) y ventila mejor por debajo de las piezas (quedan espacios entre rastreles). Sin



embargo, requiere que las piezas de cubierta tengan suficiente rigidez o apoyo para no flectar entre rastreles. En algunos casos se combina: un tablero cubre el faldón y además se clavan rastreles sobre él para colgar las tejas, así se tiene soporte continuo más rastrel que crea una cámara de aire ventilada bajo las piezas.

La elección depende del material de cobertura: las **tejas** suelen ponerse con rastreles; las **pizarras** se clavan a listones continuos o tablero; las **chapas metálicas** generalmente van atornilladas a correas o rastreles metálicos; las **tejas asfálticas (tégolas)** necesitan un soporte continuo firme debajo (tablero) porque son flexibles; los **paneles sándwich** se atornillan directamente a las correas estructurales sin requerir tablero adicional.

En cualquier caso, el soporte de cobertura debe asegurar que las piezas queden bien fijadas y que puedan resistir el viento y otras acciones sin desprenderse. También, en montajes con soporte continuo, suele colocarse sobre el tablero una **lámina impermeable transpirable** (tipo tela microperforada) que evita entradas de agua polvo bajo tejas pero deja salir vapor desde el interior, ayudando a la estanqueidad secundaria del tejado.

7.3.3. AISLAMIENTO TÉRMICO

El aislamiento térmico en las cubiertas inclinadas es tan importante como en las planas, pero su colocación puede variar en función del diseño del edificio:

- **Aislamiento sobre el soporte (sistema sándwich):** Una opción es colocar el aislante por la parte exterior, encima de la estructura inclinada y bajo la cobertura. Por ejemplo, en tejados de madera es común poner placas rígidas de aislante sobre el entablado y luego otra capa de tablero encima, dejando el aislante “sandwich” entre dos tableros, antes de las tejas. Existen paneles sándwich prefabricados que ya traen un acabado interior decorativo, una capa de aislante en medio y un tablero soporte exterior, facilitando la ejecución.
- **Aislamiento entre elementos estructurales:** En cubiertas con estructura de madera, se suele aprovechar el espacio entre vigas o cerchas para alojar allí el aislante. Por ejemplo, entre cada par de vigas inclinadas se ponen mantas o paneles de lana de roca, rellenando los huecos. Luego, por la cara interior, se coloca un trasdosado (un friso de madera o un falso techo de yeso) que oculta el aislante y las vigas. De esta forma, la aislación queda dentro del plano estructural. Es importante en este caso poner una **barrera de vapor** en el lado cálido (justo debajo del aislante,



antes del revestimiento interior) si el clima es frío, para evitar condensaciones en el aislante.

- **Aislamiento por debajo de la estructura:** Si existe un falso techo horizontal debajo de la cubierta (por ejemplo, techo del ático), a veces se opta por aislar en ese plano horizontal en lugar de en la pendiente. Es decir, se coloca el aislante sobre el cielorraso de la última planta, dejando el bajo cubierta (desván) frío. Esta es una solución válida cuando no se utiliza el espacio bajo la cubierta, y así solo se calefacciona/ acondiciona el espacio habitado. Sin embargo, deja el entretecho frío, lo que puede generar condensaciones si no está ventilado, y desaprovecha la posibilidad de climatizar el ático si se quisiera usar. Por ello, si se busca que el ático o buhardilla sea habitable, se aísla mejor directamente bajo la cubierta inclinada.
- **Cubierta invertida inclinada:** En algunas cubiertas inclinadas con forjado de hormigón, se han usado soluciones tipo invertida: colocar impermeabilización sobre el forjado inclinado y luego paneles aislantes encima antes de las tejas. No es común, pero conceptualmente existe y sería similar a la cubierta plana invertida, pero en plano inclinado.



En cualquier caso, se debe asegurar la continuidad del aislamiento térmico y evitar puentes térmicos (por ejemplo, vigas de hormigón sin aislar que atraviesen al exterior). Los materiales aislantes en cubierta inclinada suelen ser los mismos que en plana (lanas minerales, poliestireno, poliuretano, fibras vegetales en aislamientos ecológicos, etc.), teniendo cuidado de su comportamiento al fuego si quedan expuestos en el interior. Por último, las cubiertas inclinadas ventiladas mejoran la eficacia del aislante manteniéndolo más seco y fresco en verano: el aire que entra por los aleros y sale por la cumbrera se lleva el calor acumulado sobre el aislante, reduciendo la transmisión al interior.

7.3.4. SISTEMAS DE COBERTURA

La capa exterior o material de **cubrición** de una cubierta inclinada es lo que comúnmente llamamos tejado: el acabado que vemos desde fuera (teja, pizarra, chapa, etc.). Este material debe ser impermeable o repelente al agua y estar dispuesto de forma que el agua de lluvia escurra pendiente abajo sin filtrarse por las uniones. Existen numerosos sistemas de cobertura inclinada, entre los cuales destacan:

- **Tejas (cerámicas, de hormigón o metálicas):** Son quizá el material más tradicional. Las **tejas cerámicas** de barro cocido se usan desde hace siglos; vienen en distintas formas, las más conocidas son la *teja árabe o curva* (semicilíndrica, que se coloca alternando canales y cobijas)



y la *teja plana o alicantina* (más plana, pero con encajes). Las tejas se colocan solapadas unas con otras, formando hileras, de modo que cada teja cubre parcialmente a la de abajo y así sucesivamente, impidiendo que la lluvia se cuele. Requieren una pendiente suficiente (generalmente >30%) para que no haya filtraciones. Las **tejas de hormigón** son similares en forma a las cerámicas planas o curvas, pero hechas de mortero de cemento; son algo más pesadas, pero económicas y duraderas, y suelen venir teñidas (rojo, gris, etc.). También se colocan solapadas. Ambas (cerámicas y hormigón) suelen fijarse por su propio peso y encaje, aunque en bordes y cumbreras se asegura con mortero o ganchos. Existen también **tejas metálicas**, que en realidad son paneles de chapa de acero o aluminio conformados con forma de varias tejas; se instalan como grandes láminas atornilladas, imitando el aspecto de las tejas tradicionales pero con menos peso y piezas más grandes. Son estancas mientras las uniones estén bien selladas y permiten pendientes menores que las tejas sueltas.

- **Pizarras:** La pizarra natural es una piedra laminar que tradicionalmente se usa en tejados de zonas montañosas (por ejemplo, en el noroeste de España). Las **losetas de pizarra** se cortan en piezas rectangulares u ovoides y se clavan sobre rastreles o un tablero, solapándolas ampliamente (cada pieza cubre parte de dos inferiores). El resultado es un tejado de color gris oscuro o negro, con un aspecto elegante y muy resistente. La pizarra es impermeable y soporta bien la intemperie, con una durabilidad muy alta (tejados de pizarra pueden durar más de 50 años). Requieren estructura robusta por su peso y pendientes medias-altas para desaguar (mínimo ~25-30%). Como alternativa más económica, existen **plaquetas de fibrocemento con recubrimiento imitación pizarra** o **tejas planas de cemento fibroso** que imitan la colocación de la pizarra.
- **Placas asfálticas:** Aquí se incluyen dos sistemas: las **tejas asfálticas tipo "tégola americana"** y las **placas onduladas bituminosas**. Las *tégoles* son láminas de fibroasfalto recubiertas de gránulos minerales de colores, que vienen en banda con forma de tejas pequeñas; se clavan sobre un tablero continuo formando un manto impermeable con apariencia de pequeñas tejas planas. Son muy usadas en cubiertas ligeras, chalets y casetas, especialmente en pendientes medianas ($\geq 20\%$). Son flexibles y se adaptan bien, de instalación relativamente sencilla. Por otro lado, las *placas onduladas bituminosas* (marcas típicas: Onduline) son paneles rígidos ondulados hechos de fibras embebidas en asfalto; se instalan atornilladas a listones, solapando las ondas, funcionando parecido a una chapa ondulada, pero de material asfáltico. Suelen emplearse como subsistema bajo teja (impermeabilización bajo tejados de teja vieja) o como cubierta principal en

cobertizos por su bajo coste y peso. Ambos sistemas asfálticos ofrecen buena impermeabilidad si están bien colocados, aunque su durabilidad es menor que la de teja o pizarra (tienden a degradarse en unas décadas por el sol).

- **Láminas metálicas:** Las cubiertas metálicas comprenden las **chapas perfiladas** y los **sistemas de junta alzada**. Las chapas perfiladas son láminas de acero galvanizado o aluminio, onduladas o trapezoidales, que se atornillan a la estructura. Son típicas de naves industriales y almacenes, por ser ligeras y cubrir grandes superficies con pendiente mínima (incluso 5-10%). Necesitan tratar las juntas de estanqueidad (tapajuntas o solapes con sellador) para no gotear. Las de junta alzada son planchas metálicas lisas (zinc, cobre, aluminio) que se engatillan entre sí longitudinalmente formando costuras verticales (juntas alzadas) sin perforar la lámina; este sistema, muy usado en tejados de zinc o cobre de edificios antiguos y modernos, logra gran impermeabilidad y un acabado elegante, incluso en cubiertas curvas. Las láminas metálicas tienen la ventaja de su ligereza y rapidez de montaje, pero son muy conductoras térmicas (requieren buen aislante debajo para evitar calor/frío) y pueden ser ruidosas con la lluvia o granizo. Además, necesitan protección anticorrosiva (galvanizado, pinturas) para durar en ambientes húmedos.



- **Placas de fibrocemento:** El fibrocemento (cemento reforzado con fibras) se ha empleado mucho en cubiertas económicas. Tradicionalmente las placas de fibrocemento eran onduladas (las conocidas placas de uralita de color gris); hoy día, las que se fabrican ya no llevan fibras de amianto (prohibidas por nocivas) sino fibras sintéticas o celulósicas. Se instalan similares a chapas, atornilladas a las correas, solapando ondas. Son resistentes a la corrosión (no se oxidan al ser base cemento) y tienen buena durabilidad, aunque son algo pesadas y frágiles ante impactos. Se usan en naves agrícolas, almacenes, cubiertas de fábricas y también en viviendas rurales de forma vista o bajo teja. Existen también placas planas de fibrocemento utilizadas como soporte bajo teja o como acabado visto en arquitectura contemporánea (tratadas con pinturas). El fibrocemento es incombustible y de bajo mantenimiento, pero estéticamente menos apreciado (salvo que se cubra).



- **Paneles sándwich y componentes compuestos:** En construcciones industriales y prefabricadas es muy común emplear **paneles sándwich autoportantes** como cubierta inclinada. Estos paneles están formados por dos chapas metálicas (exterior e interior) con un núcleo de aislamiento (poliuretano inyectado, lana de roca) pegado entre ambas. Vienen de fábrica con distintos espesores y longitudes. Al montarlos, se atornillan a la estructura



portante y encajan entre sí mediante un sistema macho-hembra, creando un techo terminado de una sola vez (la cara inferior hace de cielorraso, el aislante ya incluido y la cara superior estanca). Son muy rápidos de instalar y permiten luces considerables sin apoyo intermedio. Térmicamente son buenos por su aislante, aunque hay que controlar puentes térmicos en las juntas y tornillos. Su apariencia exterior es la de una chapa continua (hay modelos imitando teja también). Otro elemento compuesto son las **tejas panel**: pequeñas piezas tipo teja pero que incorporan aislante por debajo, o las **losetas con aislamiento** para cubiertas inclinadas invertidas. Estos sistemas integrados facilitan la construcción y mejoran prestaciones, aunque suelen ser más costosos en material que los sistemas tradicionales.

Cada sistema de cobertura requiere pendientes mínimas diferentes: por ejemplo, chapas metálicas trapezoidales pueden usarse con 5-10% de pendiente sin filtraciones, mientras que tejas necesitan más inclinación. Por eso, al elegir el material de cubierta inclinada se debe compatibilizar con la forma (una cubierta casi plana en un clima lluvioso tendría que ser de lámina continua, no de tejas). La selección depende de factores como la estética deseada, la economía, la disponibilidad local de materiales, la durabilidad y el mantenimiento. En España, las tejas cerámicas y de hormigón son omnipresentes en viviendas, la pizarra en zonas específicas, y las chapas/paneles en industria; aunque la innovación trae también techos verdes inclinados o cubiertas metálicas en casas modernas.

7.4. FIJACIONES Y REMATES

Un aspecto crucial para el buen desempeño de una cubierta es la correcta **fijación** de sus elementos de cobertura y la ejecución de los **remates y encuentros**. No basta con poner tejas o láminas; hay que asegurarlas para que no se muevan ni se vuelen, y resolver de manera impermeable las uniones en cumbreras, limas, perímetros, etc. Veamos estos aspectos:

7.4.1. SISTEMAS DE FIJACIÓN DE TEJAS Y PLACAS

Tradicionalmente, muchas tejas se mantenían en su lugar simplemente por **gravedad y solape**: su propio peso y la forma encajada con las contiguas las mantenía estables (sobre todo en cubiertas de teja árabe con cierta inclinación y buen apoyo). Sin embargo, para garantizar la seguridad, hoy día casi todas las cubiertas inclinadas requieren fijaciones mecánicas o adherentes complementarias:

- **Ganchos y anclajes para tejas:** Es común emplear **ganchos metálicos** de fijación. Por ejemplo, ganchos de alambre galvanizado que sujetan la teja por un agujero o reborde y se clavan al rastrel, impidiendo que la teja se deslice. También hay clips específicos para tejas de hormigón o cerámicas planas, que abrazan la



teja y se atornillan al soporte. Estas fijaciones se utilizan sobre todo en zonas ventosas o en bordes (aleros y cumbresas, donde las piezas están más expuestas al viento).

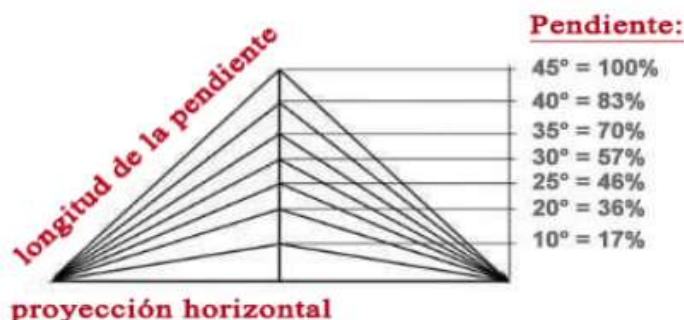
- **Mortero o adhesivos:** En colocaciones tradicionales, algunas tejas (especialmente las de remate, como cumbresa y alero) se *pegaban* con mortero de cemento o cal. Se ponía un lechón de mortero que fijaba la teja en su posición. Esto todavía se hace en rehabilitaciones o en estilos rústicos, pero tiene el problema de que el mortero rígido puede agrietarse con movimientos y terminar soltando las tejas. Como alternativa moderna, existen **espumas y siliconas adhesivas** especiales para tejas: se aplica un cordón de espuma de poliuretano o adhesivo de construcción en la cara interior de la teja y se pega al soporte, logrando fijación flexible pero firme.
- 
- **Tornillos y fijaciones para placas:** En el caso de cubiertas de placas (metálicas, fibrocemento, paneles sándwich), la fijación es mediante **tornillos autotaladrantes** o tirafondos con arandela y junta de neopreno, que se atornillan atravesando la placa hasta la estructura (correa o rastrel). Cada onda o módulo de la placa lleva sus tornillos según las especificaciones del fabricante para resistir viento. Estos tornillos sellan el agujero con su junta para que no haya filtración. En las chapas de junta alzada, las fijaciones son más elaboradas: se usan *clips ocultos* que enganchan la chapa y se atornillan al soporte, luego la siguiente chapa cubre ese clip al engatillarse, quedando la fijación oculta y sin perforar la superficie exterior.
 - **Lastre y sistemas autopeso:** En cubiertas planas invertidas, la fijación de las capas superiores (aislante, etc.) a veces simplemente se realiza por *autopeso*: se coloca suficiente grava o losetas para que el viento no pueda moverlas. Es un concepto distinto, pero se menciona porque en cubiertas ajardinadas o invertidas no se “fijan” los elementos con tornillos sino con peso. Sin embargo, en cubiertas inclinadas no es viable confiar solo en peso, excepto en tejas muy pesadas y pendientes bajas; incluso en esos casos, es prudente asegurar mecánicamente.

La **elección del sistema de fijación** depende de: el material de la cubierta (no es lo mismo fijar cerámica que metal), la pendiente (en pendientes fuertes las tejas tienden a deslizarse, requiriendo más sujeción) y la exposición al viento. Siempre se siguen las recomendaciones del fabricante de la teja o panel y las normativas locales (que suelen indicar cuántas fijaciones por metro cuadrado o por pieza son necesarias en función de la zona de viento). Una buena fijación evita desprendimientos peligrosos y conserva la estanqueidad (ya que una teja desplazada puede abrir camino al agua).

7.4.2. CONDICIONES SEGÚN PENDIENTE Y EXPOSICIÓN

La forma en que se resuelve la cubierta varía según la **pendiente** de la misma y la **exposición a agentes climáticos**:

- Influencia de la pendiente:** En cubiertas **muy inclinadas** (por ejemplo, >50% o 60°) las tejas o elementos pueden resbalar por gravedad si no están bien sujetos; por ello, a mayor inclinación, mayor necesidad de anclaje por encima del simple apoyo. En pendientes extremas, a veces se utilizan elementos especiales como ganchos en cada pieza. Por otra parte, en cubiertas **poco inclinadas** (pero que aún no son planas, digamos 10-20%), el problema es que el agua tarda más en escurrir y puede meterse por las juntas de las tejas. Para esas pendientes bajas, los fabricantes suelen exigir solapes mayores entre tejas o incluso recomendar una lámina impermeable continua bajo las tejas como segunda barrera. Si la pendiente es menor a la mínima del material, habrá filtraciones; en esos casos o se cambia el material o se rediseña la pendiente. En resumen: *pendiente muy baja exige aumentar solapes e impermeabilización auxiliar; pendiente muy alta exige aseguramiento mecánico extra de las piezas.*
- Viento:** En zonas de **vientos fuertes** (por ejemplo, regiones costeras o lugares abiertos), el tejado sufre succión y empuje del viento. Las rachas pueden levantar tejas si no están ancladas. Por tanto, en esas ubicaciones se incrementa el número de fijaciones: se puede llegar a clavar o atornillar cada teja, o usar clips en todas las piezas, no solo en las de borde. Igualmente, las chapas metálicas requieren tornillos en prácticamente todas las ondas para no vibrar ni soltarse. La exposición al viento también puede dictar usar materiales más planos (que ofrezcan menos resistencia, por ejemplo, tégola asfáltica en lugar de teja curva) o agregar contrapesos. A nivel de diseño, los aleros muy sobresalientes se evitan en zonas ventosas porque pueden actuar como “alas” que el viento levante; si existen, deben fijarse especialmente.
- Lluvia y nieve:** En regiones de **lluvia intensa**, además de la pendiente adecuada, se cuidan los solapes y la impermeabilización extra. Por ejemplo, se instalan láminas impermeables bajo la cubierta de tejas (lo que se llama *tejado doblemente impermeabilizado*: las tejas retienen la mayor parte del agua, pero si alguna gota pasa, es detenida por la lámina bajo-teja). Esto se ve en cubiertas de madera habitables, donde sobre el tablero se coloca una lámina transpirable antes de las tejas. En zonas de **nevadas**, el peso de la nieve acumulada exige



calcular la estructura; además se colocan a veces *elementos retenedores de nieve* (unas piezas dentadas en el tejado) para que la nieve no se desprenda de golpe en aludes desde el tejado, y se diseña la cubierta de modo que la nieve no obstruya ventilaciones ni canalones. La nieve al derretirse puede refluir por debajo de tejas si hay hielo taponando, por eso se insiste en impermeabilización bajo-teja en climas fríos. También las pendientes en zona de nieve suelen ser pronunciadas para que la nieve escurra.

- **Sol y dilatación:** En climas muy soleados, las cubiertas (sobre todo las metálicas) sufren dilataciones. Deben preverse juntas de dilatación en cubiertas extensas y usar elementos de fijación con juego para permitir ese movimiento sin romperse. La exposición al sol también afecta a las fijaciones adhesivas: por ejemplo, ciertas espumas podrían degradarse con calor, por lo que se usan productos específicos.

En síntesis, **cada cubierta debe adaptarse a su entorno**: más fijaciones en lugares ventosos, mejores solapes e impermeabilización auxiliar en pendientes bajas o climas lluviosos, estructuras reforzadas y dispositivos anti-nieve en climas fríos, etc. Las normas técnicas ofrecen tablas de pendientes mínimas y métodos de fijación según las condiciones, que el proyectista y el constructor deben seguir para asegurar la durabilidad y seguridad de la cubierta.

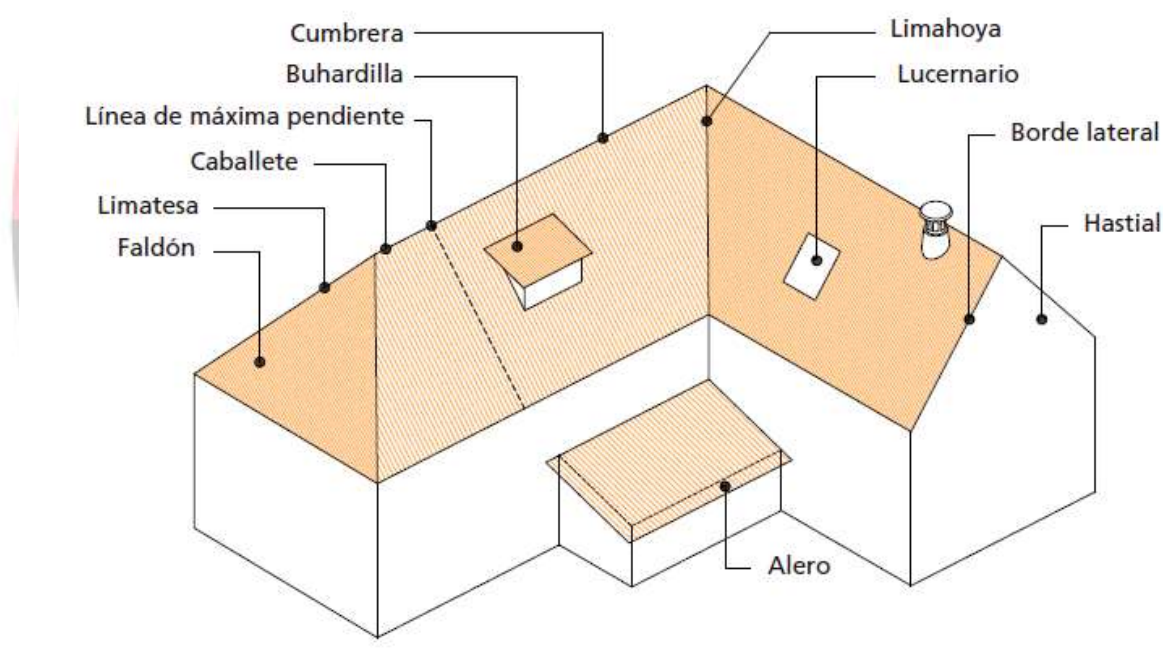
7.4.3. REMATES Y ENCUENTROS

Se denominan **remates** a los acabados y piezas especiales que se colocan en las uniones o bordes de la cubierta, y **encuentros** a las intersecciones de la cubierta con otros elementos (muros, chimeneas, cambios de plano). Son puntos críticos porque suelen concentrar agua o ser más vulnerables, por lo que requieren solución cuidadosa. Entre los principales remates y encuentros de cubiertas inclinadas tenemos:

- **Cumbrera:** Es el remate superior horizontal en una cubierta a dos aguas (o la unión de faldones superiores en cubiertas de más de dos aguas). Se resuelve colocando piezas especiales llamadas *tejas de cumbrera* (tejas curvas o elementos específicos alargados) que cubren la junta entre los dos faldones. Estas tejas de cumbrera suelen colocarse sobre un lecho de mortero o con fijaciones, asegurando que no entre agua por la línea de encuentro. También existen cumbreras ventiladas: piezas con aperturas laterales que permiten salir aire caliente del desván, pero impiden la entrada de agua. En cubiertas metálicas o de pizarra, la cumbrera se remata con una **chapa de cumbrera** continua (una chapa doblada en ángulo que cubre toda la arista) fijada con tornillos y sellada.
- **Limatesa:** Es la arista inclinada que se forma cuando dos faldones se unen en un borde sobresaliente (por ejemplo, en un tejado a cuatro aguas, las esquinas del techo generan limatesas). Las limatesas se rematan de forma similar a la cumbrera, usando piezas especiales de teja cortadas y unidas en la arista, o con remates metálicos. Básicamente son “cumbreras inclinadas” hacia el alero. Normalmente, se colocan tejas de cumbrera siguiendo la línea de la limatesa,

solapadas y selladas. Debajo de ellas conviene impermeabilizar la unión de los faldones (por ejemplo, poniendo una banda ancha de mortero o una lámina flexible auto-adhesiva que haga de base). El encuentro debe ser limpio y recto para guiar el agua hacia los aleros de cada lado.

- **Limahoya:** Es la línea cóncava donde se juntan dos faldones inclinados que *convergen hacia adentro*, formando un valle. Por esta unión es por donde se encauza gran parte del agua, ya que recoge la de ambos faldones adyacentes. Para evitar filtraciones, la limahoya se resuelve colocando una **canal o canaleta interior**: puede ser una pieza prefabricada en forma de V (de metal, plástico, fibrocemento) o una lámina metálica continua que recorre toda la intersección desde la cumbrera interna hasta el alero. Las tejas de ambos faldones se cortan de forma que sus bordes queden sobre esa canal, solapando unos centímetros, de manera que el agua es recogida por la canaleta y conducida al desagüe del alero. Es crucial que la limahoya tenga suficiente anchura y esté bien impermeabilizada, pues es donde más fácilmente podría filtrarse agua si hay acumulación. En zonas de hojas o nieves, hay que mantenerla limpia para que no se tapone.



- **Alero:** Es el borde inferior de la cubierta, por donde ésta vierte el agua. El alero suele sobresalir más allá del muro para proteger la fachada. El remate de alero incluye varios elementos: una **pieza de remate** (por ejemplo, una teja de alero que tapa la oquedad de las tejas curvas para que no entren pájaros), un **canalón** (si se recoge el agua, se instala un canalón continuo suspendido para recogerla y llevarla a bajantes) y un **voladizo** que a veces se termina con un **sofitos** (un friso bajo el alero para acabado estético). En muchos tejados, la última fila de tejas se pega con mortero para que queden fijadas contra viento en el borde. En cubiertas

planas, el alero puede ser un peto (un pretil perimetral) con una pieza llamada *albardilla* o *remate de peto* impermeable (de piedra, cerámica o metal) para que el agua escurra lejos del muro. También es habitual colocar piezas con goterón (un reborde) en los bordes para que el agua caiga goteando y no escurra por paredes.

- **Encuentros con paramentos verticales:** Cuando la cubierta se adosa a una pared vertical (por ejemplo, la base de un ático más alto, o una chimenea atravesando el tejado), se deben hacer remates especiales llamados **baberos** o **flashing**. Consisten en láminas metálicas (zinc, plomo, aluminio) dobladas que se solapan con la cubierta y suben unos centímetros por la pared, sellándose allí (muchas veces se empotra en una regata de la pared con masilla). De esta forma, el agua que baja por la pared cae sobre la chapa y no se mete debajo de la cubierta. Hay baberos inferiores (en la parte alta de la pared respecto a la caída del agua) y superiores. En chimeneas, se rodea todo el contorno con estos vierteaguas metálicos. En cubiertas planas, los encuentros con petos se impermeabilizan subiendo la membrana flexible unos 20 cm por el muro y fijándola, luego protegiéndola con una chapa sombrerete.
- **Remates de borde y laterales:** En los bordes laterales de una cubierta inclinada (los extremos de faldón, llamados *hastiales* cuando el tejado termina en un muro vertical triangular), también se colocan remates. Puede ser una hilera de tejas especiales de borde (tejas que cierran lateralmente) o un remate de mortero/yeso cubriendo la unión. En muchos casos se opta por una **chapa lateral** que cubre la unión entre la última fila de tejas y el muro lateral, evitando que la lluvia entre con viento lateral.
- **Remates en penetraciones:** Cualquier elemento que penetra la cubierta (chimeneas, lucernarios, ventilaciones, antenas) necesita un remate estanco alrededor. Por ejemplo, alrededor de una ventana de tejado (tipo Velux) se instala un conjunto de limahoyas y tapajuntas especiales incluidos con la ventana para integrarla sin goteras. Las chimeneas llevan los baberos mencionados. Los tubos de ventilación se sellan con piezas tipo sombrerete y falda de plomo.

La correcta ejecución de **remates y encuentros** es determinante para que la cubierta no tenga filtraciones. Muchas goteras aparecen precisamente en chimeneas mal selladas, limahoyas obstruidas o albardillas fisuradas. Por eso, en obra se presta especial atención: se colocan selladores, se solapan generosamente las láminas, se refuerza la impermeabilización en esquinas, etc. Visualmente, unos remates bien terminados también mejoran el aspecto del edificio, dando sensación de acabado cuidado. En síntesis, los remates (cumbresas, limas, aleros) y los encuentros con otros elementos deben **garantizar la continuidad de la impermeabilización** y la correcta evacuación del agua, a la vez que aseguran las piezas de cubierta en esos puntos singulares.

7.5. COMPARACIÓN ENTRE CUBIERTAS PLANAS E INCLINADAS

Para finalizar, es útil comparar las cubiertas planas e inclinadas en varios aspectos clave: el coste y mantenimiento que requieren, su comportamiento térmico y funcional, y las posibilidades de uso que ofrecen. La elección entre una cubierta plana o inclinada en un proyecto dependerá de un equilibrio entre estos factores, además de condicionantes estéticos y normativos.

7.5.1. COSTE, MANTENIMIENTO Y DURABILIDAD

No se puede generalizar fácilmente cuál tipo de cubierta es más costosa, ya que depende del diseño específico y materiales empleados, pero sí hay tendencias:

- **Coste inicial:** Las cubiertas inclinadas a dos aguas de teja suelen ser económicas en edificaciones pequeñas, pues la teja es relativamente barata y la estructura de madera no es muy compleja. Sin embargo, en edificios más grandes, una cubierta inclinada implica mayor volumen de espacio (buhardilla) que a veces no se usa, y una estructura de techo elaborada (cerchas grandes) que puede encarecer. Las cubiertas planas, por otro lado, aprovechan el forjado de la última planta como base, requiriendo solo las capas impermeables y aislantes; en edificios de varias plantas, esto suele ser más barato que construir un tejado alto. Así, en construcción moderna de varios pisos, las azoteas planas son frecuentes por eficiencia económica y estructural. En viviendas unifamiliares, dependiendo de la zona, un tejado inclinado sencillo puede ser incluso más barato que hacer una azotea con impermeabilización sofisticada. Además, las cubiertas ajardinadas o transitables con acabados caros pueden elevar bastante el coste, comparado con un tejado simple de teja.
- **Mantenimiento:** Por lo general, una **cubierta inclinada tradicional** (teja cerámica sobre rastreles) requiere poco mantenimiento: las tejas bien colocadas pueden durar décadas; solo hay que revisar tras temporales fuertes si alguna se movió y limpiar canalones de hojas. Los materiales como la pizarra o teja tienen vidas útiles muy largas (más de 50 años fácilmente). En cambio, las **cubiertas planas** con membranas asfálticas o sintéticas suelen tener una vida útil menor; por ejemplo, una tela asfáltica puede necesitar ser renovada cada 20-30 años, ya que con el tiempo se agrieta o desprende. Además, las planas requieren mantener limpios los sumideros y bajantes (ya que un sumidero obstruido puede inundar la cubierta y provocar filtraciones). Se suele inspeccionar la azotea cada cierto tiempo para asegurar que no haya charcos permanentes o daños en la impermeabilización. Sin embargo, las planas permiten un acceso más fácil para su mantenimiento (se puede caminar en ellas), mientras que en una inclinada la revisión es más complicada (requiere andamio o subir con arnés). Resumiendo: *las cubiertas inclinadas suelen tener menor mantenimiento rutinario*, pero cuando necesitan reparaciones (por ejemplo, goteras en una limahoya) pueden



ser más laboriosas de arreglar que en una cubierta plana donde todo es accesible desde arriba.

- **Durabilidad:** Si comparamos la durabilidad, las cubiertas inclinadas con materiales tradicionales tienden a **durar más** sin intervenciones mayores. Un tejado de teja bien hecho puede estar en buen estado 50-100 años después (aunque quizás requiera cambiar alguna teja puntual). En cambio, las cubiertas planas dependen de compuestos orgánicos (asfalto, PVC) que con los años envejecen. Es cierto que hoy existen membranas de alta calidad y cubiertas invertidas que prolongan la vida de la impermeabilización, reduciendo esta brecha. Una cubierta plana invertida bien construida puede durar también muchas décadas. Además, las cubiertas planas ofrecen la ventaja de que, si fallan, a veces se pueden rehabilitar añadiendo nuevas capas encima (por ejemplo, se puede colocar una nueva lámina sobre la vieja y otra capa de protección, restaurando la estanqueidad). En cubiertas inclinadas, rehabilitar implica a veces retirar toda la cobertura (ej., quitar todas las tejas, cambiar tela impermeable debajo y volver a colocar tejas), lo que es laborioso pero al menos los materiales pueden reutilizarse en parte.
- **Resistencia a eventos extremos:** Las cubiertas inclinadas bien ancladas suelen comportarse mejor frente a lluvias torrenciales, ya que su capacidad de evacuar es grande, mientras que una plana podría verse sobrecargada momentáneamente. Ante vientos huracanados, depende: un tejado a dos aguas ofrece un “ala” al viento que puede generar succión; las planas, al ser horizontales, no sufren esa succión de la misma manera, pero el viento puede intentar levantar membranas si no están lastrado o fijadas. En climas de nieve, un tejado permite la caída, pero si la nevada es muy intensa y la pendiente no es suficiente, la nieve acumula igual. Por eso en sitios con muchísimo viento (huracanes), a veces se prefiere cubiertas planas con parapetos, y en sitios de nevada, tejados muy inclinados.



En conclusión, **ningún tipo es categóricamente superior en todos los aspectos**. Las cubiertas planas ofrecen facilidad de inspección y versatilidad, pero demandan cuidar la impermeabilización a largo plazo. Las inclinadas ofrecen longevidad con materiales tradicionales y baja necesidad de atención, pero si surge un problema puede ser más engorroso de reparar.

7.5.2. COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y FUNCIONAL

En términos térmicos y funcionales, también hay diferencias notables:

- **Aislamiento térmico:**

Tanto una cubierta plana como una inclinada **pueden aislarse muy bien** si se les incorporan los materiales adecuados. No es que una sea intrínsecamente más aislante que otra; sin embargo, en la



práctica, las cubiertas planas de edificios modernos suelen llevar aislamientos más gruesos (porque se construyen cumpliendo estrictamente normativas de eficiencia energética actuales), mientras que muchos tejados tradicionales antiguos prácticamente no tenían aislamiento (solo la cámara de aire del desván). En edificios nuevos, se exige que ambas cumplan los mismos estándares de transmisión térmica. Donde sí hay una diferencia es en el efecto de la forma: un ático bajo una cubierta inclinada no aislada actúa como colchón de aire (bueno en verano si está ventilado, malo en invierno si no está aislado y ventilado). Una cubierta plana, en cambio, delimita directamente el espacio habitable y suele estar aislada como tal. Así, *si el bajo cubierta no se usa ni aísla*, la cubierta inclinada equivaldría a tener un techo mal aislado (casa fría en invierno, caliente en verano). Hoy se tiende a aislar también las inclinadas, por supuesto. Por otro lado, la **ventilación**: los tejados ventilados expulsan el calor del sol antes de que llegue al interior, lo cual en verano puede hacerlos más frescos que una azotea plana expuesta (a menos que la azotea tenga cubierta ajardinada o tratamiento reflectante). En invierno, la ventilación ayuda a secar condensaciones pero enfría un poco más la cubierta, lo que se contrarresta con buen aislante.

- **Inercia térmica:** Las cubiertas planas a veces incluyen losas de hormigón y grava, aportando una masa térmica que regula temperaturas (se calientan y enfrían lentamente). Las inclinadas ligeras (madera + teja) tienen poca inercia, responden más rápido a cambios de temperatura exterior (calentándose rápido con el sol pero enfriándose rápido de noche). Según convenga, puede ser deseable una u otra. Por ejemplo, en clima cálido diurno y fresco nocturno, una cubierta ligera que se enfríe rápido de noche es buena; en clima frío constante, una cubierta con inercia y bien aislada por fuera mantendrá mejor el calor interior.
- **Comportamiento acústico:** Las cubiertas inclinadas con cámara de aire y materiales pesados (teja, tablero) suelen atenuar bien el ruido de la lluvia. En cambio, una chapa metálica directamente expuesta puede ser muy ruidosa bajo



la lluvia o granizo, lo que obliga a añadir aislamientos acústicos. Las cubiertas planas de hormigón con grava no suelen dar problemas de ruido, pero las planas ligeras (ej. panel sandwich) también pueden requerir aislamiento acústico adicional para confort.

- **Funcionalidad y usos internos:** Una diferencia funcional clara es el *espacio bajo cubierta*. Con una cubierta plana, el espacio inmediatamente debajo es una planta más, totalmente utilizable (salvo por pilares o instalaciones, no hay techos inclinados). En una cubierta inclinada, se genera un espacio bajocubierta en ático que puede aprovecharse como habitación extra **si la altura lo permite** (las buhardillas). Esto añade valor funcional: un tejado inclinado a dos aguas puede permitir tener un altillo habitable con encanto, siempre que se aisle y acondicione. Por el contrario, si no se quiere ese espacio, podría considerarse “espacio desperdiciado” aunque también actúa como colchón térmico. Las cubiertas inclinadas con mansarda fueron inventadas precisamente para ganar más espacio útil en la última planta.
- **Accesibilidad y uso exterior:** Una cubierta plana puede servir de **terrazza** o solárium, siendo un espacio exterior aprovechable para los ocupantes. También es más fácil colocar en ella equipamientos: por ejemplo, equipos de aire acondicionado, paneles solares, antenas, lucernarios planos practicables, etc., con facilidad de mantenimiento andando por la azotea. Una cubierta inclinada no ofrece superficie transitable salvo obras específicas (por ejemplo, miradores sobre la cumbrera, pero no es lo habitual). Los paneles solares pueden instalarse sobre un tejado inclinado, de hecho a veces con mejor orientación fija, pero su mantenimiento es más complicado (hay que subir con seguridad). En cubiertas planas es más sencillo reorganizar instalaciones futuras, montar andamiaje de fachada desde la azotea, etc. Por eso, en edificios comerciales e industriales se prefieren planas: permiten ubicar máquinas de climatización grandes en la azotea.
- **Drenaje de agua:** Funcionalmente, las inclinadas descargan agua directamente hacia el terreno o canalón perimetral, lo cual visualmente se ve (chorros de agua en aleros). Las planas recopilan toda el agua en sumideros y bajantes internos; esto es más limpio en fachada pero concentra el flujo en pocas tuberías. En caso de obstrucción, una cubierta inclinada verá el agua rebalsar por el alero (visible), mientras una plana podría acumular charcos hasta que encuentre por dónde salir (por rebosaderos si los hay). Por ello, operativamente, las planas requieren asegurarse de que los desagües funcionen siempre.
- **Reparaciones y modificaciones:** Añadir una ventana nueva en un tejado inclinado implica recortar estructuras y añadir lucernario con sellos, lo cual es factible pero delicado. En una cubierta plana, abrir un hueco (por ejemplo, para instalar un tragaluz horizontal o un nuevo patinillo de instalaciones) es más sencillo en el forjado. En cambio, para reforzar una estructura, a veces es más fácil hacerlo en la armadura de un tejado accesible que en una losa oculta de cubierta plana.



7.5.3. POSIBILIDADES DE USO (INSTALACIONES, TRÁNSITO, VEGETACIÓN...)

Las cubiertas también se evalúan por las **posibilidades de uso adicional** que ofrecen:

- **Instalaciones técnicas:** Como hemos mencionado, las **cubiertas planas** suelen usarse como soporte de instalaciones: unidades exteriores de aire acondicionado, grupos electrógenos, antenas de telecomunicaciones, paneles solares térmicos o fotovoltaicos, depósitos de agua, etc. En una azotea plana amplia, estos equipos se pueden disponer con cierta libertad, apoyados sobre la losa (con bases de hormigón, p.ej.) y con caminos de acceso para mantenimiento. Incluso se pueden montar pequeñas construcciones (casetas de ascensor, cuartos de máquinas). En cambio, en una **cubierta inclinada** normalmente las instalaciones grandes deben ubicarse en otro lado (patio, suelo) o integrarse con dificultad: no se suele ver un equipo de aire acondicionado sobre un tejado de teja porque sería complicado fijarlo y antiestético, además de requerir estructura especial. Paneles solares sí se instalan en inclinadas, mediante soportes anclados a la estructura, pero el espacio utilizable es solo sobre el plano inclinado y con limitaciones de peso y accesibilidad.
- **Tránsito y accesibilidad:** Una cubierta plana puede ser **practicable** para las personas. Esto significa que puede transformarse en un área utilizable, desde simplemente permitir caminar para mantenimientos hasta crear un espacio recreativo (azotea con mesas, tendederos, solárium, etc.). Muchas azoteas de edificios residenciales son usadas para tender ropa o como mirador. Incluso pueden alojar eventos (se han puesto de moda las azoteas de hoteles con bares y piscinas). Todo ello es imposible en un tejado inclinado tradicional, donde apenas un técnico con arnés puede transitar. Por tanto, si se quiere aprovechar la superficie superior del edificio como *quinta fachada habitable*, la cubierta plana es la elección. Cabe señalar, no obstante, que hay diseños innovadores de cubiertas inclinadas "habitables" con pendientes suaves en las cuales se integran escalones o terrazas a distintos niveles, pero son casos especiales que combinan geometría y estructura compleja.
- **Vegetación y naturaleza:** Las cubiertas planas permiten crear **jardines** o huertos urbanos elevados, como ya se describió en cubiertas ajardinadas. Esto aporta zonas verdes valiosas en entornos urbanos densos. En cubiertas inclinadas es mucho más difícil cultivar vegetación sobre la pendiente; lo más cercano son *cubiertas inclinadas ajardinadas* con sistemas de geoceldas que retienen tierra en pendientes suaves (posible hasta ~30° de inclinación con técnicas especiales), pero son menos comunes. La vegetación en un tejado inclinado tiende a deslizarse o secarse por la inclinación, excepto musgos no deseados. Así que, para tener



naturaleza en la cubierta, la opción es prácticamente plana (o muy baja pendiente).

- **Paneles solares y energía:** Ambos tipos de cubierta pueden alojar paneles solares, pero las **planas ofrecen la libertad de orientarlos** con la inclinación óptima usando soportes (pues la cubierta en sí está horizontal, se puede elegir orientar al sur los paneles con la inclinación ideal). En los tejados inclinados, los paneles quedan en el plano de la cubierta; si el tejado no está orientado al sur óptimamente, los paneles recibirán algo menos de radiación o habrá que instalar en fachada contraria también. Para instalaciones solares extensas (grandes superficies), las planas suelen ser mejores por el fácil acceso y configuración.
- **Espacio interior extra:** Ya mencionado, pero relevante en uso: una cubierta inclinada brinda un **espacio bajo cubierta** que, si se diseña adecuadamente, puede ser habitable (lo que añade metros útiles a la edificación). En una cubierta plana, el espacio interior acaba justo en el techo plano. Por lo tanto, si el programa de necesidades valora tener un altillo, desván o habitación abuardillada, se prefiere tejado; si no, la azotea puede ser más interesante para uso externo.
- **Aspecto urbano y normativas:** Aunque no es un "uso" en sí, vale apuntar que en muchos lugares la elección plana vs. inclinada está condicionada por la normativa y la estética local. En cascos antiguos, a veces *solo se permiten cubiertas inclinadas de cierto material*, con lo cual, aunque se pierda la posibilidad de azotea transitable, se debe cumplir por integración visual. Al revés, en arquitectura contemporánea minimalista, se evitan a toda costa las tejas inclinadas tradicionales para lograr volumetrías puras, optando por azoteas. Este factor trasciende la funcionalidad y entra en juego en la decisión de un proyecto real.

En conclusión, las cubiertas planas e inclinadas tienen cada una sus ventajas y limitaciones. Las planas destacan en aprovechamiento del espacio superior y versatilidad para usos técnicos o recreativos, mientras que las inclinadas sobresalen en evacuación natural del agua, tradición estética y durabilidad con poco mantenimiento. Un diseñador deberá evaluar clima, uso deseado, normativa y costo para decidir cuál emplear, e incluso es común combinar ambas en un mismo edificio (por ejemplo, torreones con azotea plana junto a tejados inclinados, o cubiertas mixtas: una parte inclinada visible y otra plana transitable detrás). Sea cual sea el tipo, un correcto diseño y ejecución de la cubierta es vital para garantizar la **protección** del edificio y el **confort** de sus ocupantes a lo largo de toda la vida útil de la construcción.

8. IMPERMEABILIZACIONES Y AISLAMIENTOS

8.1. INTRODUCCIÓN

8.1.1. DEFINICIÓN Y FINALIDAD DE LOS AISLAMIENTOS Y LAS IMPERMEABILIZACIONES

La *impermeabilización* en construcción se refiere al conjunto de técnicas y materiales destinados a impedir el paso del agua o la humedad a través de elementos estructurales o de cerramiento. Por otro lado, los *aislamientos* (térmicos, acústicos, etc.) son soluciones constructivas que reducen la transmisión de calor, sonido u otros agentes (como el fuego) de un lado a otro de un elemento. Tanto los aislamientos como las impermeabilizaciones tienen la finalidad de mejorar el confort y la habitabilidad de los edificios, así como proteger su estructura y sus acabados de daños.

En esencia, un aislamiento sirve para *separar o disminuir la transferencia* de algo indeseado (frío, calor, ruido, fuego) entre el interior y el exterior (o entre distintas estancias), mientras que una impermeabilización *sella* las construcciones frente al agua (lluvia, humedad del terreno, condensaciones). Ambos tipos de soluciones son fundamentales para garantizar la durabilidad de la construcción: evitan patologías como filtraciones, condensaciones, aparición de moho, ruidos molestos o propagación de incendios.



8.1.2. CONFORT, HABITABILIDAD Y NORMATIVA BÁSICA

La presencia de buenos aislamientos térmicos garantiza un ambiente interior confortable, evitando sensaciones de frío o calor extremos, corrientes de aire indeseadas y condensaciones. De igual forma, un adecuado aislamiento acústico permite que los ruidos exteriores (tráfico, vecinos, maquinaria) no perjudiquen la tranquilidad en el interior, y viceversa. En términos de habitabilidad, también es esencial que la edificación esté protegida frente a la humedad: los espacios con filtraciones o condensaciones pueden generar moho, malos olores y degradación de materiales, afectando a la salubridad y la integridad del edificio.

Por estas razones, las normativas de construcción establecen requisitos mínimos de aislamiento e impermeabilidad. En España, el *Código Técnico de la Edificación (CTE)* incluye documentos básicos que obligan a lograr ciertos niveles de aislamiento térmico (CTE DB HE - Ahorro de Energía), aislamiento acústico (CTE DB HR - Protección frente al Ruido), seguridad frente a incendios (CTE DB SI - Seguridad en caso de Incendio) y protección frente a la humedad (CTE DB HS - Salubridad). Cumplir con estas exigencias normativas asegura un grado básico de confort, eficiencia energética y seguridad en los edificios.

8.1.3. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS SEGÚN SU FUNCIÓN

Existen distintos tipos de sistemas de aislamiento e impermeabilización, que se clasifican según la función que cumplen en la construcción. Las categorías principales son:

- **Aislamiento térmico:** reduce la transmisión de calor entre el interior y el exterior, conservando la temperatura interior y ahorrando energía.
- **Aislamiento acústico:** disminuye o impide la propagación de ruido a través de paredes, suelos o techos, mejorando el silencio y la privacidad.
- **Aislamiento frente al fuego:** retrasa o bloquea la propagación del fuego y las altas temperaturas, protegiendo a los ocupantes y a la estructura en caso de incendio.
- **Impermeabilización frente a la humedad y el agua:** previene la entrada de agua de lluvia, filtraciones del terreno o condensaciones, manteniendo secos los elementos constructivos y los ambientes interiores.

8.2. AISLAMIENTO TÉRMICO

8.2.1. FUNDAMENTOS: CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN, RADIACIÓN

El calor puede transferirse de un lugar a otro mediante tres mecanismos: la **conducción**, la **convección** y la **radiación**. Comprender estos fenómenos es clave para entender cómo funcionan los aislamientos térmicos:



- **Conducción:** Es la transmisión de calor a través de un material sólido por contacto directo entre sus moléculas. Por ejemplo, el calor interior de una vivienda se conduce a través de las paredes hacia el exterior frío, o una cuchara metálica en una sopa caliente se calienta por el mango. Los materiales densos y homogéneos conducen bien el calor (p. ej. el metal o el hormigón), mientras que los materiales porosos o fibrosos lo conducen mal (por eso se usan de aislante).
- **Convección:** Es el transporte de calor mediante el movimiento de un fluido (líquido o gas). En edificación ocurre principalmente con el aire: el aire caliente tiende a subir y puede escapar por rendijas altas, siendo reemplazado por aire frío que entra por la parte baja, estableciendo corrientes convectivas. Además, dentro de una cámara de aire grande, el propio aire puede circular transfiriendo calor. Los aislantes suelen minimizar la convección atrapando el aire en celdas pequeñas o fibras, impidiendo que circule.
- **Radiación:** Es la transferencia de calor mediante ondas electromagnéticas (infrarrojas), incluso a través del vacío o del aire transparente, sin calentar directamente el medio intermedio. Un cuerpo caliente emite radiación que puede viajar hasta otro cuerpo más frío y calentarlo al ser absorbida (como el sol calentando un muro). Los materiales aislantes comunes no bloquean totalmente la radiación térmica, por lo que a veces se emplean láminas reflectantes (metálicas) para reflejar el calor radiante.



En la práctica, un aislamiento térmico actúa reduciendo principalmente la **conducción** (porque suele estar hecho de materiales de baja conductividad) y la **convección** (al inmovilizar aire en su interior). Si además incorpora superficies brillantes o reflectantes, ayuda a disminuir la transferencia por **radiación**. Así se logra que el calor (o el frío) tarde más en atravesar un elemento constructivo, manteniendo por más tiempo la temperatura deseada en el interior.

8.2.2. TIPOS DE MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS

Existen numerosos materiales aislantes térmicos, que se pueden clasificar según su origen o composición en tres grandes grupos: sintéticos, inorgánicos y naturales. Cada categoría presenta distintas propiedades y usos:

- **Materiales sintéticos:** Son aislantes de origen plástico (derivados del petróleo), por lo general espumas poliméricas. Los más utilizados son las espumas rígidas de *poliestireno*, tanto expandido (EPS) como extruido (XPS), y las espumas de *poliuretano* (PU) que se presentan en paneles o proyectadas in situ. Son materiales ligeros de célula cerrada, con muy baja conductividad térmica ($\lambda \approx 0,025-0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). Destacan por su alto rendimiento aislante con poco espesor, resistencia a la humedad (especialmente el XPS) y bajo peso. Como desventajas, son combustibles (aunque suelen llevar aditivos retardantes) y no son transpirables al vapor.
- **Materiales inorgánicos:** Incluye aislantes minerales o cerámicos. El más común es la *lana mineral* (ya sea lana de roca o lana de vidrio), presentada en mantas o paneles fibrosos. Es un material incombustible, permeable al vapor y con buena capacidad aislante ($\lambda \approx 0,035-0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$). También existen aislantes inorgánicos celulares, como el *vidrio celular* (vidrio expandido con celdas cerradas) o la *arcilla expandida* (gránulos cerámicos porosos), utilizados en aplicaciones específicas (cubiertas, rellenos ligeros, etc.). Incluso algunos elementos constructivos aligerados, como el *hormigón celular* (bloques de cemento espumado con aire), aportan aislamiento integrado además de resistencia. En general, estos aislantes resisten bien el fuego y la humedad, aunque suelen tener mayor densidad que los sintéticos y requieren más espesor para igualar su eficacia.
- **Materiales naturales:** Son aislantes obtenidos de materias primas naturales, a menudo de origen vegetal o animal, con bajo impacto ambiental. Ejemplos representativos son el *corcho* (de la corteza del alcornoque) en paneles, que tiene buen comportamiento térmico ($\lambda \approx 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) y resiste la putrefacción; las fibras vegetales en forma de paneles (fibra de madera, kenaf, cáñamo) o como material suelto proyectado (celulosa de papel reciclado), que aportan aislamiento siendo transpirables; la *lana de oveja*, utilizada en mantas, gracias a su estructura fibrosa rizada que atrapa aire; o incluso balas de *paja* compactadas, empleadas en bioconstrucción para levantar muros muy aislantes.

dado su gran espesor. Estos materiales suelen tener λ algo mayor (en torno a 0,04-0,06 W/m·K), por lo que a igualdad de aislamiento requieren más espesor que algunos sintéticos, pero ofrecen ventajas como sostenibilidad, menor energía incorporada y cierta regulación natural de la humedad. Deben protegerse de la humedad excesiva, de insectos o del fuego mediante tratamientos o barreras, pero bien instalados proporcionan un aislamiento saludable y ecológico.

8.2.3. PRODUCTOS MULTICAPA Y REFLECTANTES

Además de los aislantes convencionales de espesor uniforme, existen productos *aislantes multicapa* o *aislamientos reflexivos*. Estos sistemas combinan varias láminas delgadas de distintos materiales, típicamente alternando capas **reflectantes** (metalizadas) con capas de material aislante tradicional (espumas, burbujas de aire, fieltros). La idea es que las capas metálicas reflejen la radiación térmica (tanto el calor radiante que entra en verano como el que escapa en invierno), mientras las capas intermedias aportan resistencia a la conducción y atrapan aire inmóvil.



Un aislante multicapa reflexivo suele tener un espesor reducido (unos pocos milímetros hasta centímetros) pero puede alcanzar una resistencia térmica importante si se instala correctamente con cámaras de aire adyacentes. Por ejemplo, existen mantas formadas por varias hojas de aluminio separadas por espuma o guata, que en conjunto reflejan gran parte del calor radiante y aíslan algo conductivamente. Se utilizan en espacios donde el espesor disponible es limitado (buhardillas, tras falsos techos, detrás de radiadores) o como complemento a otros aislamientos. Su eficacia depende de una instalación cuidadosa: las láminas reflectivas deben quedar frente a cámaras de aire para que realmente reflejen (si se pegan a otro material pierden efectividad). Aunque ayudan a mejorar el aislamiento térmico en ciertos casos, generalmente no superan la eficiencia de un aislante grueso tradicional para detener la conducción, pero sí reducen ganancias/pérdidas por radiación.

8.2.4. COMPARATIVA DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

Cada material aislante se caracteriza, entre otras propiedades, por su *conductividad térmica* (λ), que mide la cantidad de calor que atraviesa 1 metro de espesor del material por cada grado de diferencia de temperatura (W/m·K). Un valor λ más bajo implica mejor

capacidad aislante (menos transmisión de calor). Los aislantes térmicos tienen λ muy inferiores a los materiales constructivos comunes. A modo de referencia, a continuación se listan valores aproximados de λ de varios materiales:

- **Poliuretano (espuma rígida):** $\lambda \approx 0,025 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (excelente aislante, de los más eficaces).
- **Poliestireno XPS/EPS:** $\lambda \approx 0,030\text{-}0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (muy buen aislante térmico).
- **Lana mineral (roca o vidrio):** $\lambda \approx 0,035\text{-}0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.
- **Corcho (aislante natural):** $\lambda \approx 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.
- **Paja prensada:** $\lambda \approx 0,050\text{-}0,060 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.
- **(Referencia) Aire inmóvil:** $\lambda \approx 0,025 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (el aire en reposo es un excelente aislante, principio aprovechado en muchos materiales porosos).
- **Hormigón denso:** $\lambda \approx 1,5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (muy conductivo comparado con cualquier aislante, por ello un muro de hormigón sin aislamiento deja escapar fácilmente el calor).

Como se observa, los aislantes típicos se sitúan en $\lambda \sim 0,03\text{-}0,05$, valores muy bajos en comparación con materiales estructurales. No solo importa la conductividad: también el espesor influye en la capacidad aislante. Un aislamiento más grueso ofrece mayor resistencia térmica. Por ello, al diseñar cerramientos, se elige el tipo de aislante (λ) y su espesor para lograr el nivel de aislamiento deseado (transmitancia térmica U acorde con normativa).

8.2.5. CRITERIOS DE COLOCACIÓN SEGÚN TIPO DE CERRAMIENTO Y EXPOSICIÓN

La eficacia del aislamiento térmico depende no solo del material, sino también de cómo y dónde se coloca en la construcción. Según el tipo de elemento a aislar (fachada, cubierta, suelo) y su exposición al exterior, se aplican diferentes criterios:

- **En cerramientos verticales (fachadas y muros exteriores):** El aislante térmico puede colocarse por la cara exterior, dentro de la cámara de aire del muro o por la cara interior. La solución óptima suele ser por el exterior (por ejemplo, mediante sistemas SATE – Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior – o fachadas ventiladas), ya que envuelve el edificio eliminando puentes térmicos y protegiendo la estructura de los cambios bruscos de temperatura exterior; requiere, eso sí, un acabado de protección (un revoco, aplacado, etc.) sobre el aislante. Colocar el aislamiento en la cámara de aire de un muro doble es eficaz y no altera la estética exterior, aunque se debe procurar que rellene bien



la cavidad para evitar **convecciones internas** (aire en movimiento). La opción de aislar por la cara interior (trasdosados aislados) se usa cuando no es viable intervenir por fuera; reduce ligeramente la superficie útil de la vivienda y es fundamental colocar una barrera de vapor hacia el interior cálido para impedir que la humedad ambiente condense dentro del muro frío.

- **En cubiertas (tejados):** En una *cubierta plana* generalmente se coloca el aislamiento sobre la losa o forjado (configuración de “cubierta caliente”), inmediatamente debajo de la impermeabilización, protegiendo así la estructura de las variaciones térmicas. Alternativamente, en las *cubiertas invertidas*, el aislante (de tipo extruido XPS, resistente al agua) se sitúa por encima de la membrana impermeable, quedando éste sumergido en el agua de lluvia; de este modo la impermeabilización queda resguardada de los cambios de temperatura. En *cubiertas inclinadas*, el aislamiento puede disponerse entre las vigas o cerchas, por encima de ellas (sistema conocido como *sarking*, colocando paneles aislantes sobre el soporte continuo antes de la teja) o por debajo, fijado al interior del techo. Colocar el aislante por encima de la estructura elimina puentes térmicos a través de las vigas, pero requiere asegurar su sujeción durante la obra; entre viguetas es más sencillo, aunque deja la madera expuesta al frío. En todos los casos, es importante garantizar la ventilación bajo las tejas o la cubierta exterior para evitar condensaciones: se suele dejar una cámara ventilada sobre el aislamiento en cubiertas inclinadas. Si la cubierta plana va a ser transitable, conviene usar aislantes de alta resistencia a compresión (por ejemplo, XPS de alta densidad) y protegerlos adecuadamente con una capa rígida.
- **En suelos y forjados:** En forjados sobre espacios no habitables o sobre el terreno, colocar aislamiento evita pérdidas de calor hacia zonas no deseadas. Por ejemplo, en un suelo en contacto con el terreno, se suele poner una capa de aislante rígido (XPS, poliuretano, etc.) sobre la solera o forjado, antes del pavimento, para reducir la **pérdida de calor hacia el terreno** y evitar la humedad por capilaridad. También es imprescindible aislar bajo un sistema de calefacción por suelo radiante, para dirigir el calor hacia arriba. En los forjados entre viviendas, el aislamiento térmico no es tan crítico (ambos lados están calefactados), aunque a veces se incorpora por motivos acústicos o para independizar térmicamente zonas (por ejemplo, locales no calefactados bajo viviendas).



Independientemente del lugar de colocación, hay que evitar discontinuidades en la capa de aislamiento. Los *puentes térmicos* (zonas puntuales sin aislante, como encuentros de pilares, jácenas, cajas de persiana mal aisladas, etc.) merman mucho la eficacia del conjunto y pueden generar puntos fríos con riesgo de condensación. Un buen diseño constructivo debe prever la continuidad del aislamiento en esquinas, uniones y huecos estructurales, y una ejecución cuidadosa (sellando juntas, ajustando bien las planchas, etc.) asegurará que no queden rendijas por donde se cuele el calor o el frío.

8.3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

8.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS Y TIPOS DE RUIDO

El *sonido* es una vibración que se propaga en forma de onda a través del aire (u otros medios materiales). Cuando ese sonido resulta indeseado o molesto, lo denominamos *ruido*. En edificación, el aislamiento acústico busca reducir la transmisión de ruido de unas estancias a otras o desde el exterior, para lograr espacios interiores tranquilos.

Los sonidos se miden en *decibelios (dB)*, una escala logarítmica de intensidad. Las normativas establecen niveles máximos de ruido en interiores, y la eficacia de un elemento constructivo para atenuar el sonido se mide mediante índices como el $D_{nT,w}$ o R_w (índices de reducción sonora). Para conseguir un buen aislamiento acústico se combinan varias estrategias: aumentar la masa de los cerramientos (un muro pesado vibra menos y transmite menos ruido aéreo), introducir materiales absorbentes o capas elásticas que disipen la energía sonora, y evitar conexiones rígidas directas que puedan transmitir vibraciones.

Es importante diferenciar *aislamiento acústico* de *absorción acústica*: el aislamiento impide que el sonido pase de un lado a otro de un cerramiento, mientras que la absorción reduce la reverberación del sonido dentro de una sala. Los materiales porosos como lanas o espumas suelen cumplir esta última función. En el diseño constructivo, a veces se combinan ambos: por ejemplo, un trasdosado acústico con doble placa de yeso (masa) y lana mineral interior (absorción) mejora el aislamiento global del tabique.

8.3.2. SISTEMAS DE AISLAMIENTO EN PAREDES, SUELOS Y TECHOS

La forma de lograr aislamiento acústico en la construcción consiste en implementar sistemas que rompan la transmisión directa del sonido. Algunas soluciones típicas según el elemento constructivo son:

- **Paredes:** Para aislar acústicamente una pared se suele recurrir a soluciones de doble hoja o trasdosados. Un ejemplo es construir un tabique con dos hojas separadas (doble tabique) con una cámara entre ambas: cada hoja puede ser de ladrillo o de paneles de yeso laminado, y en la



cámara se coloca material absorbente (como lana mineral). Las dos hojas están desacopladas (unidas solo por anclajes elásticos o perfiles mínimos) de modo que la vibración se amortigua. Otra solución común es aplacar la pared existente por el interior con un trasdosado autoportante de yeso laminado: se monta una estructura metálica separada unos centímetros del muro, se rellena con lana mineral y se termina con placas de yeso; así se mejora mucho el aislamiento acústico de un muro sin aumentar demasiado su espesor. La clave en paredes es evitar la continuidad rígida: una pared maciza pesada puede aislar bastante por masa, pero a veces una combinación de masa + cámara + absorbente supera su rendimiento.

- **Suelos:** Para aislar entre pisos, sobre todo frente a ruidos de impacto (pisadas, golpes), se utiliza el llamado *suelo flotante*. Consiste en introducir una capa elástica bajo el pavimento: por ejemplo, una lámina de espuma de polietileno, caucho reciclado o lana mineral de alta densidad, sobre la losa



de hormigón, y luego verter encima el mortero de regularización o colocar el pavimento. De esta forma, el pavimento queda “flotando” desacoplado del forjado estructural: cuando alguien camina o golpea el suelo, la lámina elástica amortigua el impacto y evita que la vibración pase directamente al forjado. Es importante también desacoplar perimetralmente (colocar bandas elásticas en los encuentros entre el suelo flotante y las paredes) para que no haya contacto rígido. Este sistema reduce drásticamente el ruido de pasos transmitido al piso inferior.

- **Techos:** Si se quiere aislar una habitación del ruido proveniente del piso superior, se recurre a la instalación de un *techo suspendido acústico*. Esto implica colocar un falso techo (por ejemplo, de placas de yeso) bajo el forjado, sujetándolo mediante suspensiones antivibratorias (silentblocks, muelles o perchas con amortiguador) que lo

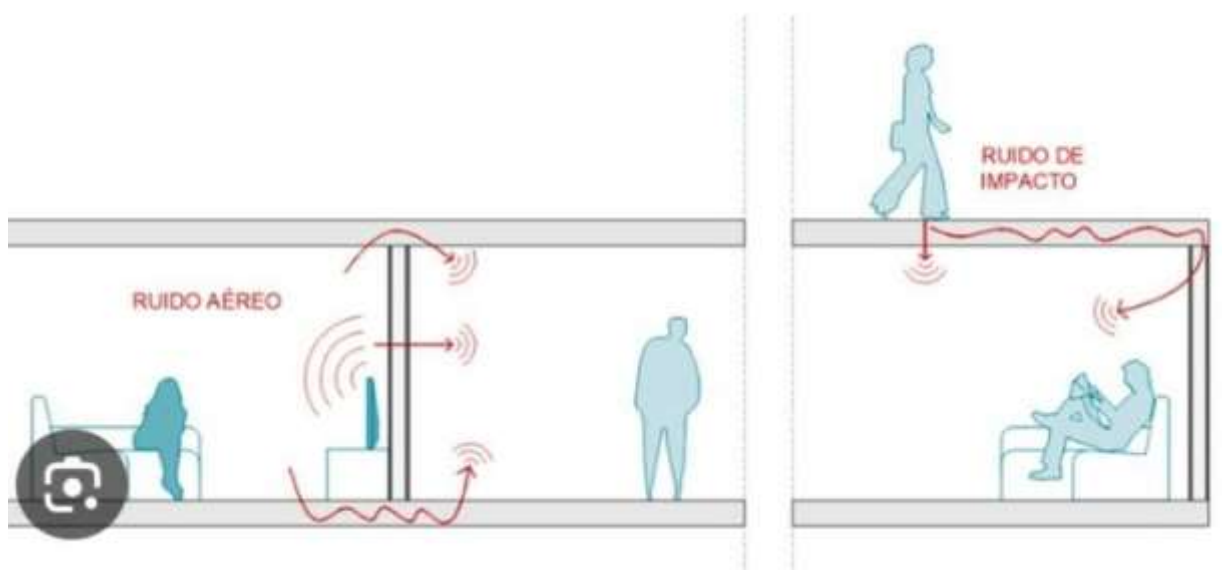


separan rigidamente del forjado. En el espacio de aire creado entre el falso techo y el forjado, se introduce material absorbente (lana de roca, fibra de vidrio, etc.). De este modo, el ruido que atraviesa el forjado o las pisadas de arriba encuentran una “doble barrera”: primero el absorbente en la cámara disipa parte de la energía, y luego el falso techo, al estar desacoplado, vibra muy poco y apenas transmite el sonido al interior de la habitación. Esta solución reduce tanto ruido aéreo como parte del ruido de impacto proveniente de arriba.

8.3.3. RUIDO AÉREO, ESTRUCTURAL E IMPACTO

El ruido que debemos aislar en los edificios puede ser de distinta naturaleza, principalmente:

- **Ruido aéreo:** Es el originado por fuentes sonoras que se transmiten por el aire, como voces, música, televisores, tráfico, etc. Este ruido incide sobre los cerramientos y los hace vibrar, pasando al otro lado si no están suficientemente aislados. Para frenarlo, se recurre a cerramientos pesados (masa) y estancos (sin rendijas), de modo que reflejen la mayor parte de la energía sonora. Un ejemplo es el ruido de la calle que atraviesa una ventana mal sellada o una conversación que se escucha a través de una pared delgada. Un buen aislamiento frente a ruido aéreo se logra con muros dobles, ventanas de doble acristalamiento con sellos de goma, juntas bien selladas y puertas macizas con burletes, evitando cualquier camino de aire.
- **Ruido de impacto:** Es el que se produce al golpear o impactar directamente sobre la estructura, generando una vibración que viaja a través de ésta. Típicamente lo producen las pisadas, el arrastre de muebles, las caídas de objetos o un martillo golpeando una pared. Estas vibraciones se transmiten por los elementos constructivos sólidos (forjados, muros) y se re-radian como ruido en las estancias vecinas (por ejemplo, el techo del piso de abajo transmite el sonido de las pisadas de arriba). Es un ruido breve pero molesto y seco. Para mitigarlo, se desacopla el elemento donde incide el impacto: como ya se explicó, un suelo flotante con material elástico reduce mucho el ruido de pisadas; asimismo, montar máquinas (lavadoras, compresores) sobre silentblocks o incorporar amortiguadores en los anclajes de barandillas, bajantes, etc., ayuda a que esos golpes no se transmitan a la estructura.



- **Ruido estructural:** Llamado también *ruido de vibración*, es similar al de impacto en cuanto a que viaja por la estructura sólida, pero suele referirse a vibraciones continuas o de baja frecuencia que se propagan a través del edificio. Por ejemplo, el zumbido de un motor de ascensor fijado a un forjado, las vibraciones de una maquinaria en el sótano, o incluso el temblor ocasionado por el tráfico pesado o una obra cercana, pueden transmitirse por vigas y pilares a toda la estructura. Aunque parte de esa vibración puede no ser audible directamente como ruido, a menudo produce resonancias en algunos elementos (un tabique amplio que vibra, un mueble que zumba) convirtiéndose en ruido molesto. Su control requiere un estudio específico: por lo general se busca aislar la fuente (montándola sobre elementos antivibratorios, muelles, neoprenos) y en casos extremos, desacoplar tramos de la estructura o añadir amortiguamiento (por ejemplo, insertar capas viscoelásticas entre elementos) para disipar la energía. En síntesis, se pretende que la estructura no actúe como un “diapasón” amplificando y llevando las vibraciones a todos lados.

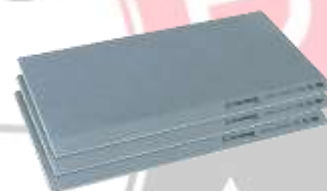
8.3.4. MATERIALES MÁS UTILIZADOS

Existen numerosos materiales y productos empleados para lograr aislamiento acústico, tanto en la construcción de elementos nuevos como en soluciones de mejora sobre elementos existentes. Los más comunes incluyen:

- **Lanas minerales:** La lana de roca y la lana de vidrio son materiales fibrosos muy usados en aislamiento acústico. Se colocan dentro de cámaras o trasdosados para absorber el sonido (reducir la energía que se transmite por el aire en la cavidad) y aportar cierta separación de masas. Además, al ser incombustibles, mejoran la seguridad en caso de incendio. Son económicas y fáciles de instalar en forma de mantas o paneles semirrígidos.
- **Espumas acústicas:** Son espumas de poliuretano, melamina u otros polímeros con estructura de poro abierto (parecidas a una esponja), diseñadas específicamente para absorber el sonido. Vienen en paneles a menudo con formas especiales (pirámides, cuñas) que maximizan la absorción en estudios de grabación, salas de cine, locales musicales, etc. También se emplean en el interior de carcasas de maquinaria ruidosa o climatizadores para amortiguar el ruido en la fuente. No aportan aislamiento de un recinto a otro por sí solas (ya que son ligeras), pero son excelentes reduciendo la reverberación y el nivel de ruido dentro de un espacio.



- **Membranas y láminas pesadas:** Para mejorar el aislamiento de elementos ligeros, se usan láminas delgadas pero muy densas que añaden masa sin aumentar mucho el espesor. Por ejemplo, láminas de vinilo cargado (baritado) o chapas finas de acero/plomo. Se pueden sandwichear dentro de un tabique de yeso o bajo un suelo laminado. Aumentando la masa por superficie, elevan la atenuación del ruido, especialmente en bajas frecuencias que son las más difíciles de bloquear.
- **Materiales elásticos antivibración:** Aquí entrarían elementos como las láminas de caucho reciclado, bandas de neopreno, muelles metálicos, tacos de goma, etc., que no son “aislantes acústicos” en sentido estricto de un cerramiento, pero son imprescindibles para montar los sistemas flotantes (suelos, techos suspendidos) y para desacoplar elementos. Por ejemplo, una subestructura de techo con suspensiones de goma reduce la transmisión de vibraciones; un forjado flotante se apoya en una lámina elástica; unas bajantes aisladas acústicamente llevan un manguito de goma. Estos materiales evitan el contacto rígido entre piezas, cortando la vía de transmisión del ruido estructural o de impacto.
- **Placas de yeso laminado especiales:** Además de las planchas estándar, existen placas de yeso-cartón diseñadas con mayor densidad o con capas intermedias fonoabsorbentes que mejoran el aislamiento acústico. Se identifican a veces como placas “acústicas” o tipo “doble densidad”. Usadas en tabiquería ligera junto con lana mineral, incrementan la reducción de ruido respecto a una placa normal. También se utilizan paneles sándwich con láminas metálicas y núcleos aislantes en cerramientos industriales para atenuar ruidos.



8.4. AISLAMIENTO FRENTE AL FUEGO

8.4.1. REACCIÓN Y RESISTENCIA AL FUEGO

En construcción, el comportamiento de materiales y elementos ante el fuego se evalúa mediante dos parámetros diferentes: la *reacción al fuego* y la *resistencia al fuego*.

La **reacción al fuego** describe cómo se comporta un material como combustible: si arde fácilmente o no, cuánto calor desprende, si produce llama, humos tóxicos o gotas inflamadas. En Europa se clasifican los materiales en Euroclases (A1, A2, B, C, D, E, F), donde A1 indica material no combustible (no contribuye al fuego en absoluto) y F indica un material fácilmente inflamable sin ensayar. Por ejemplo, el hormigón, los ladrillos o la lana de roca son A1 (no arden); la madera suele ser D (combustible con contribución limitada si está suficientemente gruesa); un plástico como el poliestireno expandido es



clase E (combustible, propagador de llama). Esta clasificación es importante para controlar que los materiales de revestimiento y aislamiento no agraven un incendio: las normativas a menudo exigen ciertos niveles de reacción al fuego en revestimientos interiores, fachadas, recorridos de evacuación, etc.

La **resistencia al fuego**, en cambio, es una propiedad de un elemento constructivo completo (no solo del material) e indica el tiempo durante el cual ese elemento puede soportar un incendio cumpliendo unas condiciones. Se expresa en minutos (15, 30, 60, 90, 120, ...) y con letras que indican los criterios que mantiene: R (resistencia mecánica), E (estanquidad a las llamas y gases) e I (aislamiento térmico). Por ejemplo, una pared con resistencia EI-60 mantendrá durante 60 minutos la integridad frente a las llamas (E) y evitará que la cara no expuesta se caliente demasiado (I). Para lograr esa resistencia, la pared puede incorporar materiales aislantes o protectores que tardan en calentarse. La resistencia al fuego es clave para la compartimentación: se construyen sectores de incendio (muros, forjados, puertas) que aseguren, según normativa, resistencias tipo REI 120 en muros separadores entre viviendas, R 90 en estructuras de ciertos edificios, etc., de forma que en caso de fuego se disponga de tiempo para evacuar y controlar el incendio sin colapso inmediato.

8.4.2. MATERIALES IGNÍFUGOS Y COMPORTAMIENTO ANTE ALTAS TEMPERATURAS

Algunos materiales de construcción son intrínsecamente *ignífugos* o incombustibles, mientras que otros son combustibles pero pueden tratarse para mejorar su respuesta al fuego. Por ejemplo, las *lanas minerales* (roca y vidrio) no arden ni emiten humos, por lo que se emplean como aislamiento en elementos que requieren protección contra incendio. El *yeso* (presente en enlucidos y placas de cartón-yeso) contiene agua en su composición cristalina; al recibir calor, esa agua se evapora absorbiendo energía, lo que ralentiza el aumento de temperatura: por ello el yeso resiste bastante bien el fuego, protegiendo lo que recubre. Los materiales cerámicos y cementosos (ladrillos, morteros, hormigón) tampoco arden; el hormigón, sin embargo, a temperaturas muy altas puede fisurarse o perder resistencia (sobre todo si sus armaduras se calientan o si los áridos explotan al vaporizarse agua interna).



En contraste, los materiales *orgánicos* (que contienen carbono, como maderas, papeles, plásticos y espumas sintéticas) son combustibles. La *madera* prende fuego, aunque su comportamiento es peculiar: las capas superficiales se carbonizan formando una costra que puede proteger algo el interior, de modo que una viga gruesa de madera puede aguantar estructuralmente más tiempo de lo que cabría esperar (la zona carbonizada aísla el interior). Aun así, la madera contribuye al fuego y genera bastante calor. Los *aislantes plásticos* como poliuretano o poliestireno se queman con relativa facilidad si quedan expuestos a llamas, y desprenden humos oscuros; por ello se suelen ubicar detrás de capas no combustibles (por ejemplo, tras un tablero de yeso o entre ladrillos) para que no queden directamente al fuego. Muchos llevan además aditivos retardantes que dificultan su ignición.

Existen también materiales y productos diseñados específicamente para proteger contra altas temperaturas: las *pinturas intumescentes*, por ejemplo, se aplican a estructuras metálicas; cuando el fuego las calienta, se hinchan formando una espuma aislante que retarda el calentamiento del acero. Los paneles de *silicato cálcico* o yesos reforzados con vermiculita son usados para encajar alrededor de vigas o pilares, brindándoles resistencia al fuego. Asimismo, se emplean sellantes intumescentes (masillas, espumas) para tapar penetraciones en muros cortafuegos, que ante el calor expanden su volumen y taponan el hueco, impidiendo el paso de llamas.

8.4.3. APLICACIONES EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Las soluciones de aislamiento o protección pasiva frente al fuego se integran en diversos elementos del edificio para lograr que cumplan la resistencia al fuego requerida:

- **Estructuras portantes:** Los pilares y vigas de acero necesitan protección ya que, aunque el acero no arde, pierde resistencia a unos 500°C pudiendo colapsar. Se suelen revestir con morteros proyectados especiales, pinturas intumescentes o encajonarse con placas resistentes al fuego (como placas de yeso laminado tipo RF, fibrocemento o silicato cálcico). Estas capas aislantes mantienen el acero a temperatura más baja durante un incendio, prolongando su capacidad portante durante decenas de minutos adicionales.
- **Forjados y techos:** Para evitar la propagación del fuego de una planta a otra, los forjados deben tener cierta resistencia y, a menudo, se complementan con falsos techos resistentes al fuego. Un falso techo con placas de yeso RF colgado del forjado, rellenando el espacio con lana de roca, puede aportar protección extra al forjado desde abajo. Así, si el fuego está en la habitación inferior, tarda más en atravesar el forjado gracias a ese techo protector. También se usan paneles de lana mineral rígida apoyados sobre el falso techo o adheridos bajo el forjado para aumentar la resistencia al fuego del conjunto.
- **Tabiques y elementos de compartimentación:** Las paredes que separan sectores de incendio (por ejemplo, entre viviendas o entre un local y una salida) deben resistir el fuego. Se logran con muros de fábrica suficientemente gruesos o con



sistemas ligeros ensayados: por ejemplo, tabiques de entramado de acero con doble placa de yeso RF a cada lado y lana mineral interna pueden alcanzar EI-60 o más. Es crucial sellar todos los huecos: los encuentros entre tabiques y fachada o techo se rellenan con lana mineral y masilla cortafuegos; los pases de instalaciones (tuberías, cables) se sellan con productos intumescentes que expanden y taponan el agujero al quemarse.

- **Puertas y sellos cortafuegos:** Las puertas cortafuegos son elementos móviles diseñados para mantener la compartimentación. Están fabricadas con hojas de metal o madera especial rellenas de aislante (lana de roca, por ejemplo) que les permite resistir 30, 60 o más minutos según su clasificación. Los marcos llevan juntas intumescentes que sellan el paso del humo con el calor. Además, otras pequeñas pero importantes aplicaciones incluyen cojines o collares intumescentes alrededor de tuberías de plástico (que si se queman dejarían un hueco, por eso se pone un collarín que se expande y la obtura) y compuertas cortafuegos en conductos de ventilación (que cierran el conducto cuando sube la temperatura). Todo ello forma parte del conjunto de medidas de aislamiento frente al fuego en el edificio.



Una correcta selección e instalación de estos sistemas de protección pasiva es vital para la seguridad en caso de incendio. Deben seguirse las especificaciones de diseño (espesores, fijaciones, solapes) y mantenerlos en buen estado, pues de su desempeño depende que el fuego quede confinado el tiempo necesario para la evacuación y la intervención de bomberos.

8.5. IMPERMEABILIZACIÓN

8.5.1. FUNCIÓN, DURABILIDAD Y AGENTES EXTERNOS

La *impermeabilización* en construcción tiene como función principal impedir el paso del agua en estado líquido a través de los elementos constructivos, ya sea agua de lluvia, de riego, nieve fundida o humedad del terreno por capilaridad. Un sistema impermeable



protege la edificación de patologías asociadas al agua: evita filtraciones que manchen o degraden los acabados, la aparición de moho por humedad persistente, la corrosión de armaduras en el hormigón, la pudrición de maderas estructurales, eflorescencias en muros, etc. En esencia, garantiza la habitabilidad (espacios interiores secos y sanos) y la durabilidad de la estructura y los cerramientos.

Para que la impermeabilización sea efectiva a largo plazo, debe ser duradera y resistir los agentes externos que tienden a deteriorarla. Entre estos agentes está la radiación ultravioleta solar (que con el tiempo puede cuartear o embritar muchos materiales si están expuestos), las variaciones de temperatura estacionales o diarias (las dilataciones y contracciones repetidas pueden causar fisuras o despegues si el material no tiene flexibilidad o si está mal adherido), la acción del agua en sí (lluvia, nieve, hielo, e incluso agua a presión en sótanos o depósitos, que busca cualquier punto débil para infiltrarse) y factores químicos o biológicos (agua con contaminantes, raíces de plantas en cubiertas ajardinadas que pueden perforar membranas, etc.). Por ello, a menudo las impermeabilizaciones se protegen con capas adicionales: gravilla, losas, pintura reflectante, geotextiles, etc., según el caso, para salvaguardarlas del sol y de daños mecánicos. Además, se recomienda un mantenimiento periódico: revisar desagües, sellar puntualmente fisuras o juntas degradadas, antes de que un pequeño fallo comprometa la estanqueidad general.



8.5.2. TIPOS DE PRODUCTOS Y SISTEMAS

En construcción se emplea una amplia gama de productos impermeabilizantes, que podemos agrupar en varias familias:

- **Impregnaciones hidrófugas:** Son líquidos transparentes (normalmente compuestos de silicona, siloxanos u otros polímeros hidrofóbicos) que se aplican sobre superficies porosas



para volverlas repelentes al agua. No forman una película superficial apreciable, sino que penetran en los poros del material (por ejemplo, en un ladrillo o en una piedra) recubriéndolos de una capa hidrófoba. De ese modo, cuando llueve, el agua no se absorbe, sino que resbala por la superficie, evitando humedades. Se utilizan en fachadas de ladrillo visto, revestimientos de piedra natural o morteros, donde no se quiere alterar la apariencia. Suelen mantener la transpirabilidad (dejan pasar vapor, permitiendo que el muro “respire”). No son adecuadas para detener agua bajo presión ni para sellar grietas, sino como tratamiento preventivo superficial. Tienen una durabilidad limitada (con el tiempo el efecto perlante disminuye, dependiendo del producto quizá cada 5-10 años haya que renovar la aplicación).

- **Impermeabilizantes líquidos:** Son recubrimientos que se aplican en estado líquido o pastoso y luego polimerizan o endurecen formando una membrana continua adherida al soporte. Hay varios tipos: desde pinturas asfálticas y acrílicas hasta membranas cementosas o resinas de alto desempeño. Por ejemplo, existen



pinturas impermeabilizantes acrílicas (frecuentes en azoteas), resinas de poliuretano líquidas (forman una capa elástica muy resistente, incluso apta para tránsito moderado), membranas bicomponentes cementosas (una mezcla de cemento especial con resina, usada para impermeabilizar piscinas, depósitos de agua potable, baños, etc.). La gran ventaja de los sistemas líquidos es que se adaptan a cualquier forma, no dejan juntas (más que las necesarias entre paños de trabajo) y pueden aplicarse incluso sobre superficies verticales. Sin embargo, requieren cuidado en la aplicación para lograr el espesor uniforme recomendado y suelen necesitar varias capas. A menudo, para reforzarlas, se colocan armaduras de malla de fibra de vidrio o poliéster en las esquinas y puntos singulares. Son ideales para impermeabilizar sitios con geometrías complicadas (rebordes, encuentros con muchos ángulos, penetraciones) donde las láminas serían difíciles de recortar, o para reparaciones localizadas. Deben aplicarse sobre



soporte limpio, seco y preferiblemente imprimado, y respetar los tiempos de curado antes de ponerlas en servicio.

- **Emulsiones bituminosas (frío y caliente):**

Se basan en el uso de betún asfáltico. En las de *aplicación en frío*, el asfalto viene disuelto o **emulsionado** en agua o disolvente, formando un líquido o pasta que se extiende con brocha o llana. Al evaporarse el disolvente, queda una película continua de betún sólido adherida al soporte. Son las clásicas



“pinturas asfálticas” negras utilizadas en cimentaciones, muros de sótano (lado exterior antes de rellenar tierra), como primera capa bajo tejas o bajo láminas asfálticas, etc. Son fáciles de aplicar y económicas, aunque su espesor es limitado y requieren que el soporte esté seco. Deben cubrirse o protegerse si van a estar en contacto con agua continuamente o con el sol (ya que el betún puro se ablanda con el calor y se degrada con los UV). Por otro lado, el *asfaltado en caliente* es un método tradicional que consiste en calentar bloques de betún hasta licuarlos y verter/aplicar esa brea caliente sobre la superficie a impermeabilizar. Al enfriarse crea una capa gruesa adherida y sin juntas. Se usaba mucho para azoteas (la clásica cubierta asfaltada) y para pegar telas asfálticas antiguas. Hoy se usa menos por razones de seguridad y conveniencia, pero todavía se aplica en obras de gran envergadura o en detalles, y las láminas autoadheridas o soldadas con soplete han sustituido en gran medida al vertido de brea caliente.

- **Láminas sintéticas:** Son membranas flexibles prefabricadas en materiales sintéticos impermeables. Las más comunes están hechas de PVC (cloruro de polivinilo plastificado), EPDM (una goma sintética) o TPO (poliolefina termoplástica). Vienen en rollos anchos (1-2 m o más) y de varios milímetros de espesor. Para instalarlas, se



extienden sobre la superficie de la cubierta o del elemento a impermeabilizar y se solapan unas a otras, uniéndolas mediante soldadura con aire caliente (en el caso de PVC, TPO) o con adhesivo/cinta (en el caso de EPDM, que no se suelda con calor). Se suelen anclar al soporte de forma mecánica (mediante fijaciones puntuales con arandelas) o lastrar (por ejemplo, colocando una capa de grava encima en cubiertas invertidas, o losas flotantes). Estas láminas forman una piel continua muy eficaz: tienen gran elasticidad, aguantan bien las dilataciones, y son resistentes a los rayos UV y al ozono (especialmente el EPDM, conocido por su larga vida útil, superior a 20 años). Suelen usarse en cubiertas extensas y relativamente simples (naves industriales, azoteas amplias) donde las pocas

uniones longitudinales minimizan las posibilidades de fuga. La instalación debe ser cuidadosa en puntos singulares (sumideros, esquinas, perímetro) y generalmente la realizan especialistas. Tienen la ventaja de que no requieren llama abierta para su colocación (salvo quizá para soldar con aire caliente, que no es una llama) y su peso es reducido. Algunas no son compatibles con ciertos soportes (por ejemplo, el PVC puede reaccionar con asfaltos antiguos), por lo que a veces se interpone un geotextil de separación.

- **Láminas bituminosas:** También llamadas telas asfálticas, son probablemente el sistema de impermeabilización más extendido en nuestro medio. Son rollos de unos 1 m de ancho compuestos por betún modificado con polímeros (SBS, APP) y reforzado con un fieltro interno de fibra de vidrio o poliéster. Pueden tener autoprotección en su cara superior (por ejemplo, acabado mineral granulado o foil de aluminio) o venir lisas (para luego proteger). Se instalan desenrollándolas sobre el soporte, con solapes entre sí de aproximadamente 10 cm. La unión entre láminas típicamente se realiza calentando con un soplete de propano la cara inferior de la lámina superior hasta fundir el bitumen y pegarla a la inferior (soldadura a fuego). Algunas láminas modernas son autoadhesivas (traen un film que se retira y se pegan en frío) o se fijan mecánicamente en ciertos sistemas, pero lo más habitual es el soplete. Según la exigencia, se coloca una única capa (por ejemplo, bajo teja en cubiertas inclinadas, o en impermeabilizaciones provisionales) o más comúnmente dos capas cruzadas en cubiertas planas, de forma que las juntas de la primera queden tapadas por la segunda. Esto ofrece gran seguridad: si una capa sufre un daño puntual, la otra sigue impermeabilizando. Las láminas asfálticas ofrecen alta impermeabilidad y buena resistencia mecánica, pero el betún se degrada con el sol, por lo que cuando quedan expuestas se protege con pintura aluminizada, gravilla, baldosa, etc. en función del uso de la cubierta. Si se van a enterrar (como en muros enterrados), se protegen con un film drenante o paneles para que el relleno de tierras no las perfora. Su aplicación exige personal cualificado (manejo del soplete) y cuidado en puntos difíciles, pero bien ejecutadas tienen una vida útil larga (20-30 años o más, dependiendo del producto).
- **Placas asfálticas:** Son planchas rígidas u onduladas hechas de material asfáltico y fibras. Un ejemplo típico son las placas onduladas tipo *Onduline*, compuestas de fibra vegetal asfaltada. Se usan principalmente en cubiertas inclinadas como alternativa económica y ligera a las chapas metálicas o a la



teja tradicional. Se instalan clavándose o atornillándose sobre listones, con un solape entre placas tanto longitudinal como transversal para garantizar la estanqueidad. Pueden quedar vistas (por ejemplo, en cobertizos, naves agrícolas, porches) actuando tanto de impermeabilización como de acabado de cubierta, o pueden servir de subsistema bajo teja: se colocan las placas Onduline sobre el tablero del tejado y luego se instalan tejas encima fijadas mecánicamente, de modo que, si entra agua bajo las tejas, la placa asfáltica la evacúa. Su principal ventaja es la rapidez y sencillez de colocación, además de su poco peso y coste. Como inconveniente, no son adecuadas para cubiertas planas (requieren pendiente para que escurra el agua) ni soportan tránsito; con los años el asfalto puede degradarse por el sol, volviéndose frágil, pero en general tienen larga vida útil si no sufren sobrecargas.

8.5.3. CRITERIOS DE ELECCIÓN SEGÚN USO, SOPORTE Y EXPOSICIÓN

La selección del sistema de impermeabilización más adecuado depende del elemento a proteger y las condiciones de servicio. No es lo mismo impermeabilizar una cubierta plana transitable, que un tejado inclinado, una pared exterior o un sótano enterrado; cada situación tiene sus soluciones preferentes.

Por ejemplo, en una **cubierta plana transitable** (que se va a usar como terraza), se suele optar por sistemas robustos: a menudo láminas bituminosas bicapa, protegidas luego con losas filtrantes o un solado, o membranas sintéticas armadas de alta resistencia, porque deberán soportar personas caminando, muebles, etc. En cambio, en una **cubierta plana no transitable** (por ejemplo, la azotea de un bloque no accesible a usuarios, solo mantenimiento), podría emplearse una única membrana expuesta: una lámina asfáltica autoprotegida con granulado o un EPDM, simplificando la solución. En naves industriales de gran superficie, donde interesa rapidez y pocas juntas, es común el uso de **láminas sintéticas** (PVC, TPO) fijadas mecánicamente sobre la chapa o panel, ya que cubren grandes paños con mínimas uniones. En **cubiertas inclinadas** revestidas con teja, la impermeabilización se logra típicamente con láminas bituminosas bajo teja (o incluso láminas transpirables especiales que actúan también de cortaviento) o con placas asfálticas tipo Onduline bajo la propia teja, asegurando una segunda barrera bajo las piezas.



Para **fachadas y muros exteriores** expuestos a la lluvia, lo más usual es confiar en el propio revestimiento continuo (revoco hidrófugo, aplacado con cámara ventilada) como primera barrera. Si se requieren garantías extra, se pueden aplicar imprimaciones hidrófugas incoloras sobre materiales porosos, o láminas impermeables transpirables bajo el revestimiento en sistemas multicapa. En muros de sótano o cimentaciones (**elementos en contacto con tierra**), la elección suele ser lámina asfáltica adherida o emulsión bituminosa, combinada con un panel drenante que la proteja y canalice el agua hacia un drenaje; esto porque deben aguantar agua a presión y la agresividad del terreno. En espacios **interiores húmedos** (baños, duchas, cocinas industriales), se opta por impermeabilización líquida (por ejemplo, membrana cementosa flexible) aplicada sobre la solera y paredes antes de colocar los azulejos, creando una “cubeta” impermeable bajo el acabado, para que si se filtra agua entre juntas, no atraviese al forjado.



También influyen las características del **soporte**. Sobre hormigón o mortero prácticamente cualquier sistema es compatible, si bien las láminas asfálticas requieren que esté seco y preferiblemente imprimado. Sobre soportes metálicos o paneles sándwich, suelen preferirse membranas sintéticas (PVC, EPDM) fijadas mecánicamente, porque las asfálticas adheridas no pegan bien sobre metal y podrían desprenderse con dilataciones; además el soplete en un panel sándwich podría dañarlo. Sobre madera, se puede usar tela asfáltica clavada o membranas transpirables especiales (como las usadas en cubiertas ventiladas), evitando productos basados en solventes que la puedan dañar.

Por último, la **exposición ambiental** determinará detalles: en clima muy soleado conviene una impermeabilización de color claro o protegida (para que no se recaliente ni degrade rápido); en zonas de frecuentes heladas, mejor sistemas flexibles que no se agrieten con ciclos hielo-deshielo; en ambientes químicos (cerca del mar con salinidad, en cubiertas de fábricas químicas, etc.) habrá que usar materiales resistentes a la corrosión o química (p. ej. EPDM resiste bien ozono y ácido). Siempre hay que considerar la vida útil esperada: si se busca una solución de muy larga duración, quizás convenga invertir en un EPDM o TPO de alta calidad, mientras que para una impermeabilización temporal o de bajo coste puede bastar una emulsión asfáltica.

8.5.4. CONDICIONES DE APLICACIÓN

Para garantizar la eficacia de la impermeabilización, es imprescindible atender a las condiciones en el momento de la aplicación y a las recomendaciones de colocación:

- **Preparación del soporte:** Debe estar limpio, seco (o con el grado de humedad tolerado por el producto) y con la superficie uniforme. Antes de impermeabilizar, se sellan fisuras, se suavizan aristas vivas con masilla o mortero (especialmente en esquinas entre plano horizontal y vertical), y se aplica imprimación si el sistema lo requiere (por ejemplo, imprimación asfáltica para mejorar la adherencia de una lámina). Un soporte mal preparado puede provocar fallos como bolsas, zonas no adheridas o filtraciones puntuales.
- **Condiciones ambientales:** Es importante realizar la impermeabilización con buena meteorología. No debe aplicarse bajo lluvia ni sobre superficies encharcadas o heladas. La temperatura ambiente recomendada suele estar entre 5°C y 35°C; con frío excesivo las láminas asfálticas se vuelven rígidas y no sellan bien, las emulsiones no secan, y con calor extremo el betún puede estar demasiado blando o las resinas fraguar demasiado rápido. También se evita trabajar bajo sol intenso en productos que puedan formar burbujas. En exteriores, si sopla viento fuerte, hay que vigilar que no levante láminas recién pegadas ni disipe el calor del soplete enfriando las soldaduras.
- **Solapes y sellado de juntas:** En impermeabilizaciones laminares, las uniones entre piezas son el punto crítico. Hay que respetar los solapes mínimos indicados (típicamente ~10 cm en láminas) y realizar un sellado continuo. En telas asfálticas, esto implica fundir bien el betún en todo el ancho de solape, comprobando que rezuma un cordón continuo de asfalto en el borde. En membranas sintéticas, se debe soldar con calor homogéneamente, o aplicar el adhesivo en toda la junta sin dejar huecos. En líquidos, se solapan las capas en fresco o se traslapan las franjas sucesivas asegurando doble cobertura. Cualquier junta mal sellada puede ser un punto de entrada de agua.
- **Tratamiento de puntos singulares:** Las zonas como rincones, encuentros con paramentos verticales, pasos de tuberías, sumideros, juntas de dilatación, etc., requieren un refuerzo especial. Suele aplicarse una banda adicional del material impermeabilizante (o un accesorio prefabricado específico) sellando esa zona,



además de la impermeabilización general. Por ejemplo, en un desagüe de cubierta plana se coloca una pieza embudo especial soldada a la lámina; en las esquinas se ponen refuerzos con trozos de lámina con cortes adecuados para amoldarse; en impermeabilización líquida, se suele colocar una malla de fibra de vidrio embebida en la resina en esas zonas para evitar fisuras. Es fundamental seguir los detalles constructivos recomendados para que no queden puntos débiles.

- **Curado y protección:** Tras aplicar la impermeabilización, a menudo es necesaria una protección. En cubiertas planas, se protege enseguida la lámina con una capa separadora geotextil y gravilla, losas filtrantes o capa de mortero, según el uso previsto, para evitar daños por el sol o por pisadas. En impermeabilizaciones líquidas, se espera el tiempo de curado total antes de someterlas a agua o a revestirlas: por ejemplo, no se debe llenar de agua una piscina hasta que la membrana cementosa interior haya fraguado los días indicados, ni conviene embaldosar una terraza sobre una impermeabilización si ésta no ha polimerizado completamente, pues se pueden formar ampollas. Cada fabricante proporciona tiempos de secado y condiciones, y seguir estas indicaciones es crucial. Asimismo, los encuentros o remates finales (sellar el borde superior de una lámina en un muro, colocar un vierteaguas, etc.) no deben olvidarse, ya que un mal remate arruinaría el trabajo. En resumen, la aplicación cuidadosa, respetando tiempos, solapes y detalles, es lo que garantiza que el sistema impermeabilizante funcione correctamente durante años.



9. PARTICIONES PREFABRICADAS, MAMPARAS, SUELOS TÉCNICOS Y TECHOS SUSPENDIDOS

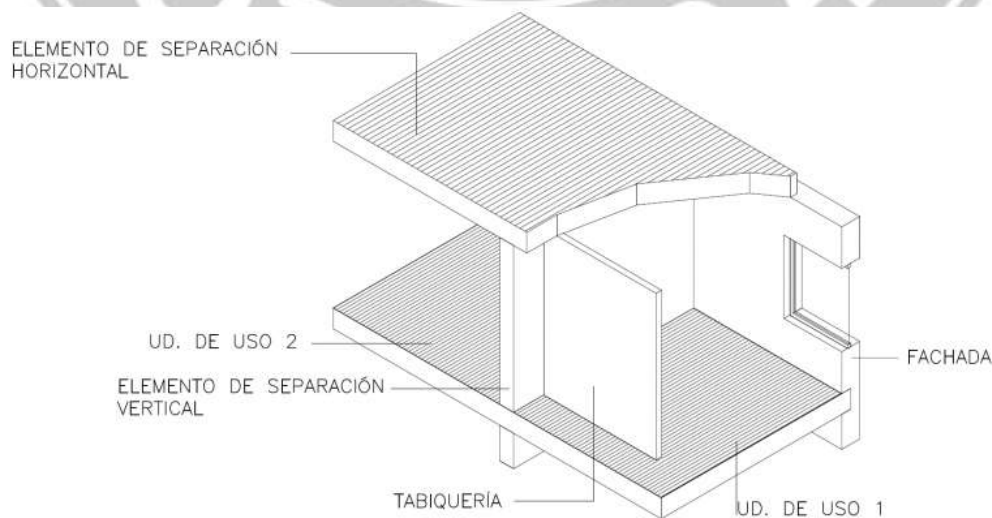
9.1. INTRODUCCIÓN

9.1.1. DEFINICIÓN Y FUNCIONES DE LAS PARTICIONES INTERIORES

Se denominan **particiones interiores** a los elementos constructivos verticales que dividen el espacio dentro de un edificio sin formar parte de su estructura resistente. Comúnmente conocidas como *tabiques* o *divisiones internas*, su función principal es **compartimentar** el interior, creando estancias independientes según las necesidades de uso. A diferencia de los muros estructurales, las particiones interiores no soportan cargas del edificio, por lo que pueden ser más ligeras y versátiles en sus materiales y formas.

Las particiones interiores desempeñan varias **funciones** fundamentales en la construcción de espacios habitables:

- **Delimitación de espacios y privacidad:** separan visual y físicamente distintas áreas (habitaciones, oficinas, salas) proporcionando intimidad y delimitando usos específicos.
- **Control acústico y térmico:** contribuyen al aislamiento **acústico**, reduciendo la transmisión de ruidos entre estancias, y al aislamiento **térmico** en ciertos casos, manteniendo ambientes confortables y eficientes energéticamente.
- **Soporte de acabados e instalaciones ligeras:** sirven de soporte para acabados (revestimientos, pintura, alicatados) y pueden alojar en su interior instalaciones eléctricas, de fontanería o climatización de manera oculta.
- **Flexibilidad espacial:** permiten reorganizar la distribución interior en reformas o adaptaciones, especialmente cuando se usan sistemas modulares o ligeros, facilitando cambios en la configuración de los espacios según nuevas necesidades.



9.1.2. IMPORTANCIA EN LA DISTRIBUCIÓN Y FUNCIONALIDAD DE LOS ESPACIOS

Las particiones interiores son un elemento clave en la **distribución** arquitectónica y la funcionalidad de cualquier edificación. Una correcta planificación de los tabiques determina cómo se articulan los recorridos dentro del edificio, la relación entre las distintas estancias y el aprovechamiento del espacio disponible. Por ejemplo, en una vivienda, la posición de los tabiques define dormitorios, pasillos, cocina y salón, influyendo en la comodidad y privacidad de los ocupantes. En entornos de oficina o educativos, las divisiones modulan espacios de trabajo colaborativo, despachos privados, salas de reuniones o aulas, afectando directamente a la interacción y productividad de los usuarios.

La **importancia** de las particiones radica también en su impacto en otros aspectos funcionales: inciden en la **iluminación natural** (un tabique transparente o bajo permite el paso de luz, uno opaco la bloquea), en la **acústica interior** (espacios muy compartimentados pueden aislar mejor el sonido, mientras que espacios diáfanos requieren soluciones acústicas especiales) y en la **sensación de amplitud o recogimiento** de un área. Además, ciertas particiones móviles o desmontables otorgan flexibilidad, posibilitando reconfigurar un espacio grande en varios pequeños o viceversa, según convenga. En resumen, elegir el tipo adecuado de partición y su disposición optimiza la funcionalidad y el confort interior del edificio.

9.2. PARTICIONES PREFABRICADAS

9.2.1. CONCEPTO Y VENTAJAS

Las **particiones prefabricadas** son tabiques realizados con elementos industrializados y modulares, preparados en fábrica o en serie, que se montan en obra de forma *en seco* (sin necesidad de mortero u hormigón). Este concepto abarca sistemas como los tabiques de placas de yeso laminado sobre perfiles metálicos, paneles completos autoportantes y otros módulos que, ensamblados, conforman una pared



interior. A diferencia de la albañilería tradicional con ladrillo o bloque (que requiere cemento, tiempo de fraguado y genera escombros), las soluciones prefabricadas permiten un montaje rápido, limpio y preciso, siguiendo instrucciones técnicas definidas por el fabricante.

Las ventajas de las particiones prefabricadas frente a los tabiques tradicionales son numerosas:

- **Rapidez de ejecución:** al no depender de fraguados ni tiempos de secado, la construcción es mucho más rápida. Los paneles se atornillan o encajan y la partición puede estar lista en horas o pocos días, reduciendo plazos de obra.
- **Menor generación de escombros y suciedad:** al ser un proceso en seco, casi no se produce polvo ni residuos pesados. Esto facilita la limpieza en obra y es ideal para reformas en edificios en uso.
- **Ligereza y menor carga estructural:** estos tabiques suelen pesar mucho menos que un tabique de ladrillo tradicional. Por ejemplo, una pared de yeso laminado con estructura metálica y lana interior es considerablemente más liviana, lo que reduce la carga sobre forjados y hace viable su uso en rehabilitaciones o ampliaciones sin sobrecargar la estructura existente.
- **Flexibilidad y adaptabilidad:** los sistemas modulares se adaptan fácilmente a distintos diseños. Se pueden cortar paneles a la medida, generar formas curvas o esquinas con relativa facilidad (algo complejo en albañilería tradicional). Además, es más sencillo abrir huecos para puertas o adaptar la distribución en caso de cambios de proyecto.
- **Prestaciones técnicas mejoradas:** mediante la combinación de distintos tipos de paneles y añadidos, se logran excelentes niveles de aislamiento acústico, aislamiento térmico e incluso resistencia al fuego. Por ejemplo, existen placas de yeso laminado especiales (ignífugas, hidrófugas, de alta dureza, acústicas, etc.) que aportan características superiores a la partición. Asimismo, es sencillo incorporar materiales aislantes en su interior.
- **Acabado listo para decorar:** tras su montaje, muchas particiones prefabricadas presentan una superficie lisa y continua que solo requiere un ligero acabado (como juntas masilladas y lijado en el caso del yeso laminado) antes de pintar o colocar el revestimiento final. Esto agiliza la fase de acabados y garantiza resultados estéticos de calidad.

9.2.2. TIPOS DE PARTICIONES PREFABRICADAS

Existen diversos **tipos de particiones prefabricadas**, diferenciados por sus materiales y por el modo en que se estructuran. Los más comunes incluyen los tabiques de yeso laminado con estructura metálica, los paneles autoportantes prefabricados de distintos materiales y otros sistemas modulares menos convencionales. A continuación, se describen cada uno de ellos:

Tabiques de yeso laminado

Los **tabiques de yeso laminado** son probablemente el sistema prefabricado más extendido en construcción de interiores. Consisten en una estructura de perfiles de acero galvanizado sobre la cual se atornillan placas de yeso laminado por ambas caras, formando la pared. Los perfiles metálicos se disponen en forma de armazón: generalmente **canales** horizontales fijados al suelo y al techo, y **montantes** verticales intermedios (separados típicamente 40 o 60 cm) que dan soporte a las placas. Las placas de yeso laminado (conocidas comercialmente como paneles de *cartón-yeso* o por marcas como *Pladur*) tienen un núcleo de yeso recubierto de cartón reforzado, con espesores habituales de 12,5 mm (estándar) u otras variantes según prestaciones requeridas.



El montaje de este tipo de tabique es sencillo y modular: se fija la estructura metálica y luego se atornillan las placas de yeso a los montantes, cerrando la partición. Normalmente se colocan dos capas de placa (una por cada lado del armazón) para conformar el tabique completo. Si se requiere mejorar el aislamiento acústico o térmico, se instala **lana mineral** u otro aislamiento en el interior de la cámara que queda entre las placas, rellenando el espacio entre montantes. Para obtener una superficie continua, las juntas entre placas se tratan con cinta de unión y **masilla** especial, cubriendo además las cabezas de los tornillos. Una vez fraguadas y lijadas estas juntas, el tabique de yeso laminado queda liso, sin discontinuidades, listo para imprimación y pintura o el acabado final que se desee. Este sistema ofrece gran versatilidad: puede incorporar puertas mediante premarcos anclados a los montantes, permite ejecutar superficies curvas (cortando o humedeciendo ligeramente placas especiales) y admite fijación de cargas ligeras o medias a sus perfiles si se refuerza adecuadamente (por ejemplo, colgar muebles de cocina con refuerzos interiores).

Paneles autoportantes

Los **paneles autoportantes** son elementos prefabricados rígidos que conforman por sí mismos una partición, sin necesidad de una subestructura de montantes metálicos. En esta categoría entran, por ejemplo, los *bloques o paneles de yeso macizo* y otros sistemas de paneles monolíticos. Un ejemplo común son los tabiques de bloques de yeso prefabricado: piezas de yeso de gran formato (habitualmente de unos 60 x 40 cm, con espesores de 5 a 8 cm) que encajan entre sí mediante rebajes machihembrados y se adhieren con una pasta de agarre específica. Al levantar fila tras fila estos bloques, se forma una pared continua de yeso sólido. Este tipo de panel autoportante no requiere perfilaría: los propios bloques, una vez fraguados, soportan la estructura del tabique. Tras su montaje, se sellan las juntas y se puede pintar o revestir directamente, obteniendo un acabado liso.



Otros sistemas autoportantes incluyen **paneles sándwich aislantes** (con un núcleo de espuma rígida o lana mineral y caras de materiales rígidos como chapa de acero, fibrocemento o MDF). Estos paneles suelen emplearse en la compartimentación rápida de naves industriales, oficinas en almacenes u otros espacios donde se busca una instalación muy rápida y con prestaciones de aislamiento ya integradas. Los paneles sándwich se fabrican a medida con cierto espesor (por ejemplo 5-10 cm), con superficies acabadas (lacadas, galvanizadas, etc.), y se instalan encajándolos entre sí y fijándolos a perfiles de arranque en suelo y techo. Al ser autoportantes, aportan suficiente rigidez para levantarse a gran altura sin montantes intermedios, aunque pueden requerir uniones atornilladas en los bordes o refuerzos puntuales. En general, las particiones con paneles autoportantes ofrecen **rapidez de montaje** (las piezas cubren mucha superficie) y **solidez**, aunque suelen ser más pesadas de manipular que las placas de yeso laminado y tienen cierta limitación en modulaciones (se adaptan a medidas estándar, requiriendo cortes para ajustes pequeños).

Otros sistemas modulares

Además de los sistemas anteriores, existen **otros sistemas modulares** de particiones prefabricadas menos comunes o especializados. Algunos ejemplos son:

- **Tabiques de vidrio:** Consisten en piezas de vidrio huecas (bloques de vidrio translúcido) que se montan con mortero o adhesivos específicos formando paños translúcidos. Aunque implican material prefabricado (los bloques), su colocación implica junta húmeda, por lo que son un caso híbrido. Se usan para separar ambientes dejando pasar la luz, por ejemplo, en baños u oficinas, aportando aislamiento lumínico pero difuso.
- **Particiones de policarbonato u otros plásticos:** Son paneles semitransparentes o translúcidos de policarbonato celular u otros plásticos rígidos, montados sobre marcos ligeros de aluminio o madera. Ofrecen divisiones muy ligeras, a menudo desmontables, que permiten el paso de luz y un aspecto moderno. Suelen emplearse en oficinas vanguardistas o stands de exposiciones, donde el peso y la facilidad de montaje/desmontaje son críticos.
- **Sistemas modulares móviles o reconfigurables:** Aunque las *mamparas* se tratan por separado en este tema, cabe mencionar que algunos tabiques modulares prefabricados permiten cierto grado de movilidad. Por ejemplo, paneles que se pueden recolocar en distintas posiciones (encajándolos en diferentes puntos de anclaje preinstalados) para alterar la distribución de un espacio temporalmente. Estos sistemas, a medio camino entre tabique y mampara, suelen ser soluciones a medida o patentadas para aplicaciones muy específicas.
- **Tabiques-armario o muebles divisorios:** En ocasiones la partición interior se resuelve con elementos de mobiliario prefabricado, como armarios modulares empotrados que hacen la doble función de dividir espacios y servir de almacenaje. Aunque estrictamente no son “particiones” constructivas, actúan como tales en la distribución interior. Estos módulos vienen fabricados y se instalan in situ, contribuyendo a la prefabricación del espacio interior.

Cada uno de estos sistemas modulares ofrece soluciones particulares en cuanto a estética y funcionalidad, y su uso depende de las necesidades del proyecto. En todos los casos, al ser prefabricados, cuentan con instrucciones claras de montaje y con componentes diseñados para encajar entre sí, garantizando una ejecución más sencilla y con menores errores que en la obra húmeda tradicional.

9.2.3. PROCESO DE INSTALACIÓN

El **proceso de instalación** de una partición prefabricada varía ligeramente según el sistema empleado, pero en términos generales sigue una secuencia de pasos similar. A continuación, se describen las etapas típicas de montaje, tomando como referencia principal el caso de un tabique de yeso laminado (sistema muy representativo), pero aplicables en espíritu a otros sistemas prefabricados:

Replanteo y marcaje

El primer paso es el **replanteo**, es decir, llevar al espacio real las dimensiones y posición que la partición tendrá según planos. Se marcan en el suelo las trazas o líneas donde se levantará el tabique, usando herramientas como cintas métricas, láser o cordeles con trazador (tiza) para asegurar rectitud y exactitud en las medidas. Este marcaje en planta indica la ubicación de la base del tabique. A plomada o con láser, esas mismas referencias se llevan al techo, marcando también en el forjado superior la posición correspondiente, de forma que quede perfectamente alineado suelo-techo. Es importante también señalar en este paso la posición de **puertas** u otros huecos en la partición, para prever los refuerzos necesarios durante el montaje. El replanteo correcto garantiza que el tabique quedará donde corresponde y con las dimensiones adecuadas, evitando modificaciones posteriores.

Antes de continuar, conviene verificar que en las zonas de anclaje no hay instalaciones que puedan interferir (por ejemplo, no taladrar sobre un conducto eléctrico oculto). A veces se colocan bandas elásticas de neopreno o espuma en el suelo y techo bajo los perfiles de arranque (en el caso de estructuras metálicas) durante el replanteo, las cuales sirven para mejorar el aislamiento acústico y acomodar pequeñas irregularidades del soporte.

Montaje de la estructura

En sistemas que la requieren, se procede a instalar la **estructura de soporte** del tabique. Para un tabique de yeso laminado, esto implica fijar los perfiles llamados **canales** en el suelo y en el techo siguiendo las líneas marcadas. Estos canales metálicos en forma de "U" se atornillan o anclan mecánicamente al forjado (usando tacos de expansión, clavos de tiro o tornillos autorroscantes según el caso) a intervalos regulares, asegurando su firmeza. Después, se insertan los **montantes** verticales, que son perfiles normalmente en forma de "C", dentro de los canales superior e inferior. Los montantes se disponen

espaciados (modulación típica cada 600 mm, aunque puede variar según el tipo de placa y las cargas que soportará el tabique, como muebles colgados). Generalmente quedan fijos por encaje y a veces se refuerzan con algún tipo de fijación (tornillos laterales o engastes) para que no se desplacen.

En las zonas donde habrá una puerta u otro hueco grande, se colocan montantes dobles a cada lado del vano, a modo de jamba, para reforzar esos bordes. Encima del hueco de puerta se fija un travesaño o dintel (otro perfil horizontal) uniendo ambas jambas, dando rigidez al perímetro del hueco. Si el tabique es muy alto o se prevé que deba soportar cargas (estanterías, aparatos),



también pueden incorporarse **travesaños** intermedios entre montantes a cierta altura, o dobles montantes en toda la extensión para aumentar la resistencia. Todo este esqueleto metálico debe quedar aplomado (verticalmente recto) y nivelado, revisando con la nivel o láser que todos los montantes están alineados en plano. En otros sistemas prefabricados, el “montaje de la estructura” puede equivaler a colocar los elementos de arranque o guías donde se insertarán los paneles autoportantes (por ejemplo, rieles en suelo/techo para paneles sándwich, o pilares de arranque en extremos), que aseguren el correcto encaje y fijación de los módulos.

Colocación de los paneles

Una vez lista la estructura, se procede a la **colocación de los paneles** que conformarán las caras del tabique. En el caso del yeso laminado, se comienzan a atornillar las placas de yeso a la estructura metálica. Lo habitual es primero fijar todas las placas de un lado completo del tabique: se presentan verticalmente contra los montantes y se atornillan con tornillos autoperforantes específicos, distribuidos regularmente (cada ~30 cm a lo largo de cada montante) para asegurar la placa. Se continúa colocando placas contiguas hasta cubrir todo el paño de ese lado; si alguna placa no cubre la altura total, se solapan piezas (cortadas a medida) procurando que las juntas verticales queden alternadas entre un lado y el opuesto (juntas *a tresbolillo*) para dar más solidez y evitar líneas de debilidad continua.

Tras cubrir un lado, antes de cerrar el tabique conviene instalar en el interior cualquier material aislante necesario. Por ejemplo, se colocan mantas o paneles de lana mineral ajustándolos entre montantes, llenando la cámara de aire. Igualmente, es la ocasión de introducir conductos eléctricos (tubos corrugados) para enchufes o interruptores que irá

en el tabique, haciendo los pasos correspondientes por orificios en montantes o dejando las cajas de mecanismo listas en su posición.



Luego se procede a cerrar el tabique atornillando las placas del lado opuesto de la estructura, de forma similar al primero. Se cuida nuevamente que las juntas no coincidan exactamente frente a frente con las del lado ya instalado, para mejorar el comportamiento mecánico y acústico. Cuando todas las placas están colocadas, el tabique queda levantado a falta de remates. En sistemas de **paneles autoportantes**, esta etapa implicaría ir colocando cada panel en su posición: por ejemplo, en tabiques de bloques de yeso, ir pegando bloque a bloque y fila a fila con el adhesivo, comprobando alineación; o en paneles sándwich, encajar cada panel con el siguiente (a menudo mediante un machihembrado o perfil de unión) y fijarlo con tornillería a las guías de suelo/techo. En cualquier caso, es crítico verificar la verticalidad y nivelación de cada elemento durante su colocación, para que el resultado final sea plano y estable.

Tratamiento de juntas y acabados

Con la partición ya montada, se realizan los **acabados finales** para obtener una superficie continua y lista para uso. En los tabiques de yeso laminado, esto se centra en el tratamiento de juntas: se aplica cinta de juntas (de papel microperforado o de malla de fibra de vidrio) sobre todas las uniones entre placas, embebida en una primera capa de masilla. Luego se extiende masilla de relleno y acabado cubriendo la cinta y alisando la junta hasta nivelarla con la superficie de las placas. Habitualmente se dan dos o tres pasadas de masilla, dejando secar y lijando suavemente entre capa y capa, hasta que las uniones quedan imperceptibles. También se tapan con masilla las cabezas de todos los tornillos usados en la fijación, para que no queden oquedades. Si hay esquinas o rincones, se colocan cantoneras (de aluminio o plástico) bajo la masilla para reforzarlos y asegurar aristas rectas sin desconchados.

En otros sistemas prefabricados, el tratamiento de juntas variará: por ejemplo, en bloques de yeso macizo, las uniones se rellenan con yeso o masilla para sellarlas y se lija la superficie. En paneles modulares con encaje, a veces llevan juntas con perfiles de cobertura o tapetas decorativas que ocultan la unión sin necesidad de masilla (como ocurre en algunos paneles sándwich o en mamparas desmontables de oficina). Finalizado el sellado de juntas, la pared puede recibir su **acabado superficial**: pintura, empapelado, alicatado, etc., según corresponda al uso previsto. En muchos casos, las particiones prefabricadas ya ofrecen una superficie bastante lisa que requiere mínima preparación para esos acabados. El resultado final debe ser un tabique uniforme, sin fisuras visibles ni discontinuidades, cumpliendo tanto su función separadora como una estética adecuada.

9.2.4. AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO

Una de las grandes preocupaciones en las particiones interiores es su capacidad de **aislamiento acústico y térmico**, y las soluciones prefabricadas pueden optimizarse para cumplir con estas exigencias. En cuanto al **aislamiento acústico**, las particiones prefabricadas ofrecen varias estrategias: la primera es la construcción **bicapa con**



cámara (por ejemplo, dos placas de yeso separadas por un espacio de aire), lo cual ya reduce la transmisión de sonido en comparación con un elemento macizo del mismo peso, gracias al llamado efecto masa-muelle-masa. Si además se introduce un material absorbente en la cámara, como lana de roca o fibra de vidrio, se atenúan aún más las ondas sonoras, logrando índices de aislamiento muy competitivos. Un tabique sencillo de yeso laminado con lana mineral puede alcanzar o superar aislamientos de 45-50 dB, cumpliendo sobradamente con divisiones entre estancias estándar. Para casos de mayor exigencia acústica (salas de reuniones confidenciales, estudios, separaciones entre viviendas), se pueden aumentar las prestaciones añadiendo doble perfilería desacoplada (dos estructuras paralelas que sostienen cada una las placas de un lado, sin contacto rígido entre sí), incrementando el espesor de la cámara o usando placas especiales de alta densidad o fonoabsorbentes. También es importante tratar los encuentros perimetrales: se suelen colocar bandas elásticas en suelo, techo y paredes laterales al montar la partición, para sellar cualquier fisura y evitar que el sonido flanquee por esas juntas.

Respecto al **aislamiento térmico**, las particiones interiores juegan un papel menor que los cerramientos exteriores, ya que suelen separar espacios con condiciones térmicas similares. No obstante, en ciertos casos es relevante: por ejemplo, entre una zona climatizada y otra que no lo está (un pasillo sin calefacción junto a una habitación climatizada, o una cámara frigorífica en un entorno industrial). En sistemas prefabricados es muy fácil integrar aislamiento térmico dentro del tabique, usando los mismos materiales fibrosos que aportan aislamiento acústico u otros paneles aislantes (poliestireno extruido, poliuretano, etc.) en la cámara. De esta manera se reduce la transferencia de calor entre las dos caras. Incluso cuando la diferencia térmica no es grande, un aislamiento en la partición puede mejorar la **eficiencia energética** al delimitar mejor las zonas y evitar pérdidas o ganancias indeseadas de calor. Además, muchos materiales aislantes son dobles: aportan aislamiento térmico y acústico simultáneamente, por lo que su inclusión es beneficiosa en ambos sentidos.

Cabe destacar que el aislamiento también se refiere a la **protección contra el fuego** en un sentido amplio. Una partición con lana mineral en su interior, además de aislar térmicamente, ofrece mayor resistencia al fuego (la lana de roca es incombustible y mantiene la integridad de la cámara aún a altas temperaturas). Igualmente, placas de yeso especiales con fibra de vidrio en su composición (tipo RF o ignífugas) resisten más tiempo sin colapsar ante un incendio, protegiendo la propagación de calor y llamas. Por tanto, el diseño de las particiones prefabricadas debe contemplar qué nivel de aislamiento acústico, térmico y de fuego se requiere, seleccionando la composición adecuada para cumplir esas funciones de seguridad y confort.

9.2.5. APLICACIONES COMUNES

Las particiones prefabricadas tienen **aplicaciones muy extendidas** en la construcción actual, gracias a su versatilidad y rapidez de montaje. En obras de **viviendas residenciales**, los tabiques interiores de casas y apartamentos hoy día suelen ejecutarse con sistemas de yeso laminado, pues permiten distribuir habitaciones, salones y pasillos de forma eficiente y con buen aislamiento, aligerando la estructura global del edificio. También en reformas domésticas es habitual levantar nuevos tabiques ligeros para redistribuir espacios (por ejemplo, para crear un segundo baño o separar una estancia), ya que la intervención es rápida y limpia comparada con levantar muros de ladrillo.

En entornos de **oficinas y locales comerciales**, las particiones prefabricadas son prácticamente la norma. Espacios diáfanos en planta se subdividen en despachos, salas de reunión, áreas de trabajo o boxes mediante tabiques modulares. Muchas veces se combinan con mamparas acristaladas (tratadas en el siguiente apartado) para lograr cierto grado de transparencia, pero los núcleos opacos suelen ser de placas de yeso u otros paneles prefabricados que facilitan incluso la instalación interior de cableado para puestos de trabajo, enchufes de suelo a techo, etc. La facilidad de desmontaje parcial de estos sistemas es útil si la empresa necesita reconfigurar la distribución en el futuro.



En edificios de uso público como **centros educativos, hospitales, hoteles**, etc., las divisiones interiores frecuentemente se realizan con soluciones prefabricadas por exigencias de **tiempos de obra** (es más rápido equipar un gran volumen de habitaciones o aulas con tabiques en seco) y por las prestaciones técnicas: se pueden lograr aislamientos acústicos importantes (por ejemplo, entre habitaciones de hotel o salas de hospital), integrar fácilmente instalaciones (tuberías de gases medicinales en hospitales, cables en aulas), y cumplir normativa contra incendios usando los paneles adecuados.

Otras aplicaciones incluyen la compartimentación de **naves industriales o almacenes** para crear oficinas internas, vestuarios, laboratorios u otros recintos dentro de un espacio mayor: aquí se emplean a menudo paneles sándwich metálicos autoportantes, que permiten construir *box* internos rápidamente. Asimismo, en **salas técnicas o servidores informáticos**, a veces se levantan tabiques prefabricados que delimitan áreas de equipos con control climático, combinándolos con suelos técnicos (elevados) para el paso de cableado. En general, siempre que se requiere levantar un elemento divisor de forma rápida, con buen comportamiento técnico y posibilidad de desmontaje o modificación futura, las particiones prefabricadas son la solución preferida.

9.3. MAMPARAS

9.3.1. DEFINICIÓN Y FUNCIONES

En el contexto de la distribución interior, se denomina **mampara** a un tipo de partición ligera, normalmente **desmontable** o movable, concebida para dividir espacios interiores de forma flexible y generalmente no permanente. A diferencia de los tabiques prefabricados descritos anteriormente (que suelen fijarse de forma más definitiva con anclajes continuos y se integran en la obra), las mamparas se



asemejan más a elementos modulares **independientes**, muchas veces comparables a un mobiliario técnico que compartimenta áreas. Son habituales en oficinas y entornos laborales, aunque también existen mamparas específicas para baños (como las de ducha) u otros usos; en este tema nos centramos en las mamparas de **oficina o espacios interiores** en general.

Las **funciones** de las mamparas interiores son similares a las de cualquier partición (separar ambientes, dar privacidad y organizar el espacio), pero con características adicionales:

- **Flexibilidad y reconfiguración:** Las mamparas suelen diseñarse para poder montarse y desmontarse con relativa facilidad, permitiendo modificar la distribución de una planta sin obras mayores. Esto es valioso en oficinas en crecimiento o cambiantes, donde las necesidades de espacio pueden variar (por ejemplo, pasar de oficinas cerradas a área abierta o viceversa).
- **Ligereza y rapidez de instalación:** Al ser componentes prefabricados encajables (perfiles, paneles, vidrios), su instalación es muy rápida y casi sin obra húmeda, ideal para implementar divisiones en un local ya terminado, incluso con el personal ya trabajando en otras áreas.
- **Estética y transparencia:** Muchas mamparas incorporan paneles de vidrio u otros acabados decorativos, lo que permite dividir sin perder luminosidad ni visibilidad, contribuyendo a entornos más abiertos y comunicativos. Pueden funcionar como elementos de diseño, dando un aspecto moderno o elegante a las oficinas.
- **Privacidad modular:** A pesar de su ligereza visual, las mamparas bien diseñadas proveen privacidad acústica decente mediante vidrios laminados acústicos, juntas de sellado y paneles sólidos, sin llegar a las prestaciones de un tabique tradicional pero suficientes para separar, por ejemplo, una sala de reunión del bullicio exterior. Además, muchas incorporan persianas internas o elementos opacos móviles (vinilos, cortinas) para graduar la privacidad visual cuando se requiera.

En síntesis, las mamparas actúan como **divisiones versátiles**: son elementos de quita y pon que estructuran el espacio de forma personalizada, adaptándose a las funciones cambiantes del entorno construido, especialmente en lugares donde la permanencia no es vital y se valora más la adaptabilidad y la estética transparente.

9.3.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN MATERIAL Y SISTEMA

Las mamparas se pueden clasificar según los **materiales** predominantes en su construcción y el sistema con el que están hechas. Principalmente distinguimos mamparas de vidrio, de madera (u otros opacos) o mixtas, en función de si los paños divisorios son transparentes, opacos o combinados. Cada tipo aporta un aspecto y unas cualidades diferentes al espacio:

Mamparas de vidrio

Las **mamparas de vidrio** están formadas mayormente por superficies acristaladas, ofreciendo divisiones transparentes o translúcidas. Normalmente constan de paneles de vidrio templado o laminado de seguridad, de espesor adecuado (8-10 mm es típico para vidrios simples), montados sobre una perfilera mínima de aluminio, acero u otro

material que los sujeta en la parte superior e inferior. Algunas mamparas de vidrio son prácticamente **sin marco vertical**, logrando un efecto de pared continua de cristal unida por juntas casi invisibles (a veces se usa solo un perfil muy delgado o juntas de silicona transparente entre vidrios). En otros modelos, sí hay marcos o montantes delgados entre paños, pero igualmente la sensación general es de ligereza y transparencia.



Las funciones destacadas de las mamparas de vidrio incluyen permitir el **paso de la luz** natural a través de los recintos (muy útil en oficinas, para que la luz de fachada alcance salas interiores), mantener una comunicación visual entre espacios (lo que potencia la sensación de amplitud y colaboración, por ejemplo entre despachos y áreas comunes) a la vez que se reduce el ruido directo. Aunque el vidrio es un material rígido, por sí solo no es buen aislante acústico a espesores delgados; por ello, a veces se usan vidrios laminados acústicos (con butiral especial) o sistemas de **doble acristalamiento** en las mamparas para mejorar la insonorización, creando una cámara intermedia sellada. Este tipo de mamparas suelen incorporar **juntas de goma** o cepillos en los encuentros con suelo, techo y entre módulos para evitar vibraciones y cerrar fisuras, incrementando tanto la hermeticidad acústica como evitando el paso de polvo o aire.

Estéticamente, las mamparas de vidrio aportan modernidad y elegancia. Pueden personalizarse con vidrios **serigrafiados**, **al ácido** o con **vinilos** para dar privacidad parcial (por ejemplo, franjas opacas a la altura de la vista) o con logotipos corporativos. También

existe la opción de vidrios tintados de distintos colores. Por seguridad, siempre se emplean vidrios de seguridad templados (que en caso de rotura se fragmentan en trozos pequeños no cortantes) o laminados (hojas unidas con film que retiene los fragmentos), evitando riesgos a las personas.

Mamparas de madera

Bajo el término **mamparas de madera** englobamos aquellas particiones desmontables cuyos paneles son opacos, fabricados con materiales derivados de la madera u otros similares. En realidad, la estructura de la mampara suele seguir siendo de aluminio o acero para conferir estabilidad, pero los rellenos o paños son tableros de madera, melamina, laminados decorativos o incluso paneles fenólicos, etc. Estas mamparas ofrecen una estética más **sólida y tradicional**, similar a la de una pared, pudiendo elegir acabados que combinen con la decoración (melaminas en varios colores o imitaciones de madera, chapas de madera natural barnizadas, paneles lacados, etc.).



Las mamparas con paneles de madera brindan **privacidad total visual** desde el primer momento, al ser completamente opacas. Se usan cuando se desea separar espacios sin transparencias, por ejemplo, despachos donde se requiere confidencialidad o almacenes/oficinas donde no interesa la visibilidad entre áreas. También tienen la ventaja de que sobre sus superficies se pueden colgar elementos (un mueble ligero, una pizarra, estantes) con mayor facilidad que en una de vidrio. Interiormente, estos paneles opacos suelen llevar un relleno o núcleo que aporta rigidez y aislamiento: pueden ser tableros aglomerados, nido de abeja, o incluir lana mineral para mejorar la acústica. La

combinación de tablero + aislante consigue un aislamiento acústico razonablemente bueno, reduciendo el ruido entre las salas separadas.

Muchas veces estas mamparas modulares de tipo opaco permiten **combinaciones estéticas**: por ejemplo, paneles de madera hasta una cierta altura (pecho o puerta) y encima acristalamiento, lo que en realidad corresponde a las mamparas mixtas que veremos a continuación. En todo caso, cuando hablamos de mampara “de madera” suele referirse a que la mayor parte del cerramiento es ciega con acabado tipo madera o color, diferenciándolas de las totalmente de cristal. Su perfil vista (la perfilería) puede a su vez estar pintada o anodizada en colores que coordinen, o incluso revestida de un folio decorativo para simular madera, dando un aspecto uniforme.

Mamparas mixtas

Las **mamparas mixtas** combinan tramos acristalados y tramos opacos en su diseño, aprovechando las ventajas de ambos tipos. Una configuración muy común es la mampara con panel ciego en la parte inferior (por ejemplo, los primeros 90 cm o 1 metro de altura en tablero sólido) y vidrio transparente en la franja superior. De esta forma se logra privacidad a nivel de suelo (y zona de mesas, ocultando patas de mobiliario o cables) y visibilidad e iluminación en la parte superior, permitiendo que la luz circule y que las personas puedan tener contacto visual por encima de esa línea opaca. Otra variante de mampara mixta es intercalar *módulos* completos de cada tipo: por ejemplo, un módulo de pared opaca seguido de un módulo totalmente acristalado, según un ritmo compositivo.



Estas soluciones mixtas buscan un **equilibrio** entre intimidad y apertura. A nivel acústico, suelen funcionar casi tan bien como las opacas, pues el tramo de vidrio normalmente se



realiza con los mismos criterios que las mamparas de vidrio puras (vidrio de seguridad, posible doble acristalamiento) y el tramo sólido lleva aislamiento interno. El aspecto visual de las mamparas mixtas es muy versátil: se pueden coordinar los colores de los paneles con la decoración, mientras que el vidrio evita que el conjunto resulte pesado o cierre demasiado el espacio. En entornos corporativos, a veces se usan paneles inferiores opacos con el color institucional o acabados elegantes, y vidrios superiores transparentes para mantener la comunicación visual entre equipos.

Además, las mamparas mixtas son útiles para integrar **puertas** u otros elementos. Por ejemplo, se puede tener una puerta ciega dentro de una línea de mampara acristalada, o viceversa, manteniendo coherencia en la parte inferior ciega y alinear la parte superior de vidrio con el resto, de modo que la franja transparente continúe por encima de las puertas. En definitiva, "mixto" implica posibilidad de personalización: cada fabricante suele ofrecer varias opciones combinando paneles y vidrios, adaptándose a lo que el cliente necesite en términos de diseño y funcionalidad.

9.3.3. SISTEMAS DE MONTAJE

Según su sistema de montaje y movilidad, las mamparas se pueden distinguir principalmente en **desmontables fijas** y **móviles**. Esto se refiere a cómo están instaladas y si pueden desplazarse o reconfigurarse de manera cotidiana:

Mamparas desmontables

Las **mamparas desmontables** son aquellas concebidas para quedar **instaladas de forma permanente** en un lugar, pero con la particularidad de que pueden ser desmontadas y montadas nuevamente (en la misma u otra ubicación) sin afectar notablemente a los elementos constructivos del edificio. En esencia, actúan como tabiques divisorios, pero su unión a la estructura del edificio es ligera y reversible: normalmente van encajadas y fijadas con tornillería a techos, suelos y paredes, sin necesidad de obras húmedas. Este tipo de mampara suele venir en kits modulares suministrados por fabricantes especializados.



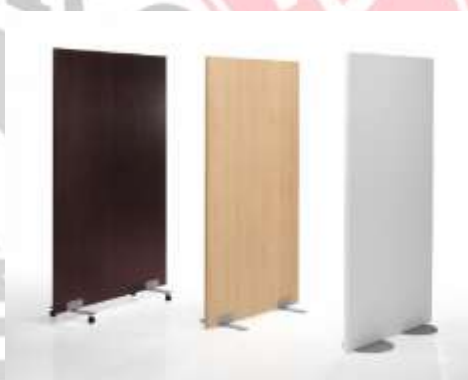
El montaje de una mampara desmontable de oficina inicia fijando unos **perfiles guía** en suelo y techo, generalmente perfiles de aluminio en forma de “U” o similares, que marcan el recorrido de la mampara. A veces también se colocan perfiles verticales laterales contra las paredes existentes. Dentro de estas guías se insertan los módulos: paneles opacos y/o vidrios previamente dimensionados. La unión entre módulos puede hacerse mediante perfiles machihembrados, clipajes, juntas de presión o pequeños

tornillos ocultos. Muchas mamparas desmontables utilizan un sistema de **presión y encaje**: primero se posicionan todos los elementos y luego se ajustan tensores o se fijan perfiles de remate que presionan las piezas unas contra otras y contra los paramentos, dando estabilidad al conjunto. Se suelen incorporar **juntas de goma o cepillos** en los contactos para absorber tolerancias, evitar vibraciones y aislar acústicamente.

Una vez montadas, estas mamparas quedan firmes y cumplen su función divisoria, pero llegado el caso se pueden desatornillar los perfiles de remate y liberar los paneles para reubicarlos en otro lado o cambiar la configuración (evidentemente, requiriendo mano de obra especializada, pero sin demoliciones). Por ello son ideales en oficinas alquiladas o espacios en evolución. Aunque desmontables, ofrecen un aspecto acabado muy bueno: los sistemas modernos ocultan la tornillería y presentan superficies continuas (por ejemplo, junquillos decorativos que ocultan las uniones), de modo que a la vista parecen paredes terminadas. Además, suelen permitir integrar puertas (habitualmente marcos especiales encajados en la propia mampara) que también son desmontables junto con el tabique.

Mamparas móviles

Las **mamparas móviles** son un caso particular de partición interior: están diseñadas no solo para ser desmontables, sino para **desplazarse o replegarse** de forma habitual, permitiendo abrir o cerrar un espacio de manera flexible en el día a día. Se trata básicamente de **tabiques móviles** o paneles correderos que cuelgan de un riel superior, usados para compartimentar temporalmente grandes salas. Su construcción es similar a la de las mamparas desmontables en cuanto a materiales (paneles opacos o acristalados con armazón interno), pero incorporan herrajes de desplazamiento: rodamientos, guías y a veces mecanismos telescópicos de encaje.



Existen dos grandes tipos de mamparas móviles: las **correderas lineales** y las **plegables o tipo acordeón**. En las primeras, varios paneles independientes se deslizan lateralmente a lo largo de un carril en el techo, acumulándose en un extremo (o doble extremo) de la sala cuando se quiere la apertura total. Cada panel suele encajar con el siguiente mediante un sistema de juntas o perfiles verticales, que pueden bloquearse para dar rigidez cuando están desplegados formando la pared completa. En posición cerrada, a efectos prácticos forman un tabique que puede incluso llegar a tener muy buen aislamiento acústico si los encajes son herméticos (algunas incorporan juntas de goma inflables o mecanismos que presan los paneles entre sí al cerrarse). En posición abierta, quedan estacionados uno junto a otro ocupando un espacio reducido a un lado. Por su parte, las mamparas móviles **plegables** están formadas por paneles unidos con bisagras,

que se pliegan unos contra otros como un acordeón al recogerse, desplazándose también sobre un riel superior. Son más rápidas de abrir/cerrar ya que todos los tramos se mueven juntos, aunque suelen ofrecer algo menos de hermeticidad acústica que las correderas con paneles independientes.

El **sistema de suspensión** suele ser únicamente superior para no interrumpir el pavimento (no se desea un riel en el suelo por cuestiones de accesibilidad y estética). Esto implica que el techo estructural debe soportar el peso de los paneles y estar preparado para ello. A veces se instalan refuerzos o perfiles en el forjado para fijar el carril de las mamparas móviles. Una vez en obra, el montaje consiste en fijar ese carril y colgar los paneles en sus carros, ajustando los mecanismos para un correcto alineamiento. El uso típico de estas mamparas móviles es en **salas polivalentes, salones de actos, aulas, salas de conferencias, restaurantes** que quieren tener la opción de dividir el salón en espacios más pequeños o unirlos en uno grande según convenga. Con un solo operario y en pocos minutos se puede transformar el espacio, de ahí su gran utilidad. Cuando están desplegadas, visualmente pueden lucir como un tabique más (se les puede dar el mismo acabado que a la pared, o acabados decorativos especiales), y cuando se recogen liberan prácticamente todo el espacio.

9.3.4. APLICACIONES

Las **aplicaciones** de las mamparas en la construcción interior se concentran mayoritariamente en espacios de trabajo y comerciales, aunque su versatilidad las lleva a otros ámbitos. Algunas situaciones típicas donde se emplean mamparas son:

- **Oficinas y despachos corporativos:** Es el contexto por excelencia. Las mamparas (ya sean de vidrio para despachos de gerencia, o mixtas para salas de reunión, etc.) permiten configurar el interior de plantas de oficina de forma elegante y adaptable. Las empresas valoran poder modificar la distribución sin obra (por ejemplo, crear nuevos despachos al crecer la plantilla, o al contrario, eliminarlos para hacer áreas abiertas). Además, la estética moderna de cristal y aluminio proyecta una imagen corporativa actual.
- **Entornos administrativos y bancarios:** En bancos, aseguradoras u organismos donde se atiende al público, se usan mamparas bajas o medianas para crear puestos de atención semiprivados, separando al cliente del resto pero manteniendo la visibilidad general. También en oficinas gubernamentales abiertas se emplean mamparas acristaladas para delimitar secciones sin aislar completamente.
- **Salas de conferencia, formación y eventos:** Aquí entran las mamparas móviles. En centros de congresos, hoteles, universidades o colegios, es común tener espacios grandes divisibles. Por ejemplo, un salón de hotel que puede convertirse en dos salones más pequeños mediante paneles móviles cuando hay eventos simultáneos. O aulas que pueden unirse abriendo un tabique móvil central. Estas



- aplicaciones requieren sistemas robustos y de buen aislamiento acústico para que, estando dos actos a la vez, no interfieran entre sí.
- **Locales comerciales y exposiciones:** En tiendas, showrooms o ferias, se utilizan mamparas modulares para crear probadores, separar zonas de exposición, o simplemente como elementos decorativos. En ferias comerciales se montan rápidamente stands con mamparas estándar que se desmontan al terminar el evento. La facilidad de armado es clave en estos casos.
 - **Ámbitos sanitarios o de laboratorio:** En clínicas u hospitales, se pueden usar mamparas para subdividir consultas o salas de espera de forma flexible. En laboratorios o plantas industriales limpias, hay mamparas especiales con materiales higiénicos (por ejemplo, paneles fenólicos, vidrios) que permiten crear compartimentos y al mismo tiempo poder reorganizarlos si cambia el proceso productivo.
 - **Viviendas y lofts modernos:** Aunque menos común, en viviendas tipo loft o abiertas se utilizan a veces mamparas de vidrio para separar dormitorios o estudios sin perder la luz, o paneles móviles para independizar la cocina o salón cuando se desea privacidad puntual. También las mamparas de ducha en baños son un tipo específico, generalmente de vidrio templado, que sirve para contener el agua en la zona de ducha/bañera sin cerrar visualmente el baño.

En conclusión, siempre que se necesite una **división interior versátil, estética y no definitiva**, las mamparas ofrecen una solución idónea. Son elementos que aportan valor en proyectos dinámicos, donde la evolución del uso del espacio es esperable, o donde las condiciones de obra (tiempo, limpieza, no dañar estructuras existentes) imponen sistemas ligeros. Con la amplia variedad de materiales y diseños disponibles, las mamparas se adaptan prácticamente a cualquier ambiente, desde el más sobrio y funcional hasta el más vanguardista.

9.4. SUELOS TÉCNICOS

9.4.1. CONCEPTO Y USOS

El **suelo técnico**, también conocido como *pavimento técnico elevado* o *suelo registrable*, es un sistema de piso sobreelevado compuesto por paneles modulares apoyados sobre pedestales, que crea un espacio hueco entre el forjado original y la superficie pisable. Este espacio, o cámara, permite alojar y distribuir en su interior todo tipo de **instalaciones técnicas**: cableado eléctrico,



redes informáticas, tuberías de climatización, conductos de aire, etc., manteniéndolas ocultas pero accesibles. El concepto de suelo técnico surgió para satisfacer las necesidades de edificios modernos (especialmente oficinas y centros de proceso de



datos) con gran cantidad de cableado y servicios, facilitando su organización y posibles cambios futuros.

El uso principal de los suelos técnicos es en entornos donde la **flexibilidad de las instalaciones** es prioritaria. Por ejemplo, en una oficina con muchos puestos de trabajo, un suelo técnico permite llevar cables de electricidad, voz/datos hasta cada puesto de manera invisible, emergiendo solo donde se necesiten mediante tomas en el piso, y posibilitando reconfigurar la distribución de mesas simplemente cambiando esos puntos de salida. Son también casi imprescindibles en **salas de servidores, CPDs y centros de datos**, donde decenas de cables y conductos van de un lugar a otro: el suelo técnico soporta los pesados racks y a la vez ordena por debajo el cableado, facilitando la refrigeración y el mantenimiento. Otros usos frecuentes incluyen salas de control industrial, oficinas bancarias, espacios de telecomunicaciones, y en general cualquier edificio de oficinas o tecnológico de mediano a gran tamaño.

Además de la ventaja técnica, los suelos elevados aportan **mejoras constructivas**: nivelan superficies sin necesidad de morteros (ideal en rehabilitaciones donde el forjado original está irregular), permiten pasar instalaciones sin hacer rozas ni bajar techos en exceso, e incluso contribuyen al aislamiento acústico (ya que reducen la transmisión de ruidos de impacto, al haber una cámara de aire y un cierto desacople elástico en los pedestales). En edificios inteligentes se utilizan también para distribuir aire de climatización por el subsuelo (impulsándolo por la cámara y liberándolo por rejillas en el pavimento), manteniendo así techos libres para iluminación y otras funciones.

9.4.2. COMPONENTES DEL SISTEMA

Un suelo técnico está conformado principalmente por **paneles modulares** que conforman la superficie de pisado y por una **estructura de soporte** regulable en altura que los sostiene. Veamos cada componente en detalle:

Paneles

Los **paneles** del suelo técnico son los elementos planos y rígidos que forman el pavimento transitable. Típicamente son de forma cuadrada, con dimensiones normalizadas (60 x 60 cm es la más común, aunque existen paneles rectangulares o de otros tamaños según fabricantes). Estos paneles deben ser **resistentes** para soportar cargas de personas y mobiliario de manera segura, sin deformarse excesivamente. Por ello, su núcleo suele ser de materiales robustos: muy habituales son los paneles de **aglomerado de alta densidad** (madera prensada) o de **sulfato de calcio** comprimido, ambos



materiales rígidos y con cierto peso. También existen paneles con núcleo de acero relleno de concreto ligero o cerámica (para cargas muy elevadas o requerimientos de no combustibilidad), e incluso paneles totalmente de aluminio o acero para usos especializados.

La cara superior de cada panel viene acabada con un revestimiento, que puede variar según el uso estético o técnico: pueden llevar superficie de **melamina** decorativa, **laminado plástico (HPL)** imitando madera o color sólido, **moqueta** o vinilo antideslizante, e incluso acabados más técnicos como **gres porcelánico** o chapa de acero antideslizante. En entornos de informática suelen usarse acabados conductivos (vinilos o laminados disipativos) para evitar acumulación de electricidad estática. Lo importante es que el acabado sea duradero y reemplazable. De hecho, uno de los beneficios del sistema es que un panel dañado o desgastado se puede retirar y sustituir individualmente sin afectar al resto.

Los bordes de los paneles a veces están sellados con un canto plástico o metálico para protegerlos y asegurar un ajuste preciso. La cara inferior suele tener una lámina de aluminio o acero galvanizado en muchos modelos, que sirve para darle estabilidad dimensional y comportamiento al fuego (en caso de incendio abajo, evita que el panel colapse rápido). Cada panel está pensado para **encajar sobre cuatro pedestales** (uno en cada esquina), quedando simplemente apoyado por gravedad en muchos casos, o con sistemas de enclavamiento ligero en otros. Al ser modulares, permiten acceder al plenum (espacio bajo suelo) levantándolos con herramientas sencillas (ventosas o ganchos), de ahí el término *suelo registrable*.

Estructura de soporte

La **estructura de soporte** de un suelo técnico consiste en un conjunto de **pedestales ajustables** y, opcionalmente, travesaños o vigas de arriostramiento que garantizan la estabilidad del sistema. Cada pedestal es como una “patita” que se apoya en el forjado base y sostiene una esquina de los paneles. Suele estar fabricado en acero galvanizado o aluminio: consta de una base (placa cuadrada o redonda que se fija al suelo mediante adhesivo o tornillos), un vástago vertical cuya altura se puede regular (roscándolo para subir/bajar) y una cabeza en la cima con forma adecuada para apoyar el ángulo de los paneles. Las cabezas a menudo tienen diseño cruciforme o de disco, con almohadillas de goma o plástico que evitan contacto rígido directo y reducen ruido o deslizamientos.



La altura de los pedestales varía según la necesidad: puede ser desde unos pocos centímetros (en casos donde apenas se necesitan pasar cables planos) hasta decenas de centímetros e incluso más de un metro en instalaciones con muchos servicios (por ejemplo, en grandes centros de datos con tuberías de climatización bajo el suelo técnico). Los pedestales se regulan in situ atornillando su parte roscada para nivelar perfectamente todos a la misma cota, creando un plano horizontal a pesar de posibles desniveles del forjado original.

En cuanto a los **travesaños** o vigas, no todos los suelos técnicos los incorporan. En sistemas de alturas bajas y carga ligera, a veces los paneles simplemente apoyan sobre pedestales puntuales. Pero para mayor robustez, es común unir pedestales entre sí con perfiles lineales (normalmente en cuadrícula de 60x60 cm siguiendo los bordes de los paneles). Estos perfiles metálicos se atornillan o enganchan a las cabezas de los pedestales, formando una retícula rígida. Así, cada panel no solo está soportado en sus esquinas, sino también apoyado en los lados por los travesaños, lo que distribuye mejor las cargas y evita que los paneles puedan moverse lateralmente o vibrar. Especialmente en suelos a gran altura o en los que habrá equipos muy pesados (p.ej., racks de servidores, archivos compactos), la subestructura con travesaños proporciona la rigidez necesaria para que el conjunto actúe de forma sólida.

En resumen, la estructura de un suelo técnico se parece a un “andamio horizontal” ajustable: pedestales como pequeñas columnas, y travesaños como vigas, creando un entramado sobre el cual descansan los paneles. Todo este sistema queda oculto a la vista bajo el pavimento terminado, pero es la clave de que el suelo técnico pueda cumplir su función de manera segura, nivelada y estable.

9.4.3. PROCESO DE INSTALACIÓN

La instalación de un suelo técnico se realiza por fases, garantizando que el resultado final sea un pavimento nivelado, sólido y accesible. Los pasos principales son los siguientes:

Preparación del soporte

Antes de colocar nada, se prepara el **soporte**, es decir, el forjado o suelo existente sobre el cual se apoyarán los pedestales. Es fundamental que la superficie esté **limpia, seca y relativamente nivelada**. Se retiran escombros, polvo y materiales sueltos, y si hay irregularidades muy grandes (desniveles locales pronunciados, grietas) se reparan o nivelan de forma básica, ya que aunque los pedestales permiten corregir diferencias de altura, es conveniente partir de un suelo sin defectos graves.

Seguidamente, se realiza un replanteo del sistema: normalmente se define la modulación de los paneles sobre la planta. Esto implica decidir de dónde a dónde van a ir los paneles completos y dónde quedarán las piezas cortadas en el perímetro, intentando que el ajuste perimetral sea estético (se suele buscar que las placas cortadas

contra las paredes tengan un tamaño uniforme y no franjas demasiado estrechas). Se traza en el suelo alguna línea guía (usando cordel entizado o láser) que marque, por ejemplo, la línea de pedestales de inicio a lo largo de un muro de referencia, a partir de la cual se cuadrícula el resto. En definitiva, se deja marcado dónde irán las filas de pedestales para facilitar luego su colocación ordenada.



Montaje y nivelación

El siguiente paso es el **montaje de la estructura de pedestales**. Se comienzan colocando los pedestales en las posiciones planificadas, típicamente empezando por una esquina o por una pared y avanzando en cuadrícula. Cada pedestal se fija al suelo base: muchos sistemas usan un **adhesivo epoxy o de poliuretano** aplicado en la base del pedestal para pegarlo firmemente al forjado (y evitar que se desplace si se levantan paneles o ante vibraciones); en otros casos se pueden usar fijaciones mecánicas (tacos de expansión o tornillos) sobre todo si el suelo final tendrá cargas muy pesadas o en zonas sísmicas, aunque no es lo más común para no perforar el forjado más de lo necesario.

Con los pedestales dispuestos, se ajusta su altura. Esto se hace atornillando o desatornillando la varilla roscada central de cada pedestal. Normalmente el instalador usará un nivel láser que proyecte una referencia horizontal a la altura deseada del suelo terminado, y va ajustando cada pedestal hasta que su cabeza coincida con esa referencia. Se suele empezar por pedestales de las esquinas o extremos y luego tender hilos o usar reglas largas apoyadas entre ellos para nivelar los intermedios, asegurando que todos quedan a la misma cota. La **nivelación fina** es crucial: de ello depende que los paneles no coqueen (bailen) y que el piso quede perfectamente plano sin escalones entre paneles.

Si el sistema incluye **travesaños**, se van colocando a medida que se fijan los pedestales. Es frecuente atornillar primero todos los pedestales, nivelarlos, y luego unirlos con los travesaños entre sí. Los travesaños (perfiles longitudinales) se colocan en las ranuras o

soportes de las cabezas de los pedestales, formando líneas continuas, y se fijan con tornillos o clips de seguridad. Esto rigidiza toda la retícula y fija definitivamente la posición relativa de pedestales. Durante esta fase conviene revisar nuevamente con el nivel en múltiples puntos, ya que a veces al apretar un travesaño puede desplazar levemente un pedestal.

Una vez que toda la subestructura está montada, se realiza una inspección visual y con nivel: las cabezas deben dibujar una cuadrícula uniforme, todas a la misma altura. También se comprueba la **alineación** de filas y columnas de pedestales para que los paneles asienten bien (si algún pedestal quedó ligeramente fuera de escuadra, se corrige en este momento). Tras esto, la estructura está lista para recibir los paneles.



Colocación de paneles

Llegamos a la fase de **colocación de los paneles** modulares que formarán el piso visible. Siguiendo la modulación establecida, se van colocando los paneles uno a uno. Por lo general se inicia en una esquina de la sala o en un extremo alineado con la cuadrícula de pedestales. Cada panel se deposita con cuidado de que sus cuatro esquinas asienten sobre las cabezas de los pedestales correspondientes (o también apoyado en los travesaños, si los hay, a lo largo de sus bordes). Debe encajar ajustadamente, sin dejar holguras excesivas ni quedar forzado; muchos paneles llevan pequeñas cuñas plásticas en las esquinas para ajustarse bien dentro del espacio y no vibrar.

Se va completando así la superficie, panel tras panel, conformando filas. Es importante mantener el orden y no saltarse paneles, para evitar problemas de encaje después. Los **paneles perimetrales** que tocan con las paredes suelen requerir corte a medida, ya que raramente la superficie encaja en múltiplos exactos del módulo. El instalador medirá el espacio restante hasta la pared y cortará el panel (con herramientas adecuadas, sierra circular o caladora según el material) para que quepa. Estas piezas cortadas también necesitan apoyo: en muchos casos se coloca un pedestal adicional cerca del borde de la pared para sostener el canto del panel cortado, si es que la porción es ancha. Si la franja es muy estrecha, a veces se resuelve con un rodapié especial que cubre ese espacio, dependiendo del fabricante. En cualquier caso, se procura que incluso las piezas recortadas queden estables y niveladas.



Con todos los paneles en su sitio, se revisa la planitud general caminando sobre el suelo: un buen suelo técnico no debe tener paneles que se hundan perceptiblemente al pisar ni que se muevan. Si se detecta algún ligero juego en un panel (por ejemplo, se oye un clic o se mueve un poco al pisar en una esquina), se levanta ese panel y se ajusta la altura del pedestal afectado o se añade una pequeña almohadilla adicional. También se controlan las **juntas entre paneles**, aunque en la mayoría de suelos técnicos estas juntas son mínimas (prácticamente un contacto directo o un pelo de separación). Finalmente, se suelen colocar los **acabados perimetrales**, como rodapiés, para rematar la unión del suelo técnico con las paredes. El rodapié puede ser adhesivo o atornillado a la pared, tapando visualmente el pequeño espacio de dilatación dejado y dando un aspecto limpio.

Tras estas etapas, el suelo técnico queda listo para su uso. En la práctica, muchas instalaciones de suelo elevado se complementan con la instalación de equipamiento: por ejemplo, se taladran o recortan algunos paneles para poner cajas de conexión (enchufes de suelo) o rejillas de ventilación si hay climatización por el plenum. Estos trabajos se suelen coordinar durante la colocación de paneles, dejando los paneles que llevarán estos elementos preparados o sustituyéndolos por paneles específicos provistos de fábrica con la abertura necesaria. Una vez terminado, el espacio bajo el suelo técnico puede ser utilizado inmediatamente para pasar cables y equipos, cumpliendo su función prevista.

9.4.4. VENTAJAS FUNCIONALES

Los suelos técnicos aportan numerosas **ventajas funcionales** a los edificios modernos, que justifican su uso cada vez más extendido:

- **Accesibilidad total a instalaciones ocultas:** La principal ventaja es que todos los cables, tuberías y conductos bajo el piso quedan accesibles levantando unos pocos paneles, sin necesidad de romper nada. Esto simplifica enormemente el **mantenimiento y la ampliación** de las instalaciones. Por ejemplo, si hay que reparar un cable dañado, se identifica el panel bajo el cual pasa y se levanta para acceder a él; o si se necesitan tendidos nuevos (más enchufes, cables de red adicionales), se quitan temporalmente paneles y se instalan, volviendo a cerrar sin dejar rastro. Esto es imposible en un solado tradicional sin hacer obras.
- **Flexibilidad y adaptabilidad espacial:** Dado que las instalaciones no están fijadas en muros o canalizaciones rígidas, sino libres bajo el suelo, cambiar la distribución de un espacio es mucho más sencillo. Si se decide mover puestos de trabajo, crear nuevas divisiones o cambiar máquinas de sitio, el suelo técnico permite recolocar fácilmente las tomas de corriente, datos o climatización simplemente reorganizando lo que hay bajo los paneles. Esta capacidad de adaptación es muy valorada en oficinas dinámicas, centros de cómputo que amplían equipamiento, etc., ya que el edificio puede evolucionar sin grandes obras.
- **Orden y estética:** Al concentrar el cableado y servicios en la cámara bajo el piso, la apariencia de la estancia queda limpia, sin canaletas ni tubos visibles. Esto no solo mejora la estética sino también la **seguridad** y orden: no hay cables sueltos por el suelo donde alguien pueda tropezar, ni marañas colgando bajo las mesas; todo discurre por debajo de forma organizada. Asimismo, la cámara oculta puede servir para alojar incluso elementos como cajas fuertes o sistemas de seguridad discretos, quedando fuera de la vista.
- **Aislamiento acústico de impactos:** Un efecto positivo del suelo técnico es que puede reducir la transmisión de ruidos de impacto al forjado inferior. Cuando alguien camina o mueve una silla, el ruido que normalmente se transmitiría directamente a la losa de hormigón y de ahí al piso inferior, en el caso de un suelo elevado es absorbido parcialmente por la propia estructura (pedestales con



bases que amortiguan algo) y por la cámara de aire, que actúa de colchón. Muchos suelos técnicos incluyen además pequeñas almohadillas de goma en las cabezas de los pedestales, lo que desacopla vibraciones. Esto mejora el confort acústico entre plantas.

- **Instalación rápida y limpia:** Desde el punto de vista constructivo, montar un suelo elevado es más rápido que realizar un recocado de mortero con canalizaciones embutidas, y totalmente *en seco*. Se puede instalar en fases finales de obra sin añadir humedad al edificio. Además, si un edificio histórico o existente no permite reglas en el suelo, un suelo técnico es una solución no invasiva para incorporar instalaciones nuevas.
- **Climatización y otros usos especiales:** La cámara bajo el suelo puede ser utilizada como plenum de aire para sistemas de climatización por suelo (distribuyendo aire frío o caliente que se impulsa homogéneamente y sale por difusores en algunos paneles). Esto crea ambientes confortables desde abajo y suele combinarse con techos radiantes o vacíos. También hay aplicaciones de suelos técnicos en salas limpias donde se insufla aire por el piso y se extrae por el techo para controlar partículas. Incluso se pueden integrar sistemas de detección (como sensores de fugas de agua en CPDs, instalados bajo el piso para avisar si hay derrames). En definitiva, ofrece un espacio útil extra que puede aprovecharse de múltiples maneras.

En conjunto, la funcionalidad que aportan los suelos técnicos se traduce en **eficiencia operativa** para el edificio a lo largo de toda su vida útil. Facilitan tanto la ejecución inicial de instalaciones complejas como su mantenimiento y modificación futura, a la vez que contribuyen a un entorno de trabajo ordenado y tecnológicamente avanzado.

9.4.5. APLICACIONES TÍPICAS

Los **campos de aplicación** de los suelos técnicos son numerosos, pero pueden destacarse algunos entornos donde prácticamente se han convertido en un estándar:

- **Centros de proceso de datos (CPD) y salas de servidores:** Es difícil imaginar un moderno centro de datos sin un suelo técnico. En estas salas, multitud de cables (alimentación eléctrica redundante, cables de red, fibras ópticas) conectan los racks de servidores entre sí y con el exterior, y a su vez se emplean sistemas de climatización muy potentes. El suelo elevado permite canalizar todo ese cableado de forma ordenada y distribuir el aire frío por la cámara para refrigerar los equipos de abajo hacia arriba. Además, proporciona cierta elevación que puede salvar irregularidades del suelo técnico y, en caso de tener que reconfigurar racks, simplemente se recoloca cableado sin obra.
- **Edificios de oficinas corporativas:** Tanto en **oficinas de planta abierta** como en despachos cerrados, el suelo técnico se emplea para llevar las canalizaciones a puestos de trabajo, islas de equipos, mesas de juntas, etc. En edificios inteligentes, cada puesto puede tener múltiples conexiones (electricidad, voz,



datos, multimedia) que gracias al suelo técnico llegan por debajo. Asimismo, permite alimentar lámparas de pie, paneles móviles u otros sistemas sin cables vistos. Cuando la empresa crece o cambia la distribución del mobiliario, el suelo registrable facilita sobremanera la adaptación de las instalaciones a la nueva configuración.

- **Centros de Bolsa, trading floors y salas de control:** Lugares con una altísima densidad de puestos de trabajo tecnológicos (por ejemplo, operadores de bolsa con múltiples monitores, ordenadores, teléfonos especiales) usan suelos técnicos para gestionar el enorme volumen de cableado que cada puesto requiere. Igualmente, en **salas de control** de plantas industriales, ferrocarriles, energía, etc., donde hay decenas de consolas y equipos, el suelo técnico mantiene los cables organizados y permite alteraciones en la disposición de consolas si cambian procesos o se agregan equipos.
- **Instituciones educativas y de investigación:** Universidades, laboratorios, bibliotecas modernas, suelen contar con salas de informática o laboratorios con muchos puestos conectados, además de necesitar flexibilidad en aularios modulares. Los suelos técnicos contribuyen a esa versatilidad, por ejemplo, en una biblioteca con suelo elevado se pueden añadir fácilmente puntos de red o corriente en cualquier mesa de lectura moviendo paneles, o en un laboratorio reconfigurar maquinarias y sus conexiones sin obra.
- **Espacios comerciales y feriales:** En tiendas con equipamiento tecnológico (tiendas de electrónica, supermercados con cajas registradoras múltiples) se emplean suelos técnicos en zonas específicas para ocultar los cables de cajas, pantallas, sensores, etc. En recintos feriales o salas de exposiciones permanentes, un suelo técnico permite a cada stand o exhibición tener tomas donde las necesite, e incluso cambiar la disposición de los stands sin preocuparse por canalizaciones fijas.
- **Rehabilitación de edificios históricos:** Cuando se moderniza un edificio antiguo para dotarlo de tecnología (por ejemplo, convertir un palacete histórico en oficinas), a menudo no se quiere o no se puede picar los suelos originales o las paredes. La solución es instalar un suelo elevado sobre el original, respetándolo, y por debajo pasar todas las instalaciones nuevas. De este modo se actualiza el edificio (con electricidad, datos, climatización) manteniendo la integridad del suelo viejo que queda protegido debajo. También, como ventaja, ese suelo técnico puede desmontarse en el futuro sin daño al monumento.

En definitiva, cualquier proyecto que requiera **alta densidad de instalaciones, cambios frecuentes o estética limpia** es candidato al uso de suelos técnicos. Su aplicación mejora la funcionalidad de bancos, aeropuertos (en zonas de control), estudios de televisión (muchos cables de cámaras y focos), etc. Al ser un sistema modular, su implantación se adapta desde pequeños cuartos técnicos hasta plantas enteras de rascacielos corporativos.



9.5. TECHOS SUSPENDIDOS

9.5.1. DEFINICIÓN Y FUNCIONES

Un **techo suspendido**, también llamado *falso techo* o *techo falso*, es un sistema de cierre superior interior que cuelga de la estructura principal del edificio (forjado o cubierta) a cierta distancia, creando un espacio intermedio o plenum entre el techo suspendido y el forjado estructural. Básicamente es un segundo techo, no estructural, formado por elementos ligeros (perfiles, paneles, placas) que se suspende mediante anclajes o cuelgues. Este elemento constructivo cumple múltiples **funciones** en los edificios modernos:



- **Ocultar instalaciones y elementos estructurales:** Probablemente la función más evidente es enmascarar a la vista las instalaciones que discurren por el techo (conductos de climatización, cableado eléctrico, tuberías de rociadores contra incendios, etc.), así como vigas u otros componentes estructurales poco estéticos. El espacio encima del falso techo se utiliza para distribuir esas redes, quedando el techo visto liso y limpio.
- **Mejorar la estética y la iluminación:** Un techo suspendido proporciona una superficie acabada uniforme que puede diseñarse a voluntad: liso, con texturas, con diseños modulares, etc., contribuyendo a la estética interior. Además, facilita la integración de luminarias empotradas, creando esquemas de iluminación más homogéneos y ocultando las conexiones de las lámparas. Incluso permite jugar con alturas (techos a diferentes niveles, foseados perimetrales para luces indirectas) aportando interés visual.
- **Acondicionamiento acústico:** Muchos techos falsos incorporan materiales acústicamente absorbentes (como paneles de fibra mineral, madera perforada con lana, etc.), lo que reduce la reverberación del sonido en la habitación, mejorando la acústica interna. Asimismo, sirven de barrera acústica hacia plantas superiores, pues la cámara de aire y el propio material atenúan ruidos que vengan de arriba (o hacia arriba). En salas de conferencia, aulas y oficinas, un techo acústico es clave para lograr buena inteligibilidad y confort auditivo.
- **Aislamiento térmico adicional:** Aunque no es su función principal, el espacio de aire y posibles lanas aislantes colocadas sobre el techo suspendido contribuyen al aislamiento térmico, especialmente cuando la cubierta o forjado superior no es suficiente. Es común poner mantas de lana mineral encima de falsos techos en últimos pisos para mejorar la eficiencia energética. Además, al reducir la altura libre de la habitación, el volumen de aire a climatizar es menor, lo que puede hacer más eficiente la calefacción/refrigeración.

- **Protección contra incendios y seguridad:** Algunos techos suspendidos están diseñados para actuar como barrera cortafuego un tiempo determinado, protegiendo la estructura superior o evitando la propagación de llamas a la entreplanta. Por otro lado, un techo suspendido bien instalado puede retener pequeños fragmentos de techo estructural que pudieran caer (por deterioro del forjado, etc.), aumentando la seguridad para los ocupantes.
- **Facilidad de mantenimiento y acceso:** En el caso de techos registrables (con paneles desmontables), las instalaciones ocultas permanecen accesibles: igual que con un suelo técnico, se puede levantar una placa del techo y acceder a una válvula, cable o equipo para repararlo sin obra. Esto es fundamental en edificios inteligentes con sensores, difusores de clima, altavoces, rociadores, etc. que requieren inspección. Incluso en techos continuos (no registrables), se pueden prever trampillas de acceso donde sea necesario.

En resumen, el techo suspendido es un elemento **polivalente** que mejora las condiciones estéticas, acústicas y funcionales de los espacios interiores, a la vez que hace posible distribuir y ocultar los sistemas que un edificio moderno necesita. Prácticamente en cualquier construcción actual que no sea vivienda unifamiliar encontramos falsos techos cumpliendo alguna de estas funciones.

9.5.2. TIPOS DE SISTEMAS

Existen diversos tipos de techos suspendidos, que podemos clasificar según la **configuración de su perfilería** (es decir, la forma en que se arma la estructura que sostiene las placas o paneles). Dos categorías generales son los techos de **perfilería vista** y de **perfilería oculta**, los cuales implican diferencias estéticas y de montaje.

Perfilería vista

En los techos de **perfilería vista**, la estructura metálica que soporta las placas queda **visible desde el interior** una vez instalado el techo. Típicamente se componen de un entramado de perfiles en forma de “T” invertida, generalmente de aluminio o acero pintado (de blanco u otro color), que forman una retícula regular (por ejemplo, módulos cuadrados de 60x60 cm, o rectangulares de 60x120 cm, etc.). Estos perfiles *T* se apoyan unos con otros formando un patrón tipo cuadrícula y se suspenden del forjado con varillas o cables. Las placas o paneles de relleno se colocan por encima de la retícula, apoyándose en las alas horizontales de la *T*, quedando a la vista la fina línea de los perfiles delimitando cada módulo.

Este sistema es conocido popularmente como techo **desmontable** o *techo registrable*, precisamente porque las placas no están fijas, simplemente reposan en la perfilería, de modo que se pueden levantar para acceder al plenum. La perfilería vista ofrece una instalación rápida y modular: los perfiles principales (T principales) se disponen paralelos cada cierta distancia, luego se insertan perfiles secundarios (T de menor longitud)



enganchándose entre los principales para formar las celdillas. El resultado es un patrón regular visible en el techo terminado: una retícula cuadrada o rectangular cuyos *recuadros* son rellenados por las placas. El ancho del perfil visto suele ser de 15 mm o 24 mm en sistemas estándar; esto define el ancho de la línea que vemos en el techo.



La ventaja de este tipo de techo es su **simplicidad y economía**: los materiales son estandarizados, la labor de montaje es sencilla y cualquier panel dañado o sucio se reemplaza con facilidad. Además, estructuralmente, la retícula da suficiente soporte a las placas sin necesidad de tornillos: la gravedad las mantiene en su sitio. Visualmente, la presencia de la cuadrícula puede ser un elemento estético si se combina con placas de color o textura distinta, o simplemente pasar desapercibida si todo es blanco. Es muy frecuente en oficinas, comercios, colegios, etc., ya que conjuga practicidad y buen comportamiento acústico (dependiendo de la placa usada).

Perfilería oculta

En los techos de **perfilería oculta**, la estructura de soporte no es visible desde el interior, dando la impresión de un techo continuo o de paneles flotantes sin marco. Hay diferentes modalidades dentro de esta categoría: una de ellas son los sistemas de techo **continuo** (típicamente de placas de yeso laminado), donde la perfilería queda completamente oculta por las placas atornilladas y luego enmasilladas, logrando una superficie uniforme sin juntas visibles. Otra modalidad son los techos registrables de **perfil oculto**: en estos, también se conforma una retícula de perfiles pero las placas están diseñadas para encajar de manera que cubren o esconden esos perfiles. Por ejemplo, existen placas de fibra mineral o metal con rebordes especiales que se montan a presión en la perfilería y tapan su ala vista, dejando solo una pequeña junta estrecha entre placas en lugar de la T ancha.

En techos continuos de yeso (pladur), el sistema consiste en perfiles canaleta perimetrales y una trama de perfiles tipo omega o maestras intermedias, a las cuales se atornillan directamente las placas de yeso desde abajo. Tras poner las placas, se tratan las juntas con cinta y pasta, ocultando completamente la subdivisión. El resultado es un cielo raso liso, como si fuera enlucido tradicional, pero suspendido. En los techos modulares de perfil oculto (por ejemplo, un techo desmontable con placas tegulares invertidas, o sistemas con clip), los paneles suelen introducirse inclinándolos y luego

asentándolos de manera que sus bordes queden por debajo del nivel del perfil, cubriéndolo. Desde abajo solo se ven estrechas líneas de sombra donde están las juntas entre placas, lográndose un aspecto más limpio que con las T vistas.



La perfilería oculta brinda **mayor continuidad visual** y a veces permite diseños más elegantes o minimalistas. Sin embargo, suele requerir más precisión en la instalación y a veces las placas son específicas (no cualquier panel genérico sirve, sino los del sistema particular). En el caso de los techos continuos de yeso, se pierde la registrabilidad: es decir, no se pueden quitar placas fácilmente, de modo que hay que prever trampillas para acceder al plenum si hace falta. Los techos de perfilería oculta registrables (como clip-in metálicos o similares) sí permiten desmontaje, pero con un poco más de trabajo que un techo de perfilería vista (a menudo hay que hacer palanca o bajar un tramo entero). Estos sistemas se ven en lugares donde la estética prima y se desea un techo liso pero manteniendo acceso: por ejemplo, en tiendas de lujo, salas de juntas, pasillos de hoteles, etc., o en edificios institucionales donde se desea un techo continuo pero algunas zonas registrables.

9.5.3. MATERIALES DE PLACAS

Independientemente del sistema de perfilería, la **materialidad de las placas o paneles** del techo suspendido puede variar ampliamente. Los materiales más comunes para las placas de techo son el yeso (en placas de cartón-yeso o escayola), la fibra mineral (material biosoluble tipo lana mineral aglutinada) y el metal (aluminio o acero), cada uno con sus características:

Yeso

Las placas de **yeso** en techos suspendidos generalmente se presentan de dos formas: como placas de yeso laminado (tipo pladur) para techos continuos, o como paneles prefabricados de escayola o yeso para techos desmontables. En el primer caso, se usan tableros de yeso laminado estándar de 12,5 mm (a veces más finos, de 9,5 mm, si el

diseño es curvo o ligero) atornillados a la estructura metálica. Estas placas de yeso ofrecen una superficie lisa, apta para pintar o incluso para revestir con otros materiales. Se pueden cortar fácilmente para adaptarse a la geometría de la sala, e incluso doblar suavemente para crear techos curvos o con diferentes planos. Las placas de yeso laminado para techos pueden ser especiales: por ejemplo, si se busca mejorar la acústica, se perforan con diseños (microperforaciones) y se les añade una membrana fonoabsorbente por encima; o si hay humedad (baños, cocinas) se usan placas verdes hidrófugas resistentes al agua; para mayor protección al fuego, placas rosadas RF con fibra de vidrio.



En el segundo caso, existen paneles modulares de yeso/escayola pensados para perfilería vista, que imitan la apariencia de un techo continuo pero en formato desmontable. Suelen ser de 60x60 cm, a veces con un recubrimiento vinílico en la cara vista o simplemente pintados, y encajan en la retícula. No obstante, estos son menos comunes que la fibra mineral hoy en día. También cabe mencionar las piezas decorativas de escayola (molduras, rosetones) que se pueden integrar en techos continuos para estilo clásico.

El yeso tiene la ventaja de ser un material **incombustible**, con buena inercia térmica y capaz de dar acabados de alta calidad visual. Un techo continuo de yeso bien ejecutado es indistinguible de un cielo raso convencional en yeso enlucido y permite todo tipo de diseños (fosas de luz, cambios de nivel, etc.). Su desventaja es la falta de acceso (en techos continuos) y el peso, que es algo mayor que otros materiales modulares ligeros. Pero es el favorito cuando se busca **uniformidad** y capacidad de diseño personalizada,

como en auditorios, salones elegantes, viviendas, recepciones de hoteles, etc., combinando a veces con otros materiales puntualmente.

Fibra mineral

Las placas de **fibra mineral** son probablemente las más empleadas en falsos techos registrables de oficinas y locales comerciales. Están compuestas por una mezcla de fibras minerales (lana de roca o fibra de vidrio tratada), ligantes y aditivos, prensada en paneles rígidos de espesores alrededor de 15-20 mm. Su cara vista suele ir revestida con una lámina o pintura que le da aspecto blanco mate (o de color) y a menudo se las fabrica con una textura superficial o microperforaciones para potenciar la absorción acústica. Ejemplos típicos son las placas con acabado tipo "apagonado" o "fissurado" que presentan pequeñas grietas o agujeritos; esto no es un defecto, sino parte del diseño que mejora la acústica al romper las ondas sonoras y absorberlas.



Estas placas de fibra mineral son muy **ligeras**, por lo que cargan poco la estructura de techo suspendido y son fáciles de maniobrar por los instaladores. Tienen excelentes propiedades de **absorción acústica**: la mayoría presentan coeficientes de absorción altos en un amplio rango de frecuencias, lo que reduce el eco en la estancia y mejora el confort sonoro (por eso se usan en aulas, oficinas abiertas, restaurantes, etc., para bajar el nivel de ruido ambiente). También aportan algo de aislamiento hacia el exterior por la masa-capa de aire que crean. Son **económicas** comparadas con otras soluciones, lo que las hace preferidas en proyectos ajustados de presupuesto.

No obstante, la fibra mineral tiene algunas limitaciones: su resistencia a la humedad puede ser baja si no se escoge la placa adecuada; en ambientes húmedos pueden deformarse o mancharse (aunque hay versiones específicas con tratamiento



antihumedad). Tampoco son muy resistentes al maltrato físico: un golpe las puede romper o marcar. Estéticamente, aunque hay diseños mejorados, tradicionalmente se las asocia con el típico techo comercial blanco con motitas, lo cual no es muy lujoso; sin embargo, hoy existen placas de fibra de alta gama con acabados lisos, de color, o combinadas con películas que mejoran la apariencia. En protección contra fuego, muchas son incombustibles o al menos no propagan llama (al estar basadas en roca o vidrio), aunque pueden perder integridad con calor intenso. En definitiva, son el “caballo de batalla” de los techos técnicos: cumplen bien en casi todos los aspectos funcionales y a bajo coste, por eso dominan en oficinas, centros educativos, sanitarios y comerciales.

Metal

Los **techos metálicos** consisten en paneles o lamas de metal (habitualmente aluminio o acero galvanizado) colocados sobre una estructura suspendida. Pueden venir en diversos formatos: paneles modulares cuadrados/rectangulares para encajar en retículas, paneles rectangulares *clip-in* que se enganchan en perfiles ocultos, o lamas lineales (largas tiras metálicas que se fijan a portadores). La superficie metálica suele ir pintada (lacada al horno) en color uniforme, típicamente blanco, aunque se pueden fabricar en cualquier color o incluso en acabados metalizados, espejados, etc. Muchos techos metálicos son **perforados**: se les realizan agujeros pequeños en patrones regulares, lo que combinado con una capa de fibra textil o lana por encima, les confiere capacidad fonoabsorbente similar a la de la fibra mineral, pero manteniendo la apariencia lisa del metal.



Las ventajas de los techos metálicos radican en su **durabilidad e higiene**. Un panel de aluminio o acero no se ve afectado por la humedad, no se combe, no desarrolla moho ni es alimento para microorganismos. Por ello son muy usados en lugares que requieren limpieza frecuente o condiciones sanitarias, como **hospitales, laboratorios, cocinas industriales, baños públicos...** ya que se pueden limpiar con facilidad (incluso con productos químicos suaves) sin dañarlos. También aguantan mejor posibles golpes y rozos que las placas blandas; si bien se pueden abollar, no se romperán o astillarán. Otro punto fuerte es la **estética técnica y moderna** que aportan: un cielo raso metálico da sensación de alta tecnología, sobre todo si se emplean diseños especiales (por ejemplo, lamas largas continuas que dan una direccionalidad al espacio, o paneles grandes que crean superficies reflectantes). En edificios contemporáneos de transporte (aeropuertos, estaciones) se ven mucho estos acabados.

En cuanto a instalación, muchos techos metálicos son de perfilera oculta con sistemas de clip, lo que proporciona una imagen muy uniforme. Otras versiones encajan en T visibles igual que cualquier placa 60x60. Al ser metálicas, son **incombustibles**, y si son de acero pueden contribuir a la compartimentación ante fuego (aunque el calor las puede deformar y dejar huecos, salvo diseños específicos). Su lado menos favorable suele ser el coste, mayor que el de fibra mineral estándar. Además, sin perforar, el metal es totalmente reflectante acústicamente, o sea, no absorbe nada de sonido, generando mucha reverberación; por eso casi siempre se usan con perforaciones y un absorbente encima para paliar este efecto. Finalmente, requieren un control de calidad en instalación para evitar alineaciones defectuosas, ya que cualquier desviación se nota más en superficies lisas metálicas con reflejos.

En resumen, los techos metálicos se eligen cuando se necesita un techo **resistente, higiénico y de aspecto moderno**. Ejemplos: pasillos de hospitales (donde se lava el techo por sanidad), grandes vestíbulos representativos, estaciones de metro, centros comerciales en zonas de alto tránsito, o también en oficinas de estilo vanguardista.

9.5.4. PROCESO DE INSTALACIÓN

La instalación de un techo suspendido se lleva a cabo en varias etapas bien definidas, parecidas en concepto a las de un suelo técnico (replanteo, montaje de estructura, colocación de elementos) aunque trabajando invertido hacia el techo. Veamos los pasos:

Replanteo y marcaje

Primero se realiza el **replanteo** del nivel y trazado del techo falso. Se determina a qué altura sobre el suelo terminado irá la cara inferior del falso techo, en función de los requerimientos (altura libre deseada en la sala, espacio necesario arriba para instalaciones, alineación con ventanas u otros elementos). Con un láser nivelador o manguera de agua se marca una línea horizontal continua en las paredes perimetrales a

la cota elegida: esa línea será la referencia para colocar los perfiles perimetrales y garantizar que todo el techo quede plano y nivelado.

Además de la altura, se replantea la **modulación** en planta si es un techo modular. Por ejemplo, en un techo de perfilera vista 60x60, conviene centrar la retícula respecto a la habitación para no acabar con tiras demasiado estrechas en un lado. Se mide la anchura de la sala y se decide por dónde pasarán las filas de perfiles principales para obtener módulos equilibrados en los bordes. Esto implica marcar en la pared, sobre la línea de nivel, puntos donde coincidirán las rejillas de la retícula. También se señalan las posiciones aproximadas de los **suspensores** (puntos de cuelgue) en el techo superior: suelen colocarse cada cierta distancia regular (por ejemplo, cada 1,2 m en ambas direcciones, dependiendo del peso de las placas y perfilera). Si hay planos o esquemas del fabricante, se siguen las recomendaciones de espaciamiento de hangers.

Otro aspecto del replanteo es prever los huecos para luminarias, rejillas de aire u otras instalaciones que vayan empotradas. Se debe asegurar que la modulación del techo se adapte a ellas: por ejemplo, una luminaria de 60x60 cm ocupará justo un módulo, pero si hay una lineal de 120 cm quizá convenga un módulo de 60x120 en el diseño. Si el techo es continuo de yeso, se marcan las ubicaciones de las luminarias para luego recortar, y dónde irán las trampillas de registro si son necesarias. En definitiva, esta fase de planificación evitará problemas y cortes antiestéticos más adelante.

Montaje de la estructura

Con el replanteo listo, se inicia el **montaje de la estructura** soporte. En primer lugar, se fijan los **perfiles perimetrales** a lo largo de todas las paredes según la línea marcada de nivel. Estos perfiles suelen ser angulares metálicos (con forma de L) que sirven de apoyo lateral a los extremos de las placas y perfiles interiores. Se atornillan o clavan a la pared cada 40-60 cm, asegurándose de que siguen fielmente la cota deseada y quedan bien nivelados.

Luego se colocan los elementos de **suspensión** desde el techo estructural. Dependiendo del sistema, pueden ser varillas metálicas roscadas, alambres galvanizados (cuélgantes), o tirantes específicos con fijaciones de gancho. Se perfora el forjado superior (o elemento al que colgaremos) en los puntos marcados para los suspensores, se inserta un anclaje (taco metálico de ojo, clavija de martillo con agujero, etc.), y se amarra o rosca el suspensor. Estas varillas o cables suelen dejarse colgando un poco más bajos que la altura final, ya que luego se ajustarán en longitud. Es fundamental que la sujeción al soporte estructural sea firme, pues todo el peso del techo recaerá en estos puntos; se siguen las recomendaciones de carga (por ej., un taco de 6 mm con gancho puede soportar X kilos, etc.). La densidad de suspensión habitualmente es tal que cada metro cuadrado de techo tiene al menos uno o dos puntos de cuelgue.

A continuación, se instalan los **perfiles principales** del techo suspendido. En un techo registrable de perfilería vista, estos son los perfiles *T* largos (a veces llamados primarios) que normalmente corren a lo largo de la habitación. Se enganchan o atornillan a las varillas colgantes, ajustándolos a la altura correcta usando los niveladores de los colgantes (que pueden ser tuercas en varillas roscadas, o piezas especiales de resorte en alambres). Con ayuda de la línea perimetral ya fijada, se nivela cada perfil principal para que quede perfectamente horizontal y a la altura justa. Los extremos de estos perfiles suelen descansar sobre el ángulo perimetral de las paredes.



Después, se conectan los **perfiles secundarios** que forman la cuadrícula. Los perfiles *T* transversales más cortos se engarzan en las ranuras de los principales, normalmente tienen un sistema de lengüeta y ranura que hace clic. Así se van completando módulos de 60x60 (u otra modulación). A medida que se encajan, hay que verificar que también queden nivelados, aunque si los principales están bien nivelados, los secundarios se alinearán automáticamente. Eventualmente, toda la retícula metálica queda suspendida, nivelada y sujeta de los colgantes. Conviene repasar con un nivel largo o láser cruzando por diferentes puntos para asegurarse de que no haya panzas o montantes más bajos/altos; se corrige apretando o soltando ligeramente los suspensores. En un techo de yeso continuo, en lugar de retícula *T* se montan perfiles canal y omegas: primero se suspende una malla de perfiles principales (maestras) similarmente colgada con alambre o varilla, luego se fijan perpendiculares más pequeños (omega o TC) a las maestras, y se atornillan entre sí para rigidez, creando un entramado donde atornillar las placas.

Adicionalmente, en muchos casos se instalan elementos de **arriostramiento** si la superficie es grande: tensores en diagonal desde el techo estructural a la retícula, o perfiles que crucen oblicuamente, para evitar oscilaciones o desplazamientos horizontales del techo suspendido (especialmente relevante en zonas sísmicas o para



techos a gran altura que pueden moverse con corrientes de aire). También antes de cerrar el techo se suelen colocar dentro del plenum los aislamientos que reposarán sobre él (p. ej., mantas de lana encima de las placas para mejorar la acústica o el aislamiento térmico). Esto es más fácil de hacer antes de poner todas las placas, distribuyendo la lana sobre la retícula provisionalmente.

Colocación de placas

Con la estructura metálica completa y firme, se procede a la **colocación de las placas o paneles** que conformarán la superficie visible del techo. En un techo desmontable de perfilería vista, esta tarea es sencilla: se toma cada panel modular y se introduce oblicuamente por el hueco, luego se apoya sobre la retícula, dejándolo caer suavemente hasta que sus bordes queden soportados por las alas de los perfiles en todo su perímetro. Se repite módulo por módulo. Suele avanzarse por filas: primero se cubren los módulos centrales íntegros y se dejan para el final los de los bordes, que a menudo requieren recortes.

Para las placas perimetrales que no caben enteras, se mide el espacio entre el último perfil *T* completo y la pared, restando una pequeña holgura, y se corta la placa a esa dimensión. Muchas veces es suficiente con un cúter (en placas de fibra mineral blandas) o una sierra de mano (en placas duras o metálicas). Estas piezas recortadas se apoyan parcialmente en el ángulo perimetral y por el otro lado en el perfil *T* contiguo. Si el tramo cortado es muy estrecho, a veces se coloca un perfil *T* adicional pegado a la pared para que la pieza tenga apoyo en dos lados. Una vez puestas, se añade el rodapié o junquillo perimetral si está previsto, para tapar la junta de dilatación entre placa y muro y lograr el acabado limpio.



En el caso de techos continuos de yeso laminado, la colocación de placas implica atornillarlas a la estructura. Se empieza por un extremo, subiendo la placa (normalmente con ayuda de dos operarios o de un elevador de placas) y sujetándola con tornillos autoperforantes a los perfiles, cada 20-25 cm a lo largo de cada perfil que la cruza. Las placas se disponen con sus bordes a tope unos con otros, y conviene hacer la colocación *a rompejuntas*, es decir, que las juntas entre placas no alineen en filas contiguas, para dar más solidez (igual que con los tabiques). Donde es necesario, se cortan a la medida (p.ej., en los bordes de la habitación). Se dejan pequeñas separaciones perimetrales de unos milímetros para posibles dilataciones. Tras atornillar todas, se procede al **tratamiento de juntas**: se aplica cinta y pasta en cada unión de placas y sobre los tornillos, similar al procedimiento en tabiques, hasta obtener una superficie continua y lisa. Este proceso de masillado y lijado puede requerir varias pasadas y un tiempo de secado, pero finalmente se logra que el techo parezca de una sola pieza.

Para techos metálicos con sistemas de clip, la colocación de paneles suele hacerse levantando ligeramente y encajando las pestañas del panel en los perfiles ocultos. Se empieza por un extremo de la habitación e idealmente se tiene calculado el orden, ya que a veces hay que deslizar o encajar piezas en secuencia (algunos sistemas requieren meter primero todas las piezas de una fila y luego desplazar, etc.). Los paneles pueden llevar muelles o pestañas que encajan con un 'clic'. Para desmontarlos, normalmente se usa una herramienta plana que libera el clip.

Finalmente, se instalan los **elementos empotrados** en el techo: luminarias, difusores de aire acondicionado, altavoces, sprinklers, etc. En techos desmontables modulares, muchas luminarias están diseñadas para apoyar igual que un panel (ocupando uno o varios módulos). Otras requieren cortar un hueco circular o rectangular en una placa (por ejemplo, downlights en placas de yeso, o bocas de aire). Esto se hace con corona o sierra de calar sobre la placa (preferiblemente antes de montarla para mayor comodidad) y luego se fijan los elementos en esos huecos. Los sprinklers y sensores se instalan a través de agujeros taladrados en el falso techo, viniendo su alimentación desde el plenum. Es importante que cualquier aparato pesado (por ejemplo, una unidad de aire acondicionado cassette) NO se sostenga solo del falso techo, sino que tenga suspensiones propias al forjado, repartiéndose la carga. El techo suspendido en sí está pensado para soportar solo su peso y el de pequeños accesorios, no grandes equipos.

Una vez colocados todos los paneles y dispositivos, se revisa visualmente que el techo esté homogéneo, sin placas mal alineadas, y se hace una limpieza final (puede haber polvo de masilla o cortes). Así, el techo suspendido queda terminado, cumpliendo con su función estética y técnica, y debidamente integrado con el resto de las instalaciones.

9.5.5. INTEGRACIÓN DE INSTALACIONES

La **integración de instalaciones** en techos suspendidos es uno de sus mayores beneficios y también un aspecto que requiere planificación cuidadosa. Dado que el falso techo



oculta un plenum donde discurren diversos sistemas, es fundamental diseñar cómo interactúan estos con el techo mismo y cómo se accederá a ellos en el futuro.

Un ejemplo principal es la **iluminación**: la mayoría de edificios con techos falsos usan luminarias empotradas. En techos modulares, hay luminarias cuadradas que reemplazan a un panel (encajando en la retícula) o tiras LED lineales que ocupan varios módulos en longitud. En techos de yeso, se suelen abrir huecos para downlights circulares o paneles LED delgados. Es clave dejar el espacio suficiente arriba para la lámpara y su disipación de calor, y prever puntos de anclaje si son pesadas. Muchas veces se añade un perfil o soporte extra en la estructura del techo para atornillar luminarias grandes, asegurando que no generen vibraciones o comben el panel. La integración ideal hace que las luces queden flush (al ras) con el techo, dando un aspecto limpio.



Otro sistema es la **climatización**: Los conductos de aire acondicionado/calefacción suelen discurren por el plenum y se terminan en rejillas o difusores colocados en el falso techo. Estos difusores pueden ser módulos que sustituyen placas (por ejemplo, una rejilla 60x60 en una oficina), o rejillas lineales en techos continuos. El techo debe permitir su sujeción; a veces se fijan directamente al perfil perimetral o se apoyan en la retícula como las luminarias. También, la propia existencia del plenum facilita que el aire de retorno circule por encima de las placas hacia los puntos de extracción. Debe cuidarse que las placas cercanas a rejillas de retorno no vibren o ensucien con el flujo de aire (se puede poner una fibra encima para filtrar polvo).

En **sistemas contra incendios**, los rociadores automáticos (sprinklers) suelen atravesar el falso techo con sus cabezas. En techos modulares, se corta una perforación justa y la pieza vista del sprinkler queda embellecida con un rosetón. Importante: la tubería de sprinkler está fija al forjado, el techo falso solo la rodea; si se mueve el techo, el hueco permite juego. Lo mismo con detectores de humo: se empotran en agujeros y se

conectan a su cableado en el plenum. Las sirenas o altavoces de alarma pueden montarse incrustados en módulos pre-perforados.

La **electrificación y voz/datos** también encuentra acomodo: altavoces de megafonía, cámaras de seguridad, sensores de presencia, etc., se instalan en el falso techo. Muchos van superficiales atornillados directamente a la placa (asegurando que no sea muy pesado para no rajarla), con su cable oculto subiendo por un pequeño orificio al plenum. Otros, como cámaras PTZ pesadas, requerirán refuerzos atados al techo estructural con solo un pasacables por la placa.

Otra integración importante es la **accesibilidad para mantenimiento**. En techos registrables no hay problema: cualquier panel se quita fácilmente. Pero en techos continuos, se deben prever *trampillas de registro* en lugares estratégicos: por ejemplo, un marco con tapa desmontable oculta en el baño para acceder a válvulas, o en pasillos para registros eléctricos. Estas trampillas suelen ser del mismo material y quedan casi enrasadas (hay modelos de yeso con cierres ocultos que tras pintar apenas se notan). Es vital ubicarlas debajo de puntos donde haya algo que pueda requerir acceso (un plenum de aire, una unión de conductos, una caja de derivación eléctrica).

La **coordinación entre gremios** es esencial: el instalador del techo debe trabajar de la mano con electricistas, fontaneros y climatización. Primero, estos últimos montan sus equipos principales en techo (ej: conductos, cableado, tubos) dejando colgantes o reservas en donde habrá aparatos finales. Después se instala el techo, y luego los gremios rematan sus elementos encastrándolos en el techo. Una falta de coordinación puede resultar en conflictos, como un difusor que cae justo sobre la intersección de un perfil T, obligando a recortar perfiles, o un luminar empotrable demasiado alto que topa con un conducto. Por ello, en obra se reparten planos de coordinación con secciones que muestran la disposición vertical de todo en el plenum.

Finalmente, es importante mencionar la **ventilación del plenum**: a veces, especialmente con techos continuos herméticos, se producen acumulaciones de calor o humedad arriba. Se suelen incorporar rejillas pequeñas de ventilación pasiva en el falso techo o asegurarse de que el plenum se ventile con aire acondicionado mismo. También, se deja claro que el plenum de techo no debe usarse como vía de retorno de aire en ciertos casos donde código lo prohíba (exigen ductos cerrados, etc.).

En síntesis, el techo suspendido se convierte en un **cielo técnico** donde confluyen multitud de instalaciones. Su éxito radica en hacerlas invisibles al usuario pero perfectamente funcionales. Un buen diseño de integración logra que el usuario solo vea rejillas bien alineadas, lámparas estéticas y detectores discretos, desconociendo el complejo entramado que hay sobre sus cabezas, al cual los técnicos, sin embargo, pueden acceder cuando sea necesario sin mayor complicación.

9.5.6. APLICACIONES

Los techos suspendidos se emplean en una gran variedad de **aplicaciones** dentro de la construcción, prácticamente en cualquier edificación no residencial y en muchas residenciales modernas. Algunos ejemplos destacados:



- **Oficinas y entornos administrativos:** Es difícil encontrar una oficina contemporánea sin falso techo. En grandes áreas de trabajo, los techos modulares de fibra mineral dominan por su funcionalidad (acústica y acceso a instalaciones). En zonas representativas (recepciones, salas de junta) puede optarse por techos continuos de yeso con diseños especiales o techos metálicos elegantes. En cualquier caso, esconden la maraña de instalaciones de climatización, cableado de redes, etc., proporcionando un ambiente profesional y limpio.
- **Centros educativos (colegios, universidades):** Las aulas suelen tener falsos techos acústicos para controlar el ruido y mejorar la inteligibilidad del profesor. También permiten instalar fácilmente proyectores, altavoces o iluminación. En pasillos y bibliotecas, techos registrables facilitan llegar a conducciones de aire o electricidad para mantenimiento sin interrumpir las actividades.
- **Hospitales y clínicas:** Aquí son casi omnipresentes, pero seleccionando materiales higiénicos. En pasillos y habitaciones a menudo se usan techos registrables vinílicos o metálicos lavables para poder acceder a conductos de gases medicinales o cableado de equipos médicos. En quirófanos se prefieren techos continuos especiales (sellados, con filtros hepa integrados) para controlar la esterilidad. Las planchas desmontables permiten llegar a válvulas de agua o uniones de aire sin demoler.

- **Comercios y locales públicos:** Tiendas, supermercados, restaurantes incorporan falsos techos para ocultar las instalaciones de climatización y crear ambientes agradables. Por ejemplo, en un supermercado, sobre las góndolas suele haber un techo suspendido integrando luminarias específicas para productos y difusores de aire. En restaurantes, se usan techos acústicos para atenuar el ruido de las conversaciones, a veces combinados con elementos decorativos (bandas de techo a diferente altura). Los centros comerciales utilizan techos metálicos o de paneles grandes en pasillos, donde el mantenimiento se hace en horarios de cierre.
- **Instalaciones deportivas y culturales:** En gimnasios y polideportivos, los techos falsos mejoran la acústica y ocultan grandes conductos de climatización. Se emplean paneles más resistentes (por ejemplo, lamas metálicas o madera perforada) que soporten pelotazos o vibraciones. En cines y teatros, abundan los techos suspendidos con complejo diseño acústico: combinando paneles absorbentes y difusores para lograr la acústica óptima, además de alojar sistemas de iluminación y altavoces envolventes.
- **Viviendas y hoteles:** En viviendas, tradicionalmente se dejaba el forjado visto enlucido como techo. Pero hoy en muchas casas se ponen falsos techos de yeso para incorporar iluminación LED empotrada, sistemas de climatización por conductos y altavoces de sonido ambiental. En baños es común bajar un techo registrable para ocultar conductos de extracción y facilitar arreglos de fontanería. En hoteles, casi siempre hay falso techo en las habitaciones, pasillos y lobby: permite poner rociadores, altavoces de música ambiental, y controlar la altura para hacer el espacio más acogedor. Además, un techo acústico en pasillos reduce que el ruido pase a las habitaciones.
- **Industrias y laboratorios:** En plantas industriales, los techos falsos se usan en las áreas de oficinas internas o laboratorios de control de calidad, no tanto en la nave de producción. En laboratorios limpios, se instalan techos herméticos con filtros de aire integrados. En salas blancas farmacéuticas, falsos techos metal-sándwich sellados completan la envolvente higiénica.

En conclusión, el techo suspendido se ha convertido en un elemento **casi estándar** en la construcción actual, salvo en casos de diseño intencional sin él (techos vistos estilo industrial). Su capacidad para resolver problemas funcionales (acústica, ocultamiento de instalaciones) y estéticos (acabados uniformes, alturas calibradas) lo hace imprescindible en oficinas, comercios, educación, sanidad, hostelería, e incluso mejora notablemente las prestaciones de las viviendas. Cada aplicación tendrá sus matices en cuanto a tipo (registrable o no), material (fibra, yeso, metal, madera) y diseño, pero la esencia es la misma: un falso techo bien diseñado aporta confort, seguridad y estética al espacio interior.



10. REFORMA Y MANTENIMIENTO DE EDIFICIOS

Introducción: En este capítulo se abordan los aspectos fundamentales de la *reforma* y el *mantenimiento* de edificios. Se trata de un tema amplio que cubre desde la identificación de daños comunes hasta las técnicas básicas de reparación y la organización de trabajos de rehabilitación. **No** se tratarán aquí ciertos procesos ya explicados en capítulos anteriores, como la interpretación de planos, los revestimientos y acabados, los solados, alicatados y chapados, las cubiertas e impermeabilizaciones, las particiones interiores o falsos techos, ni las uniones soldadas en estructuras metálicas. Dichos conceptos se dan por conocidos, permitiéndonos enfocar este tema en los procedimientos específicos de reforma y mantenimiento.

10.1. CONCEPTOS BÁSICOS

10.1.1. ¿QUÉ ES UNA REFORMA?

Una **reforma** en construcción es cualquier intervención u obra realizada en un edificio existente con el fin de modificarlo, mejorarlo o adaptarlo a nuevas necesidades. A diferencia de la obra nueva (construcción desde cero), la reforma aprovecha la estructura ya existente y puede abarcar desde pequeños cambios



estéticos hasta grandes rehabilitaciones estructurales. En el ámbito profesional, una reforma implica trabajos planificados que pueden incluir la redistribución de espacios (por ejemplo, derribar o levantar tabiques interiores), la actualización de instalaciones (electricidad, fontanería, climatización), la mejora de acabados (cambio de solados, alicatados, pintura) o la reparación de elementos deteriorados. El objetivo suele ser **mejorar la funcionalidad, la seguridad o la estética** del edificio, alargando su vida útil y aumentando su valor. Según su magnitud, las reformas se clasifican en *obras menores* (actuaciones de pequeña escala, como renovar un baño o pintar una fachada) u *obras mayores* (intervenciones de mayor envergadura que pueden afectar elementos estructurales o la configuración del edificio, por ejemplo, rehabilitar integralmente un edificio antiguo). En todos los casos, una reforma requiere una cuidadosa planificación, el cumplimiento de normativas (licencias municipales, normativas técnicas) y la coordinación de distintos oficios.

En resumen, **reformular un edificio** significa intervenir sobre lo existente para corregir defectos, modernizar espacios o adaptarlos a nuevos usos, sin llegar a demoler por completo la estructura original. El profesional de la construcción debe saber evaluar qué elementos se pueden modificar y cómo hacerlo de manera segura, optimizando los recursos y respetando la integridad del inmueble.

10.1.2. ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO DE UN EDIFICIO?

El **mantenimiento de un edificio** es el conjunto de acciones periódicas y puntuales dirigidas a conservar la construcción en las mejores condiciones de uso, seguridad y apariencia posibles. En términos generales, el mantenimiento **previene el deterioro** del inmueble y corrige a tiempo los pequeños desperfectos derivados del uso y del paso del tiempo. Esto incluye actividades de **vigilancia, limpieza, reparación menor y mejora continua** de todos los elementos del edificio (estructura, fachadas, cubiertas, instalaciones, acabados, etc.). El objetivo principal es alargar la vida útil de la edificación, garantizando que siga siendo segura, habitable y funcional, y evitando que los problemas menores se agraven y den lugar a reparaciones mayores más costosas.

Dentro del mantenimiento podemos distinguir varios tipos de actuaciones: el **mantenimiento preventivo** (planificado de antemano para evitar fallos, como revisiones periódicas de la cubierta o la instalación eléctrica), el **mantenimiento correctivo** (intervenciones para reparar daños cuando ya han aparecido, como arreglar una gotera o sustituir una baldosa rota) e incluso el **mantenimiento predictivo** (seguimiento sistemático de ciertos indicadores para anticipar fallos, por ejemplo midiendo humedad en muros para actuar antes de que aparezca moho). En edificios modernos existe además el *Libro del Edificio* o plan de mantenimiento, donde se registra qué tareas realizar y con qué frecuencia.



En suma, mantener un edificio supone **cuidarlo de forma constante**, inspeccionándolo regularmente y atendiendo a sus necesidades de limpieza, ajuste y reparación. Un buen mantenimiento **evita la acumulación de daños** y asegura que la edificación conserve su valor y prestaciones con el tiempo. Por ejemplo, realizar pequeñas reparaciones (sellar

una fisura, limpiar canalones, sustituir una teja defectuosa) de manera oportuna previene problemas mayores como filtraciones graves o desprendimientos. Las comunidades de propietarios y empresas suelen programar estas tareas, y en muchos municipios es obligatoria la **Inspección Técnica de Edificios (ITE)** a cierto intervalo de años para verificar el adecuado estado de conservación.

10.2. DAÑOS Y DEFECTOS FRECUENTES

A lo largo de la vida de un edificio, pueden aparecer diversos **daños, patologías o desperfectos** debido al envejecimiento de los materiales, a defectos constructivos de origen, a la falta de mantenimiento o a agentes externos (agua, temperatura, cargas, etc.). Identificar a tiempo estos problemas es fundamental para poder repararlos antes de que comprometan la seguridad o provoquen deterioros mayores. A continuación, se describen los daños más frecuentes en edificaciones y sus características:

10.2.1. FISURAS Y GRIETAS

*Ejemplo de grieta vertical en el revestimiento de un muro. Las **grietas** suelen atravesar el material con mayor profundidad, mientras que las **fisuras** son más superficiales y finas.*

Las **fisuras** y **grietas** son lesiones en forma de abertura o fractura en elementos constructivos (muros, forjados, tabiques, etc.). Aunque a veces se usan ambos términos indistintamente, en construcción se suele diferenciar su magnitud y alcance. De forma general, una *fisura* es una **abertura pequeña y superficial**, que afecta solo a la capa más externa del material (por ejemplo, la capa de enlucido o pintura), sin comprometer el espesor total del elemento. Su anchura es reducida (peladuras o hendiduras finas, a menudo menores de 1 mm) y normalmente son de origen *no estructural* (dilataciones por cambios de temperatura, retracción del yeso al secar, pequeñas deformaciones). En cambio, una *grieta* es una abertura **más amplia y profunda**, que puede atravesar completamente el elemento o indicar una fractura significativa del material. Las grietas suelen ser más anchas, de varios milímetros o más, y potencialmente *estructurales*, es decir, pueden afectar la estabilidad o resistencia del elemento (por ejemplo, una grieta que atraviesa un muro de carga o una viga).



Las **causas** de fisuras y grietas son variadas. Algunas fisuras finas pueden deberse al *fragado o secado* de revestimientos (por ejemplo, fisuras en la pintura o el yeso por contracción) o a pequeños *asentamientos* iniciales del edificio. Suelen ser estéticas y no progresivas. Por otro lado, las grietas más preocupantes pueden originarse por **asentamientos diferenciales** del terreno (cuando cede la cimentación en una zona), por **sobrecargas** estructurales, por **vibraciones** o movimientos sísmicos, por corrosión de armaduras en el hormigón (que dilata y rompe el hormigón) o por la ausencia de juntas de dilatación en edificios largos, entre otras razones.

Para distinguir unas de otras conviene observar su *forma y evolución*: las fisuras superficiales típicamente forman un patrón de malla fina o aparecen en recubrimientos sin profundizar; en cambio las grietas atraviesan materiales (por ejemplo, atraviesan ladrillos, no solo la capa de yeso) e incluso pueden mostrar desplazamiento entre los bordes. **¿Cuándo preocuparse?** Si una grieta es ancha (más de 3-5 mm), larga, atraviesa elementos estructurales o crece con el tiempo, es necesario evaluarla con un técnico, ya que podría indicar un fallo estructural. En cambio, fisuras finas en revocos o pinturas pueden monitorizarse y simplemente repararse si no evolucionan.

Reparación: una fisura superficial suele repararse rellenándola con masilla o material flexible (ver sección 10.4.1) y repintando. Sin embargo, una grieta estructural exige primero **solucionar la causa** (reforzar la cimentación, aligerar cargas, coser la grieta con barillas, etc.) antes de sellarla, normalmente bajo la dirección de un especialista. En cualquier caso, es importante **vigilar** las fisuras y grietas: anotar su longitud y ancho en determinado momento, y revisarlas pasado un tiempo (se pueden colocar testigos de yeso o vidrio para comprobar si rompen de nuevo). Si permanecen estables (no crecen), se pueden considerar benignas; si aumentan, requieren intervención.

10.2.2. HUMEDADES

Las **humedades** en los edificios se manifiestan de distintas formas: manchas oscuras en paredes, aparición de moho, desprendimiento de pintura o yeso, olores a moho, e incluso goteras o charcos. Identificar el **origen de la humedad** es fundamental para su tratamiento, ya que puede provenir de diversas fuentes:

- **Humedad por filtración o infiltración:** Es la entrada de agua desde el exterior a través de la envolvente del edificio (fachadas, tejados, muros). Suele ocurrir por defectos en la impermeabilización o grietas en los cerramientos. Por ejemplo, una fachada fisurada o con sellados deficientes en ventanas permite que el agua de lluvia se filtre al interior, causando manchas y desprendimientos en la pared interna. Otra infiltración común es en sótanos, si la impermeabilización de muros enterrados o soleras es insuficiente, el agua del terreno penetra. Estas humedades se reconocen porque normalmente aparecen tras lluvias o en zonas específicas (manchas localizadas bajo una grieta en fachada, o cercanas al suelo en sótanos).

- **Humedad por condensación:** Es la que se produce cuando el vapor de agua del ambiente interior se condensa sobre superficies frías. Ocurre típicamente en invierno en viviendas con poca ventilación: el aire húmedo (de la respiración, duchas, cocina) choca con muros fríos o vidrios y forma gotas. Esto causa *manchas de moho negras* en esquinas de techos, cerca de ventanas, o detrás de muebles (donde el aire no circula). Se distingue porque suele aparecer en *patrones amplios* (no limitada a una grieta) y en las zonas más frías de la estancia. No implica una entrada de agua desde fuera, sino un exceso de humedad interna.
- **Humedad por capilaridad:** Propia de plantas bajas o muros en contacto con el terreno. Si falta una barrera impermeable en la base de los muros, el agua del suelo asciende por los poros del material (ladrillo, piedra) mediante *capilaridad*. Produce típicamente un *zócalo húmedo* en paredes de la planta baja, con la pintura hinchada o salitre (eflorescencias blancas) en la superficie. Suele subir hasta cierta altura (por ejemplo 1 metro) y causa degradación de revoques.
- **Humedad por fugas o roturas de instalaciones:** Provocada por una tubería averiada (agua potable, desagües) o filtraciones desde baños/cocinas superiores. Estas humedades aparecen en lugares específicos bajo tuberías o desagües: por ejemplo, una mancha circular en un techo justo debajo de un baño puede indicar una fuga en una tubería de desagüe o en la impermeabilización de la ducha. A veces el agua discurre y la mancha sale alejada de la rotura real. Suelen ir acompañadas de degradación rápida de la pintura o yeso y, si la fuga es continua, la zona permanece húmeda aun sin llover.



Consecuencias: La presencia de humedad prolongada en los materiales puede causar **moho** (hongos) que ennegrece las superficies y afecta la salubridad del ambiente, provocando malos olores y posibles alergias. También provoca la pérdida de cohesión de los materiales: la pintura se descascara, el yeso se ablanda y cae, la madera se pudre o hincha, y pueden oxidarse elementos metálicos. En muros de carga, la humedad constante reduce su capacidad mecánica con el tiempo. Además, las sales disueltas en el agua pueden cristalizar al evaporar y provocar eflorescencias o desconchados.

Tratamiento: Lo principal es **resolver la causa** de la humedad: si es una filtración desde fuera, habrá que reparar la impermeabilización (sellar la grieta en la fachada, sustituir tejas rotas, rehacer la tela asfáltica de la cubierta, etc.); si es condensación, mejorar la ventilación de la estancia (abrir ventanas regularmente, instalar extractores en baños o cocina) e incluso aislar térmicamente los muros fríos para elevar su temperatura superficial; si es capilaridad, se puede inyectar una barrera química en la base del muro o colocar un zócalo ventilado, entre otras soluciones especializadas; si es una fuga de tubería, obviamente repararla (cambiar el tramo dañado, reforzar juntas).

En paralelo a eliminar la causa, se debe **sanear y reparar** el elemento afectado: por ejemplo, limpiar el moho con lejía o fungicida, dejar secar bien la zona y reemplazar los revestimientos dañados (raspar pintura suelta, aplicar fijador en los casos de manchas para que no migren, reponer el yeso si se ha deshecho, etc.), luego repintar o reacabado la superficie. En exteriores con hongos o algas, se cepilla y aplica fungicida, y tras secar se pinta con pintura anti-humedad o transpirable según convenga. Es importante no solo tapar el efecto, sino haber atajado la entrada de agua o la causa raíz, de lo contrario el problema reaparecerá. Finalmente, conviene tomar medidas de **mantenimiento preventivo**: por ejemplo, limpiar canalones y bajantes para que el agua de lluvia no se desborde mojando paredes, repasar periódicamente el sellado de juntas (ventanas, encuentros de fachada) y no ignorar pequeñas señales de humedad incipiente. Así se evita que una humedad leve se convierta en un daño mayor.

10.2.3. DESPRENDIMIENTOS

Se denominan **desprendimientos** a la caída o separación espontánea de partes de los elementos constructivos. Esto puede incluir desde el desprendimiento de revestimientos (porciones de enfoscado o revoco de una fachada que se despegan y caen), hasta fragmentos de concreto en estructuras (cuando se produce desconchado y caída del recubrimiento de hormigón), o piezas como azulejos, baldosas e incluso elementos decorativos que se sueltan de su soporte. Los desprendimientos son patologías **peligrosas**, pues implican riesgo de caída de materiales desde altura o sobre personas y objetos.

Las causas suelen estar vinculadas a **falta de adherencia** o cohesión debido a deterioro. Por ejemplo, en fachadas antiguas es frecuente que el revestimiento de mortero se agarre mal con los años (por humedad que degrade el agarre, por movimientos térmicos, por heladas que fisuran, etc.) y acabe desprendiéndose placas enteras. Igualmente, los aplacados (piezas de piedra o cerámica adheridas en fachada) pueden caer si el adhesivo falla o si no tienen anclajes mecánicos suficientes, sobre todo tras ciclos de hielo-deshielo o vibraciones. En techos interiores, una mala aplicación del yeso en su día puede causar que con el tiempo “se desprenda el yeso del techo” en láminas. En estructuras de hormigón, cuando las armaduras metálicas internas se oxidan (por entrada de humedad con sales), el óxido las expande y rompe el recubrimiento de hormigón, que acaba saltando en fragmentos (se conoce como *spalling*), exponiendo la varilla.



Detección: Antes de caer, a veces el material presenta abombamientos, grietas o sonido hueco al golpearlo suavemente, lo que indica que está desprendido del soporte. Es importante en inspecciones de mantenimiento detectar estas señales. Un azulejo de fachada que suena hueco al percutir probablemente esté despegado. Un trozo de revoco abombado en un techo es candidato a caer.

Prevención y actuación: Al menor indicio, conviene actuar **retirando preventivamente** las partes sueltas (picándolas cuidadosamente) antes de que caigan de forma incontrolada. En fachadas, existen técnicas como **inyección de resinas o mortero fluido** tras la pieza desprendida para volver a fijarla si no se quiere retirar toda la zona, o el uso de *grapaspas* o anclajes adicionales para sujetar piezas sueltas. En cualquier caso, la zona

afectada suele requerir *reparación*. En estructuras, tras retirar el hormigón suelto, se trata la armadura corroída y se repara con mortero reparador estructural.

Hay que destacar que los desprendimientos en exteriores (cornisas, revestimientos de fachada) son especialmente críticos por seguridad pública. Por eso, las normativas de *Inspección Técnica de Edificios* obligan a revisarlos y reparar cualquier elemento con riesgo de caída. Un correcto mantenimiento (revisar y fijar elementos sueltos, impermeabilizar para evitar la humedad que provoca estos daños) es clave para evitar desprendimientos.

10.2.4. DETERIORO DE ACABADOS

Con el uso cotidiano y la exposición a los elementos, los **acabados** de un edificio tienden a desgastarse o deteriorarse. Bajo este epígrafe englobamos daños como: pintura descolorida o descascarada, revestimientos rallados o manchados, pavimentos desgastados, barnices o protectores de madera ya perdidos, oxidación de elementos metálicos vistos, entre otros. Aunque estos defectos no suelen implicar peligro estructural, sí afectan la *estética* y en ocasiones la *protección* que brinda el acabado, pudiendo preceder daños mayores (por ejemplo, si la pintura exterior impermeabilizante se descascara, la fachada queda expuesta a la humedad).

Ejemplos comunes de deterioro:

- **Pintura descascarillada:** Ocurre tanto en interior como exterior. En interiores, puede deberse a humedad en la pared (la pintura forma escamas y se cae) o a simplemente envejecimiento (pinturas muy antiguas que pierden adherencia). En fachadas, la radiación solar UV, la lluvia y la contaminación van degradando la pintura, que pierde color (se decolora) y finalmente se agrieta o pulveriza. Es frecuente ver en fachadas viejas parches donde la pintura ha saltado dejando ver el enfoscado. La solución es raspar las partes sueltas, imprimir y volver a pintar todo el paño para igualar el color.
- **Revestimientos agrietados o con fisuras:** Acabados de yeso o mortero que presentan fisuras por movimiento o retracción, lo cual es natural hasta cierto punto. Si solo es estético, se masillan y pintan. Si indican movimiento continuo, habrá que buscar la causa. En azulejos, las juntas agrietadas pueden indicar movimiento diferencial o asentamientos.
- **Desgaste de pavimentos:** En suelos muy transitados, los acabados sufren abrasión. Las baldosas cerámicas pueden perder el brillo o el esmaltado en las zonas de paso; en piedra o terrazo aparecen *huellas* o pulido diferencial; en parquet de madera surgen zonas sin barniz, rayones o decoloración donde da el sol. La reparación pasa por renovar el acabado superficial (repulido y barnizado en madera, cristalizado en mármol, encerado en terrazo, etc., o directamente reemplazar piezas muy dañadas).



- **Oxidación y corrosión leve:** Elementos metálicos expuestos (barandillas, rejas, elementos decorativos) pueden formar óxido superficial con la intemperie. Además de lo estético (manchas rojizas), si no se ataja puede avanzar la corrosión. El mantenimiento aquí implica lijar o cepillar el óxido y aplicar pinturas antióxido periódicamente.
- **Madera agrisada o podrida en superficie:** La madera en exteriores (ej. aleros, vigas vistas, cercas) con el sol y la lluvia pierde su capa protectora, se decolora (toma un tono grisáceo) e incluso se agrieta superficialmente. En sitios de mucha humedad puede aparecer podredumbre (madera blanda, de color oscuro, con hongos). Es necesario lijar las capas superficiales dañadas, tratar con fungicida si hay hongos, y aplicar de nuevo un protector o lasur para exteriores.



En general, el **mantenimiento de los acabados** consiste en tareas como: repintado periódico, limpieza adecuada (por ejemplo, chorreado suave en fachada de piedra para quitar costras de suciedad), renovación de sellantes (la silicona de los baños se cambia cuando está negra o despegada), resellado de juntas en fachadas, etc. Esto no solo mantiene la buena apariencia, sino que **protege el sustrato**. Un acabado en mal estado deja desprotegido el elemento constructivo: por ejemplo, si el impermeabilizante de cubierta está cuarteado, el agua penetrará; si el azulejo está saltado, la base se humedecerá.

Por ello, es importante no descuidar los acabados. Muchos de ellos tienen una vida útil limitada y requieren *reposición o rehabilitación cada cierto número de años*. Un plan de mantenimiento incluirá pintar fachadas cada cierto tiempo, barnizar maderas expuestas cada pocos años, revisar sellos anualmente, etc. Con estos cuidados, se logra que el edificio luzca en buen estado y se evitan reparaciones más costosas a largo plazo.

10.3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN REFORMAS

Al emprender una reforma es crucial considerar los **materiales** que se van a emplear, así como los materiales existentes en la construcción, para garantizar compatibilidad y durabilidad. En rehabilitación nos encontramos a menudo con una combinación de *materiales tradicionales* (propios de la época en que se construyó el edificio) y *materiales modernos o nuevos* que se incorporarán en las reparaciones o mejoras. A continuación, se revisan estos aspectos y las precauciones en su manejo en obra.

10.3.1. MATERIALES TRADICIONALES Y NUEVOS MATERIALES

En la construcción tradicional (hasta mediados del siglo XX aproximadamente), los edificios se levantaban con materiales como **piedra, ladrillo macizo, morteros de cal o cemento corriente, madera** en estructuras (vigas, forjados, carpinterías) y **tejas cerámicas** en cubiertas, entre otros. También eran comunes los revocos de cal en fachadas, yesos interiores, baldosas hidráulicas en suelos, azulejos cerámicos en baños, y barandillas o herrajes de forja. Estos materiales tienen propiedades particulares: por ejemplo, la cal es transpirable y relativamente flexible; la madera es resistente pero susceptible a la humedad y organismos; el ladrillo macizo y la piedra permiten la capilaridad de agua, etc.

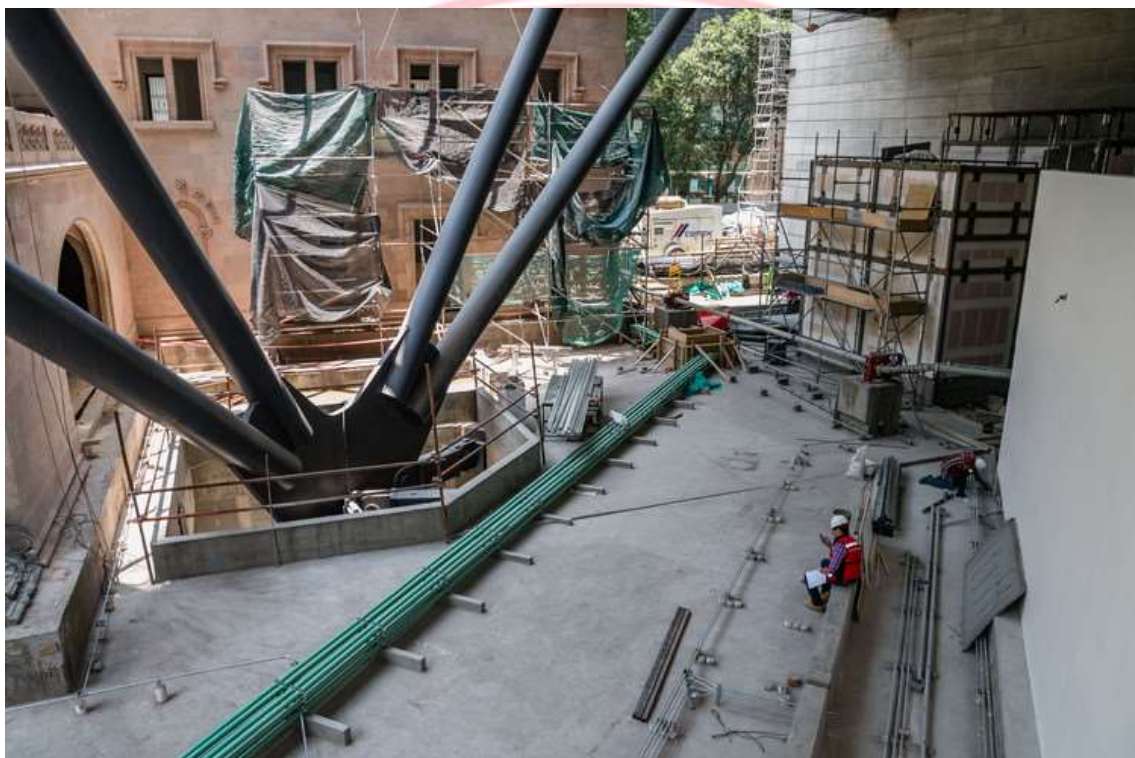
En la construcción moderna aparecen materiales **nuevos o industrializados**: el **hormigón armado** (con cemento Portland y acero) sustituyó muchas estructuras de muros de carga por pilares y vigas; el acero laminado se usa en cerchas, vigas y perfiles diversos; los **ladrillos huecos** y bloques de hormigón reemplazan al ladrillo macizo en muchos casos; surgen **materiales cerámicos y pétreos nuevos** (gres porcelánico, placas de cartón-yeso, paneles prefabricados); aislamientos térmicos sintéticos (poliestireno, poliuretano) en muros y cubiertas; **plásticos** en tuberías (PVC, polietileno) en lugar de plomo o hierro; pinturas sintéticas, adhesivos químicos, etc. También han surgido materiales de alta tecnología para rehabilitación, como las **fibras de carbono** para refuerzo estructural (bandas o tejidos que se adhieren a vigas o columnas para mejorar su resistencia) y morteros especiales de reparación, entre otros.

En una obra de reforma, por tanto, es habitual la **convivencia de materiales antiguos y nuevos**. Por ejemplo, al rehabilitar una casona de piedra, quizás se introduzcan vigas de acero para reforzar, o se aplicará un mortero moderno sobre uno antiguo. El profesional debe conocer las propiedades de ambos mundos: *cómo trabajan los materiales tradicionales* (muchos de ellos más flexibles y transpirables, pero menos resistentes) y



qué prestaciones ofrecen los nuevos materiales (suelen ser más resistentes o específicos, pero pueden comportarse de forma distinta).

A veces, en restauración de patrimonio, se opta por emplear **materiales iguales o similares a los originales** para respetar la técnica tradicional (por ejemplo, usar mortero de cal en vez de cemento para reconstruir un muro antiguo, o madera de características parecidas a la existente). En otros casos, se introducen materiales modernos por mejorar prestaciones (p.ej., instalar aislamiento térmico en una fachada antigua para mejorar confort, o usar resinas epoxi para inyectar una grieta y consolidarla, cosa que no existía antiguamente).



En cualquier caso, es fundamental seleccionar materiales de **buena calidad y adecuados al uso**. Para las reformas, se dispone en el mercado de una amplia gama: desde **materiales tradicionales actualizados** (como tejas cerámicas similares a las antiguas pero de fabricación moderna, ladrillos vistos, baldosas hidráulicas reproducidas) hasta **materiales contemporáneos** de alta eficiencia (paneles sándwich para cubierta, pinturas impermeables, membranas transpirables, etc.). La elección dependerá del proyecto: en ocasiones primará la estética original (y se elegirá un material tradicional), en otras la funcionalidad (y se optará por el moderno).

10.3.2. ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN EN OBRA

Durante las obras de reforma, es fundamental manejar correctamente los materiales de construcción, tanto para preservar su calidad antes de usarlos, como por seguridad en la obra y para minimizar pérdidas. Un *almacenamiento inadecuado* puede echar a perder

materiales (por ejemplo, sacos de cemento que se humedecen y fraguan antes de tiempo, placas de yeso que se comban, baldosas que se astillan por mala estiba). A continuación, se enumeran buenas prácticas de almacenamiento y manipulación:

- **Protección frente a la intemperie:** Muchos materiales deben almacenarse en lugar **seco y protegido de la lluvia**. El cemento, yeso, cal y otros conglomerantes en polvo vienen en sacos que, si cogen humedad, se endurecen formando terrones inutilizables. Por tanto, se almacenan en interior o en elevación sobre palés y cubiertos con lonas impermeables. Igualmente, las planchas de cartón-yeso (pladur) y paneles de madera (tableros, parquet) deben resguardarse de la lluvia y de ambientes muy húmedos para que no se deformen. La arena y grava para mortero idealmente se cubren con lonas si van a estar mucho tiempo acopiadas, así no se saturan de agua (lo que alteraría las dosificaciones al hacer la mezcla). Las pinturas, barnices y adhesivos conviene mantenerlos en envases bien cerrados y bajo techo, ya que la lluvia puede contaminar el contenido o arruinar los envases.
- **Apilado y ordenación segura:** Cada material tiene su forma de apilarse. Los ladrillos y bloques se pueden apilar en columnas estables (verificando que no queden inclinados). Las baldosas cerámicas y azulejos suelen venir en cajas; éstas se apilan hasta cierta altura prudente para que las de abajo no se rompan (consultar al proveedor, a veces recomiendan no más de X cajas de altura). Las placas de vidrio o ventanas deben almacenarse **verticalmente** en caballetes y aseguradas para que no vuelquen, nunca horizontalmente una sobre otra (podrían astillarse con su peso). Las barras de acero y perfiles largos es mejor dejarlos sobre apoyos separados (borriquetas, tacos) para que no toquen el suelo húmedo y para poder atarlos evitando rodaduras. Los sacos pesados (cemento, mortero) se apilan alternando capas cruzadas para dar estabilidad, y no muy alto (riesgo de derrumbe de la pila o difícil acceso). Siempre señalar los acopios grandes y mantener pasillos de circulación despejados.
- **Rotación y caducidad:** Algunos productos *caducan* o pierden propiedades con el tiempo, incluso almacenados correctamente. El cemento por ejemplo tiene una vida útil (indicada por el fabricante, típicamente pocos meses). Conviene usar primero los sacos más antiguos (rotación FIFO: first in, first out). Las siliconas, espumas de poliuretano, pinturas, etc., también tienen fecha de caducidad: verificar antes de usar que no esté vencida, pues podrían no fraguar bien. Si la obra se prolonga, controlar que los materiales almacenados mucho tiempo sigan en buen estado (no usar yeso apelmazado o aditivos cristalizados).
- **Manipulación y transporte interno:** Para evitar daños y agilizar el trabajo, usar los *medios adecuados* al mover materiales. Por ejemplo, para cargas pesadas en palés (ladrillos, azulejos, sacos) utilizar carretilla elevadora o transpaleta si es posible, o grúa-torre en obras grandes. En reformas pequeñas, una carretilla de mano es esencial para acarrear escombros y materiales. Las piezas delicadas (sanitarios, vidrios, encimeras) transportarlas entre dos personas o con carros especiales para no golpearlas. **Elementos largos** (tuberías, perfiles) hay que



manipularlos con cuidado de no engancharlos en cables o esquinas al girar, y usando guantes para evitar cortes. Al subir materiales a plantas altas, preferir montacargas o sistemas seguros en vez de lanzarlos o cargarlos por escaleras estrechas (peligro de caída de objetos o esfuerzos excesivos).

- **Condiciones de almacenaje específico:** Algunos materiales tienen requisitos particulares: las pinturas y productos químicos *no deben exponerse a temperaturas extremas*. Un almacén a la sombra para que no se recalienten (riesgo de explosión de aerosoles, o degradación) ni se congelen en invierno (una pintura a base de agua si se congela se arruina). Los cartuchos de sellador y similares conviene que no estén al sol directo antes de usar porque se pueden poner demasiado fluidos. Los equipos eléctricos o electrónicos (bombas, motores, luminarias) guardarlos en sus cajas hasta instalar para evitar polvo o golpes.
- **Seguridad y orden:** Un área de almacenaje ordenada reduce accidentes. No dejar clavos, alambres o escombros mezclados donde se almacenan cosas (podrían pinchar sacos o causar tropiezos). Señalizar pilas inestables con cinta para que nadie las toque hasta reordenarlas. Mantener las herramientas y materiales separados (un espacio para herramientas, otro para materiales, etc.). Y en la medida de lo posible, **limitar el stock** en obra: acopiar solo lo necesario para un período de trabajo, especialmente en sitios con poco espacio, así se evita el hacinamiento y el deterioro por largo tiempo en obra.



Resumiendo, el almacenaje correcto es parte de la buena gestión de la obra. Un material bien conservado desempeñará su función correctamente al usarse; uno maltratado o degradado puede ocasionar fallos en la ejecución (por ejemplo, cemento húmedo resultará en hormigón débil). Además, una obra ordenada refleja profesionalidad y cuida tanto los materiales como la seguridad del personal.

10.4. REPARACIONES SENCILLAS EN LA EDIFICACIÓN

En las labores de mantenimiento cotidiano de un edificio, muchas intervenciones son de pequeña escala y pueden ser ejecutadas por un albañil o técnico de mantenimiento con herramientas básicas. A continuación, se describen **reparaciones sencillas** típicas, con orientaciones generales sobre su procedimiento. Estas soluciones “menores” permiten corregir desperfectos habituales (grietas, piezas rotas, pequeños desconchados) sin necesidad de una obra de gran envergadura.

Nota: Siempre que se realice una reparación, especialmente en elementos estructurales o instalaciones, es importante asegurarse de que realmente se trata de un problema menor. Si durante la reparación se detecta que el daño es más serio (por ejemplo, una grieta que revela un problema estructural, o una humedad que proviene de una fuga mayor), se debe detener y consultar con un profesional especializado.

10.4.1. TAPADO DE GRIETAS Y FISURAS

Reparar **fisuras** en paredes o techos es una de las tareas más comunes. Cuando las grietas son *pequeñas y superficiales* (no comprometen la estructura), se pueden tapar para restaurar el aspecto liso de la superficie y evitar filtraciones de agua o entrada de suciedad. El proceso general es el siguiente:

- **Preparación de la grieta:** En primer lugar, se amplía ligeramente la fisura de forma controlada (paradójicamente, a veces hay que hacerla un poco más grande para repararla mejor). Con una espátula, rascador o cuchilla se *abre* la grieta eliminando material suelto de los bordes, hasta dejar los bordes firmes. Esto crea un hueco en forma de “V” o canaleta donde podrá adherirse el material de relleno. Si la fisura es muy fina pero superficial, basta con raspar en la superficie. Después, **limpiar** bien el polvo y restos del interior con un cepillo o brocha, e incluso aspirarlo o soplar, ya que el polvo impediría la adherencia del relleno. Si la zona está pintada con pintura brillante o hay grasa, conviene lijar o limpiar con un trapo húmedo ligeramente jabonoso y secar.
- **Relleno de la grieta:** Elegir un material de relleno adecuado según el caso. Para fisuras en interiores sobre yeso o cemento, se suele usar **masilla acrílica** o emplaste listo al uso (viene en pasta) si la abertura es pequeña, o bien **yeso/escayola** o masilla en polvo preparada con agua si es algo mayor. También existen selladores acrílicos o de poliuretano elásticos, útiles si la grieta podría moverse (por ejemplo, en encuentros de materiales distintos). En exteriores, conviene un mortero de reparación o masilla específica de fachada que resista agua. Aplicar el relleno con una **espátula** flexible, presionando para que entre hasta el fondo de la grieta. Si es profunda, es mejor hacerlo en **dos capas**: rellenar primero parcialmente, dejar secar, y luego acabar de rellenar al ras. Esto evita que al secar merme demasiado y quede hundido. En grietas más anchas (>3-4 mm), se puede incluso colocar una cinta o malla de fibra de vidrio sobre la grieta



en la primera mano de masilla, emparedándola con más masilla encima: esta malla actúa como armadura que evita que la fisura reabra (técnica común en pladur y en fisuras de techo). Nivelar bien la masilla con la espátula para que quede lisa con la superficie circundante.

- **Acabado final:** Dejar secar completamente el material de relleno el tiempo recomendado (puede ser desde minutos en acrílico hasta horas en yeso o días si es mortero grueso). Una vez seco, **lijar** suavemente la zona con papel de lija fino para eliminar excesos y dejar la superficie homogénea y sin bordes. Limpiar el polvo de lijado. Finalmente, aplicar la terminación que corresponda: generalmente *pintar* encima para que la reparación quede invisible. Si la pared tenía textura (por ejemplo, gotelé o revoque rugoso), habrá que reproducir esa textura en el parche antes de pintar, usando la técnica apropiada (masilla texturada, rodillo de esponja, etc.). Tras pintar todo el paño o al menos retocar la zona, la grieta reparada ya no se notará y la pared recupera su integridad visual.



Esta operación sencilla garantiza que las pequeñas fisuras no evolucionen ni afeen la superficie. **Precaución:** si una grieta reaparece tras haberla tapado, indica que hay movimiento activo – en tal caso no basta con volver a taparla, habría que estudiar por qué se mueve (dilataciones, asentamientos) y quizás usar materiales elásticos o soluciones estructurales.

En el caso de **grietas estructurales** (más grandes o en elementos portantes), su reparación ya no es “sencilla” y debe involucrar técnicas de refuerzo (ver 10.7.1). Pero para el mantenimiento rutinario, el tapado de grietas pequeñas en muros de cerramiento, ciellorrasos, juntas entre placas, etc., es una labor frecuente y necesaria para mantener la estética y evitar filtraciones.

10.4.2. SUSTITUCIÓN DE PIEZAS DAÑADAS (BALDOSAS, AZULEJOS, ETC.)

Otra reparación común es la **sustitución de una pieza de acabado rota** o en mal estado: por ejemplo, una baldosa de suelo quebrada, un azulejo de pared astillado, una teja partida, una loseta de falso techo deteriorada, etc. Reemplazar la pieza afecta asegura la continuidad del revestimiento sin tener que rehacerlo por completo. Aquí nos centraremos en baldosas/azulejos cerámicos como ejemplo típico:

- **Extracción de la pieza dañada:** Lo primero es retirar con cuidado la baldosa rota sin dañar las adyacentes. Se comienza eliminando el **rejuntado** alrededor de la pieza: con un rascador de juntas o herramienta similar se raspa y vacía la junta de cemento o masilla que la rodea, para separarla de las demás. Luego, se protege el contorno (por ejemplo, con cinta adhesiva sobre las baldosas vecinas para evitar rallarlas). Con un cincel y martillo se golpea en el centro de la baldosa rota para partirla en trozos más pequeños. Muchas veces se hace un agujero en el centro, y desde ahí se van levantando fragmentos hacia afuera. Es importante **golpear con cuidado** y en ángulo hacia el centro, para no hacer palanca contra las baldosas sanas. Se retiran todos los trozos de cerámica y se elimina también el adhesivo antiguo que quede en el suelo o muro (mortero cola). Este adhesivo viejo puede picarse con cincel hasta dejar la superficie limpia y suficientemente plana para colocar la baldosa nueva. Limpiar el polvo y restos.
- **Preparación de la nueva instalación:** Procurar tener una *pieza de repuesto* igual a la original (mismo modelo y calibre). En obras bien planificadas se guardan algunas baldosas/azulejos de la partida original precisamente para futuras reparaciones. Si no se tiene idéntica, elegir la más parecida posible. Antes de colocar, asegurarse de que la base donde irá está limpia, seca y ligeramente rugosa (si ha quedado muy lisa, conviene picar un poco o humedecer según el adhesivo a usar). Luego preparar el **adhesivo**: generalmente se emplea *cemento cola* (adhesivo cementoso en polvo que se mezcla con agua) para cerámica. Si la reparación es pequeña, existen colas en pasta listas al uso.
- **Colocación de la nueva pieza:** Aplicar el adhesivo en la superficie de asiento con una llana dentada (peine) creando un estriado uniforme. También se puede untar un poco al dorso de la baldosa (doble encolado) si es de gran tamaño. Colocar la baldosa nueva en su posición, alineándola con las juntas circundantes. Presionar firmemente y moverla ligeramente adelante-atrás para asentarla y que el adhesivo cubra bien. Colocar separadores (crucetas) en las juntas para respetar el mismo ancho de junta que tenía originalmente. Comprobar con una regla que la pieza queda *enrasada* con sus vecinas (ni más hundida ni sobresaliente). Si queda baja, añadir un poco más de adhesivo debajo; si queda alta, retirarla y quitar adhesivo sobrante. Limpiar cualquier resto de cemento cola que haya salido por los bordes antes de que se endurezca, usando esponja húmeda.
- **Rejuntado y acabado:** Dejar fraguar el adhesivo el tiempo recomendado (usualmente 24 horas sin pisar ni mojar). Una vez fija la baldosa, proceder a **rellenar la junta** alrededor con lechada o pasta de rejuntado (cemento para



juntas del color apropiado, mezclado con agua). Aplicarlo con una llana de goma presionando para que entre bien en la junta y quede compacta. Retirar excesos con esponja húmeda antes de que endurezca completamente. Limpiar la turbiedad que pueda quedar en la superficie de la baldosa tras un rato (pulir con paño seco). Finalmente, cuando todo ha secado, la nueva pieza debería integrarse casi imperceptiblemente con las antiguas, restaurando la continuidad del pavimento o alicatado. Se puede volver a usar la superficie normalmente.



Este procedimiento se aplica igualmente a azulejos en pared (cuidando que el adhesivo los sostenga sin deslizar) e incluso a piezas de otros materiales (piedra, mosaicos), adaptando el adhesivo según corresponda. **Precauciones:** usar gafas y guantes al retirar piezas rotas (saltan fragmentos cortantes), y si es en altura asegurar que nadie pase debajo. En caso de *tejas* en cubierta, la mecánica es similar: retirar la teja rota y colocar una nueva, respetando solapes; suele hacerse desde arriba con cuidado de no romper otras tejas pisándolas.

La sustitución puntual de piezas evita tener que rehacer superficies completas y es una solución muy eficaz en mantenimiento. Eso sí, es importante que la **causa de la rotura** esté controlada: si la baldosa se rompió por un golpe accidental, no hay mayor problema; pero si se fisuró por un movimiento del soporte (estructura deformada), podría volver a pasar, entonces quizá convenga revisar el apoyo o junta de dilatación.

10.4.3. REPARACIÓN DE PEQUEÑOS REVESTIMIENTOS

Aquí nos referimos a arreglar **zonas localizadas de revestimientos** continuos que se hayan dañado. Puede ser un desconchado en el enlucido de yeso de una pared, un trozo de revoco de mortero en fachada que cayó, una sección de enfoscado en mal estado, etc. Son reparaciones *parciales* de superficies, sin tener que rehacer todo el paramento.

Un ejemplo típico: **reparar un desconchón en una pared interior de yeso** (por humedad o golpe). Procedimiento:

1. **Sanear la zona dañada:** con una espátula o piqueta se eliminan todos los fragmentos sueltos o blandos de yeso alrededor del desconchón, hasta llegar a bordes firmes (material que esté bien adherido). Si la causa fue humedad, asegurarse de que la zona esté seca antes de reparar, sino volverá a fallar. Cepillar para quitar polvo.
2. **Imprimación (si necesaria):** si el soporte expuesto es muy liso o absorbente (por ejemplo, ladrillo o bloque poroso tras quitar el revoque), conviene aplicar una imprimación de puente de unión o simplemente humedecer ligeramente con agua el fondo, para mejorar la adherencia del nuevo mortero o yeso y evitar que seque demasiado rápido.
3. **Relleno del hueco:** preparar una pequeña cantidad de mortero u otro material de reparación. Si era yeso lo original, se puede usar yeso controladamente (recordando que fragua muy rápido) o un emplaste de relleno. Si es un enfoscado de cemento en exterior, preparar mortero de cemento y arena similar. Aplicar el material con llana o espátula rellenando el hueco hasta un poco enrasado con la superficie circundante. En capas profundas, es mejor hacerlo en **varias capas** finas que en una gruesa (especialmente con yeso, que si se pone muy grueso puede agrietar al fraguar). Cada capa se deja tirar un poco (parcialmente endurecer) antes de poner la siguiente, para evitar descuelgue. La última capa se extiende al ras con el plano de la pared, intentando imitar la textura: si la pared era lisa, alisar; si era rugosa, dar ese acabado (con esponja, con llana madera, etc.).
4. **Curado y acabado:** dejar secar o fraguar. El yeso fragua en minutos, pero mejor esperar a que seque (cambie de color a blanco) antes de lijar o pintar. Un mortero de cemento requiere humedecerlo un par de días para que cure bien si es exterior (curado húmedo, rociar agua para que fragüe sin fisurar). Una vez firme, se **lija o raspa** ligeramente para afinar la unión con lo viejo. Finalmente, pintar o revestir encima para que no se note. Si el desconchón estaba en una pared pintada, habrá que repintar ese paño; si en una fachada revocada, quizá convenga pintar todo el paño reparado para igualar el color.

Otro caso: **reparar un agujero** (por ejemplo, tras quitar un taco o un dispositivo en la pared). Similar: se rellena con masilla o yeso el hueco, enrasando, se lija y pinta.





En exteriores, supongamos **pequeña reparación de mortero monocapa o enfoscado de fachada**: se pica lo suelto, se coloca mortero de reparación (si es monocapa del mismo color, a veces se guardan sacos del mismo lote; si no, se repara con mortero y luego se pinta toda la fachada, porque es difícil igualar color en parches). Se aplica reproduciendo el acabado (fratasado, raspado, etc.) y se deja listo.

Consideraciones: En estas reparaciones parciales, lograr que el parche no se note mucho depende de la *pericia* en igualar la textura y color con lo existente. A veces es inevitable que recién hecho se note ligeramente (sobre todo en fachadas viejas donde lo nuevo destaca), pero con el tiempo se homogeniza. En cualquier caso, desde el punto de vista funcional, lo importante es que **recupera la continuidad** del revestimiento, protegiendo de nuevo la superficie subyacente.

Por último, mencionar la **seguridad**: al picar revocos, usar gafas y casco (si es en techo), pues pueden caer trozos. Y si el área dañada es grande o se extiende mucho, tal vez conviene replantear si es una “pequeña reparación” o ya amerita reponer el revestimiento completo.

10.4.4. ENLUCIDOS, ENFOSCADOS Y REMATES BÁSICOS

En las reformas menores a veces hay que ejecutar **pequeños trabajos de albañilería** tradicionales como hacer un enlucido de yeso en una pared, recrecer con un enfoscado de mortero una esquina, o rematar encuentros. Aunque en capítulos previos se desarrollaron a fondo estos procesos, aquí los recordamos en contexto de reparaciones puntuales:

- **Enlucido de yeso (en interior):** Consiste en aplicar una capa fina de yeso (de 1 a 3 mm) sobre una superficie para dejarla lisa y lista para pintar. En una reparación, se puede necesitar enlucir por ejemplo una pequeña zona de pared tras haber reparado una roza de instalaciones o reemplazado azulejos por pintura. Para ello, se prepara yeso de construcción (yeso control) mezclado con agua en una gaveta, se extiende con llana metálica sobre la



zona a alisar, presionando para que se adhiera. Se van dando pasadas hasta que empieza a endurecer (el yeso fragua rápido, en unos 10 minutos comienza a tirar), en ese punto se puede *regar ligeramente con agua y pasar la llana* para cerrarlo y alisar completamente. El yeso bien aplicado deja la pared totalmente lisa y blanca al secar. Requiere algo de práctica pero en pequeñas zonas se puede lograr un acabado aceptable, que luego se pinta. Es importante mezclar cantidades pequeñas que puedas aplicar antes de que fragüe en el bote.

- **Enfoscado de mortero (en exterior o base interior):** Un enfoscado es una capa de mortero de cemento o cal, de espesor mayor (de 1 a 2 cm), que sirve para nivelar o dar resistencia a un paramento. Por ejemplo, al tapar un hueco grande en una pared, primero se rellena con trozos de ladrillo y un enfoscado basto de cemento antes de enlucir; o en una fachada se repara un socavón aplicando mortero. La técnica a pequeña escala: preparar mortero (mezcla de cemento, arena y agua, posiblemente con algo de cal si se quiere más manejable), lanzarlo o aplicarlo con llana sobre la pared rascada, aplastándolo hasta lograr planar. Si se requiere, se coloca una malla metálica de gallinero fijada con clavos alrededor del hueco para que el mortero agarre mejor (actúa de armadura). Se regla la superficie con una regla para dejarlo uniforme con lo existente. Luego se puede fratasar (frotar con llana de madera o esponja para darle textura homogénea). Una vez fraguado (varias horas), el enfoscado da una base sólida. Dependiendo del acabado final deseado, podría dejarse así (por ejemplo, enfoscado visto en un sótano) o recibir luego un revoco fino o pintura.
- **Remates básicos:** Se refiere a acabar correctamente las uniones y encuentros de diferentes planos o materiales. Por ejemplo:
 - Remate de una *esquina o arista*: si en una reforma se ha roto la arista de un pilar o muro, se reconstruye con mortero o yeso y se suele colocar una **escuadra o cantonera metálica** empotrada para reforzarla, luego se enlucce encima dejando la esquina recta y protegida.
 - Remate en *encuentros de pared y techo*: tras reparaciones puede haber huecos en la junta; se rellena con masilla acrílica para un acabado limpio (o se coloca moldura si es decoración).
 - Remate entre *marcos y obra*: por ejemplo, cambiar una ventana deja un espacio perimetral entre el marco nuevo y la pared. Ese espacio se rellena con espuma de poliuretano (aisla y fija) y luego se enlucce o tapa con tiras de yeso o madera, para un acabado estético.
 - Terminación de *rozas*: si se hicieron regatas para pasar cables, tras taparlas con mortero se enlucce y lija para que no se note bajo la pintura.
 - Pequeños *solapes* entre materiales: por ejemplo, donde un alicatado termina y comienza la pared pintada, se debe dejar un borde recto y



sellado; a veces se coloca una cenefa o perfil, o simplemente se lija el canto del mortero y se pinta con cuidado.

Estos remates aunque sencillos en teoría, marcan la diferencia en la apariencia final. Un mal remate deja esquinas torcidas, juntas agrietadas o huecos antiestéticos. Por ello, el albañil cuidadoso dedica tiempo a estos detalles: *aplomar* bien los rincones, *nivelar* las superficies, recortar excedentes de mortero, etc. Herramientas útiles incluyen la **llana pequeña**, la **cuchara de albañil**, reglas, esponjas para texturas, perfiles de acabado, etc.

En resumen, las técnicas de enlucido y enfoscado a pequeña escala permiten dejar “como nuevo” un paño de pared o techo tras una intervención. Mantener la coherencia con las superficies adyacentes (mismo espesor, misma alineación) es esencial para que el parche pase inadvertido. Estas habilidades forman parte del repertorio básico de cualquier operario de mantenimiento en edificación.

10.4.5. SELLADO DE JUNTAS Y OTROS REMATES DE ESTANQUEIDAD

El **sellado de juntas** es otra tarea rutinaria en el mantenimiento y pequeñas reformas. Consiste en rellenar con un material elástico o masilla las uniones, huecos o juntas entre elementos para evitar filtraciones de agua o aire, y para absorber movimientos. Ejemplos típicos: juntas entre sanitarios y paredes, entre encimera y azulejos, alrededor de ventanas y puertas, grietas entre distintas partes de fachadas, juntas de dilatación en pavimentos, etc. Con el tiempo, los sellantes (como siliconas) pueden desprenderse, agrietarse o enmohecer, requiriendo renovación.

Procedimiento general para resellado de una junta (ej: junta de bañera o ventana):

- **Retirada del sellante viejo:** Con una cuchilla o cúter se corta y se quita todo resto de la silicona o masilla antigua en la junta. Hay que procurar *limpiar bien* la ranura, eliminando también moho, polvo y grasa en las superficies. Se puede usar alcohol o un limpiador específico para que quede limpio y seco.
- **Elección del sellador adecuado:** Existen varios tipos de selladores comerciales. Los más comunes:
 - **Silicona acética** (olor a vinagre): ideal para baños y cocinas, muy adherente a azulejos, vidrio y porcelana, y resistente al agua (muchas incluyen fungicida anti-moho). No se puede pintar encima.
 - **Silicona neutra:** buena para materiales metálicos o cementosos donde la acética podría corroer; también resistente a intemperie.
 - **Sellador acrílico:** apto para juntas en interior que luego se pintarán (por ejemplo, entre pared y moldura de escayola), ya que son pintables. No tan elásticos para zonas muy móviles ni tan impermeables.
 - **Poliuretano/MS polímero:** muy resistentes y elásticos, para exteriores, juntas de fachada, pavimentos, etc., incluso sumergidos. Son pintables y de alta adherencia. Cada junta requerirá uno: por ejemplo, para la junta

de una bañera se usa silicona sanitaria; para una junta de dilatación en hormigón en fachada, un poliuretano.

- **Aplicación del sellador:** Se coloca el cartucho en la **pistola calafatera** (pistola de silicona). Se puede cubrir los bordes de la junta con cinta de carroceros para un acabado más limpio (sobre todo en juntas visibles en encimeras, vidrio, etc.). Luego se corta la cánula del cartucho en diagonal del grosor adecuado y se introduce en la junta apretando el gatillo para extruir el sellador uniformemente. Conviene avanzar despacio, manteniendo flujo constante para que llene la junta sin huecos. Tras aplicarlo, alisar inmediatamente la superficie del cordón de sellador con el dedo mojado en agua jabonosa o con una espátula curva especial (en silicona, el agua jabonosa evita que se pegue al dedo y deja un acabado liso). Retirar las cintas de enmascarar antes de que seque, con cuidado. Dejar secar el tiempo indicado (la silicona cura aprox. 24h para resistir bien agua).
- **Revisión:** Chequear que el sellado quedó continuo, sin burbujas ni interrupciones. Un buen sellado mostrará una junta cóncava uniforme. Si algo quedó mal, es mejor retirarlo antes de que cure completamente y repetir.



Aplicaciones concretas:

- *Juntas sanitarias (bañeras, lavabos):* es vital sellarlas para que el agua no se cuele detrás de los aparatos y cause humedades ocultas. La silicona en estas juntas debe revisarse cada cierto tiempo, pues con hongos o desgaste pierde eficacia; se retira y pone nueva si es el caso.
- *Juntas de ventanas y puertas exteriores:* Con el tiempo, el sellado perimetral entre marco y obra puede agrietarse, permitiendo filtraciones de aire y agua. Reponerlo con sellador flexible (neutro o poliuretano) mejora la estanqueidad y aislamiento.

- *Juntas de dilatación en fachada o suelo:* Son cortes intencionales en elementos extensos para permitir movimiento. Se rellenan con masilla elástica especial. Si se agrietan, hay que rehacerlas porque si no, la lluvia puede penetrar por ellas.
- *Grietas activas:* A veces, en lugar de enlucir rígidamente una grieta que aún podría moverse, se opta por sellarla con un material flexible que tolere aperturas/cierres. Por ejemplo, una grieta leve en la unión de un porche con la casa puede sellarse con poliuretano cada pocos años si es reincidente, evitando que entre agua, en vez de taparla con cemento que volvería a fisurar.

En **remates de estanqueidad** también incluimos acciones como: reponer el tapajuntas de chimenea, sellar con masilla betuminosa un punto de unión en la tela asfáltica, colocar espumas de poliuretano para rellenar huecos de paso de instalaciones (luego recortando el sobrante y protegiendo del sol porque la espuma se degrada si queda expuesta). La idea general es que *ningún hueco quede sin rellenar* si por él puede entrar agua, aire indeseado, o causar puentes térmicos/acústicos.

En conclusión, el sellado de juntas es una tarea menor pero de gran importancia para garantizar la **estanqueidad y acabado** de muchos puntos del edificio. Requiere cierta destreza manual para un resultado prolijo. Forma parte del mantenimiento preventivo inspeccionar periódicamente las juntas críticas (baños, ventanas, cubiertas) y re-sellarlas cuando muestren deterioro, evitando así filtraciones que luego provoquen daños mayores en elementos constructivos adyacentes.

10.5. INSTALACIONES Y SISTEMAS AUXILIARES EN REHABILITACIÓN

Cuando se lleva a cabo una reforma en un edificio, no solo intervienen los elementos constructivos *pasivos* (muros, suelos, acabados), sino que a menudo hay que tratar con las **instalaciones** activas del edificio (electricidad, fontanería, climatización, etc.) y con diversos sistemas auxiliares necesarios para ejecutar la obra o incorporar nuevos elementos. Es importante tener en cuenta estos aspectos para garantizar que la reforma no perjudique las instalaciones existentes, que las nuevas instalaciones se integren correctamente, y que se dispongan los apoyos y medios auxiliares adecuados durante la obra. En esta sección veremos: la consideración de elementos eléctricos y de fontanería en reformas sencillas, el uso de sujeciones y pequeñas estructuras metálicas de apoyo, y la imprescindible coordinación con los gremios de instalaciones técnicas.

10.5.1. ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y DE FONTANERÍA

Instalaciones eléctricas y de fontanería son dos de los sistemas fundamentales en cualquier edificio, y en una reforma suelen verse afectadas de alguna manera: ya sea porque hay que modificarlas (mover un enchufe, añadir un punto de luz, cambiar una tubería) o simplemente porque hay que protegerlas para no dañarlas durante los trabajos. Algunos puntos clave:



- **Localización de conducciones existentes:** Antes de picar una pared o perforar un techo, se debe tener claro por dónde pasan los **cables eléctricos** y las **tuberías** de agua o gas, para evitar romperlos accidentalmente. En mantenimiento, suele haber planos o se conoce la instalación; si no, se pueden usar detectores (hay dispositivos que detectan cables eléctricos activos o tuberías metálicas en muros). Por ejemplo, al colgar un mueble en la cocina conviene comprobar que no se taladra justo donde sube un tubo de agua. Una avería frecuente en reformas improvisadas es perforar una tubería empotrada, causando una fuga.
- **Pequeñas modificaciones eléctricas:** En obras menores, a veces el propio albañil realiza tareas simples como desplazar un enchufe unos centímetros (por ejemplo, mover caja, prolongar cable), cambiar un interruptor, etc. Sin embargo, legalmente los trabajos eléctricos deben hacerlos instaladores cualificados si implican alterar la instalación fija. Para efectos prácticos, en una reforma se puede planificar con un **electricista** de confianza esos cambios: abrir las rozas necesarias (el albañil las hace), pasar los tubos corrugados y cables nuevos (lo hace o supervisa el electricista), fijar las nuevas cajas, y luego el albañil cierra las rozas y deja todo preparado. Similar con fontanería: si hay que **sustituir una sección de tubería** (por corrosión, fuga) o modificar la trayectoria (añadir un radiador, mover una toma), lo adecuado es que un fontanero certificado lo realice, mientras el albañil apoya abriendo huecos en muros o suelos y luego restaurándolos.
- **Cortes de suministro y seguridad:** Antes de intervenir en cualquier elemento de estas instalaciones, **desconectar** y asegurar. Para electricidad: cortar la corriente del circuito afectado (bajar el automático correspondiente en el cuadro) e incluso usar indicadores de tensión para verificar que no llega corriente a un cable antes de manipularlo. Para fontanería: cerrar la llave de paso general o la de zona para evitar inundaciones al seccionar un tubo. Parece obvio, pero nunca debe olvidarse por prisa. Además, usar herramientas adecuadas: un taladro con

detección de tensión o al menos taladrar con precaución, y equipo de protección (guantes dieléctricos si procede, etc.).




- **Integración de las instalaciones en la obra acabada:** En una reforma suele haber que rehacer los pasos de instalaciones por los elementos contruidos. Por ejemplo, si se levanta un tabique nuevo, habrá que prever huecos o tubos corrugados dentro para pasar los cables eléctricos a enchufes e interruptores; si se coloca un falso techo registrable, facilita pasar tuberías o conductos de aire nuevos. En reformas pequeñas: si se cambia la distribución de un baño, habrá que cambiar la fontanería de desagües y tomas, requiriendo hacer rozas en suelo/muros y luego taparlas. **Coordinación:** el albañil no debe cerrar ninguna pared hasta que el electricista y fontanero hayan terminado de colocar sus tubos y realizado pruebas (por ejemplo, probar estanqueidad de tubería antes de cerrar). Una vez todo en su sitio, se entierra con mortero o yeso y se acaba superficialmente.
- **Respeto a normativa y funcionalidad:** Aunque sea una obra menor, cualquier modificación debe mantener la seguridad: no sobrecargar circuitos eléctricos (si se añaden muchos enchufes, quizá hay que separar circuitos), no ocultar empalmes fuera de cajas de registro (riesgo de incendios), usar cables de la sección adecuada, tuberías apropiadas (agua fría vs caliente, etc.), pendientes correctas en desagües para que no haya atascos, y dejar registros accesibles. A veces el entusiasmo por “tapar todo” en la reforma hace que se cubran cajas de registro o llaves de paso; eso es un error, siempre deben quedar accesibles (quizá con una tapa discreta pintada).

En síntesis, el personal de obra debe trabajar de la mano con los instaladores. Para pequeñas cosas, al menos tener conocimientos básicos: por ejemplo, saber conectar un enchufe o reparar un grifo que gotea es útil en mantenimiento, pero hay que conocer los límites y saber cuándo llamar al especialista. Sobre todo, **no improvisar** soluciones inseguras (como empalmes sin cajetín, o arreglos provisionales que quedan definitivos). Una reforma bien hecha integra las instalaciones de forma segura y funcional, muchas veces aprovechando para actualizarlas: es común que, ya metidos en obra, el cliente decida cambiar tuberías antiguas de hierro por PVC o multicapa, o renovar el cuadro eléctrico si era obsoleto, etc., pues es más fácil hacerlo con las paredes abiertas. Así se evita tener que romper de nuevo en el futuro por una avería en una instalación vieja.

10.5.2. SUJECIONES, ANCLAJES Y ESTRUCTURAS METÁLICAS LIGERAS

En las reformas, muchas veces necesitamos **fixar elementos nuevos** a la estructura existente o **reforzar temporalmente** partes de la construcción mientras trabajamos. Aquí entran en juego las *sujeciones* y *anclajes*: desde un simple taco para colgar algo, hasta anclajes químicos para sostener una viga, y también pequeñas estructuras metálicas de soporte o montaje. Además, el uso de **andamios y apuntalamientos** (estructuras provisionales) suele ser necesario en ciertos trabajos. Veamos distintos escenarios:



- **Tacos y fijaciones ligeras:** Para colgar o sujetar instalaciones o acabados, se emplean tacos de plástico con tornillos, taco químico, etc. Por ejemplo, al reinstalar muebles de cocina o sujetar un radiador a una pared, hay que elegir el taco adecuado en diámetro y longitud según el material base (no es lo mismo taco para hormigón que para tabique hueco). En reformas se descubren a veces fijaciones mal hechas (tacos flojos en paredes huecas que acaban cediendo); conviene sustituirlos por anclajes específicos para hueco (tipo paraguas o químico con tamiz). Otro caso: fijar perfiles de aluminio para un falso techo o un tabique seco requiere muchos pequeños anclajes al forjado o muro, asegurando la estabilidad. La calidad de estas sujeciones ligeras influye en la durabilidad de lo instalado.
- **Anclajes estructurales puntuales:** Si la reforma incluye añadir algún elemento resistente, como una **viga metálica auxiliar**, un **perfil IPN** para reforzar una apertura, o placas para reforzar una grieta, se necesitan *anclajes metálicos* al soporte (pared, pilar, etc.). Aquí se usan pernos de expansión (tipo *taco hilti*), varillas roscadas con resina epoxi (anclaje químico), estribos atornillados, etc. Por ejemplo, al abrir un hueco en un muro para poner una puerta nueva, se coloca un dintel metálico; ese dintel debe anclarse firmemente a la fábrica en sus extremos mediante pernos metálicos largos en taladros rellenos de resina, garantizando que soporta el peso. Estos anclajes deben dimensionarse y ejecutarse siguiendo especificaciones técnicas (profundidad de empotramiento, limpieza del agujero, tiempos de fraguado de la resina, apriete del perno). Un mal anclaje puede fallar y causar desprendimientos o colapsos del elemento añadido.
- **Estructuras metálicas ligeras permanentes:** A veces se incorporan soluciones constructivas basadas en perfiles de acero delgados: por ejemplo, la subestructura de un falso techo de placas es una retícula de perfiles galvanizados; un tabique de cartón-yeso se monta sobre una estructura de montantes y canales de chapa; si se hace un altillo, puede ser con vigas doble T pequeñas; o la instalación de un nuevo toldo o marquesina implica colgar perfiles metálicos de la fachada. En todos estos casos hay que asegurarse de que la estructura metálica esté bien **dimensionada, fijada y alineada**. Normalmente vienen kits o sistemas modulares con indicaciones (separación de montantes, puntos de anclaje cada X cm, etc.). El operario debe seguir esas pautas para que

la estructura no se tambalee ni se deforme con cargas normales. Por ejemplo, un marco metálico para una puerta corredera en tabique seco debe atornillarse al suelo y al techo con suficientes puntos para quedar rígido.

- **Apuntalamientos y sopandas:** En obras de reforma estructural (como abrir huecos en muros de carga, cambiar pilares, reparar vigas dañadas), es imprescindible colocar **apuntalamientos provisionales**: elementos metálicos como los puntales telescópicos (“borriquetas” o “puntales”) para sostener cargas mientras se sustituye algo. Por ejemplo, al abrir un hueco en un muro, se ponen puntales con vigas de repartición (sopandas) para sujetar el muro de arriba antes de quitar la parte inferior. Estos puntales son estructuras auxiliares temporales, pero vitales para la seguridad. Deben posicionarse según cálculo (cada cierta distancia, en buen terreno firme) y asegurarse que nadie los mueve hasta terminar la tarea y colocar la estructura definitiva. Igualmente, si se detecta una viga muy fisurada que preocupa, se puede apechar con un perfil metálico y puntales como apoyo extra mientras se planifica la reparación.
- **Andamios y medios de elevación:** Para trabajos en altura en rehabilitación (fachadas, techos altos), se utilizan **andamios metálicos** modulares, borriquetas, torres móviles, o sistemas colgantes (góndolas, líneas de vida). Estos son *estructuras auxiliares metálicas* de montaje temporal. Montar un andamio requiere seguir la configuración homologada: bases niveladas, diagonales colocadas, plataformas aseguradas, barandillas de protección, anclajes al edificio a cada cierta altura, etc. Aunque en una obra pequeña tal vez solo se use una escalera o un andamio simple, es crucial armarlo bien para evitar caídas. El metal galvanizado de los andamios ofrece resistencia, pero solo si todas las piezas (marcos, pasadores, diagonales) se usan correctamente.



En conclusión, las sujeciones y pequeñas estructuras metálicas son las “conexiones” que hacen posible integrar lo nuevo con lo viejo en una reforma. Su correcta elección e instalación determinan la **solidez y seguridad** del resultado. Siempre es mejor sobredimensionar un poco (por ejemplo, poner un anclaje extra si se duda) que quedarse corto. Y seguir las indicaciones técnicas (par de apriete, tiempo de curado de un químico, etc.). El operario de mantenimiento no siempre realizará todos estos anclajes especializados (a veces los hace un especialista), pero debe conocer su importancia y velar porque estén bien hechos en la obra que coordina.

10.5.3. COORDINACIÓN CON INSTALACIONES TÉCNICAS

La **coordinación con los gremios de instalaciones** (electricidad, fontanería, climatización, gas, telecomunicaciones, etc.) es esencial en cualquier reforma integral. Cada uno de estos sistemas tiene sus profesionales y sus requerimientos específicos, y sus trabajos a menudo se solapan con los de albañilería. Una buena planificación conjunta evita interferencias, retrasos y problemas posteriores. Aspectos a destacar:

- **Secuencia lógica de trabajos:** En una reforma típica, primero se realizan las demoliciones y obras de obra gruesa, luego las instalaciones “*empotradas*” (antes de cerrar paredes o suelos), y finalmente los acabados. Por ejemplo, en rehabilitar un baño: se demuele el alicatado viejo, luego el fontanero modifica tuberías de agua/desagüe según el nuevo diseño, el electricista pasa cables para enchufes/luz/espejo, después el albañil cierra rozas y coloca nuevos azulejos, y finalmente el electricista instala los aparatos y el fontanero los sanitarios. Si no se respetara este orden, podría pasar que se alicatara y luego hubiera que romper porque faltó un tubo. **Coordinar tiempos** significa que cada oficio entre a su debido momento.
- **Reuniones de coordinación:** En obras de cierta envergadura, el encargado o jefe de obra debe reunir a los distintos gremios (albañiles, fontaneros, electricistas, HVAC, carpinteros) para planificar las *intervenciones simultáneas o consecutivas*. Se define qué necesita cada uno: p.ej., el fontanero dice dónde necesita que se abran canales en paredes, el electricista dónde cajas; el albañil programa hacerlo y avisa cuando esté listo; luego los instaladores colocan, y avisan al albañil para tapar. Esta comunicación fluida previene malentendidos. Incluso en una reforma pequeña, aunque no haya reuniones formales, es bueno que el albañil y el fontanero/electricista hablen antes de empezar: “¿por dónde vas a pasar el tubo? Te dejo aquí un hueco.”, “Oye, no cierres este falso techo aún que tengo que colgar el extractor.”, etc.
- **Respeto de espacios y trazados:** Cada instalación ocupa un espacio físico: tuberías gruesas requieren huecos en suelo o pared, conductos de aire pueden requerir bajar un techo, cableados necesitan sus rozas o canales. El diseño de la reforma debe contemplar esos *espacios técnicos*. Por ejemplo, si se va a poner aire acondicionado por conductos en un piso que antes no tenía, habrá que planear falsos techos o armarios técnicos para esconderlos. Esto se coordina entre el proyectista, el instalador y el constructor. En obra, implica que el albañil no coloque, digamos, un refuerzo donde luego iba a pasar un tubo, o que el yesero deje registros accesibles donde van válvulas. Una frase común: “que lo último que se cierra es lo de instalaciones”, para poder ajustar hasta el final.
- **Solapes de trabajo en diferentes zonas:** En algunos casos, distintos gremios pueden trabajar en paralelo si no se estorban. Por ejemplo, mientras los albañiles levantan un tabique en una habitación, los electricistas pueden estar cableando otra zona ya terminada estructuralmente. Pero hay fases conflictivas: durante el solado (colocación de piso) conviene que no entren otros gremios para no pisar



fresco. O cuando se hace la prueba de estanqueidad de las tuberías, todos atentos y sin cubrir nada hasta verificar que no hay fugas. La coordinación es en parte *temporal* (cuándo entra cada uno) y en parte *espacial* (dónde está cada uno en cada momento).

- **Supervisión cruzada:** Un beneficio de la coordinación es que cada gremio puede alertar de posibles problemas de otro desde su experiencia. Por ejemplo, un buen albañil se dará cuenta si el fontanero dejó una pendiente insuficiente en un desagüe, y se lo dirá para corregir antes de tapar; o el fontanero notará si la caja eléctrica quedó demasiado cerca de una tubería de agua (potencial humedad) y sugerirá reubicarla. Este diálogo mejora la ...Continuación...



La **supervisión cruzada** entre oficios también es valiosa: cada especialista puede detectar y comunicar posibles conflictos o errores antes de que se materialicen (por ejemplo, el fontanero avisa si ve que un tabique no deja espacio suficiente para una tubería, o el electricista sugiere pasar cables antes de que el yesero cierre un techo). En resumen, una coordinación eficiente se traduce en menos errores, menos retrabajos y un resultado final de mayor calidad. Por ello, en reformas bien organizadas suele haber un **encargado o jefe de obra** que actúa de *director de orquesta* coordinando a todos los gremios. Incluso en obras pequeñas, es vital mantener comunicación constante entre los diferentes profesionales. Trabajar en equipo y planificar conjuntamente asegura que la reforma integre correctamente todas las instalaciones y elementos sin sorpresas desagradables al final.

10.6. TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS APLICADAS A LA REHABILITACIÓN

En las reformas y rehabilitaciones de edificios se aplican técnicas constructivas específicas orientadas a **restaurar, reforzar o modernizar** la construcción existente. Son métodos distintos a los de obra nueva, ya que se trabaja sobre elementos que ya están allí, a veces deteriorados o necesitados de mejora. En esta sección se presentan algunas de las técnicas más relevantes: sistemas de refuerzo estructural (para consolidar la estabilidad del edificio), tratamientos de patologías (especialmente humedades) y métodos para demoliciones parciales y reconstrucciones puntuales.

10.6.1. SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL

Cuando un elemento estructural de un edificio presenta problemas de resistencia (fisuras graves, deformaciones excesivas) o se quiere aumentar su capacidad (por cambio de uso, normativa más exigente, etc.), se recurre a **sistemas de refuerzo estructural**. Estos sistemas buscan **aumentar la capacidad portante** o la rigidez de elementos como vigas, pilares, forjados o muros, incorporando nuevos materiales o estructuras que trabajen conjuntamente con lo existente.

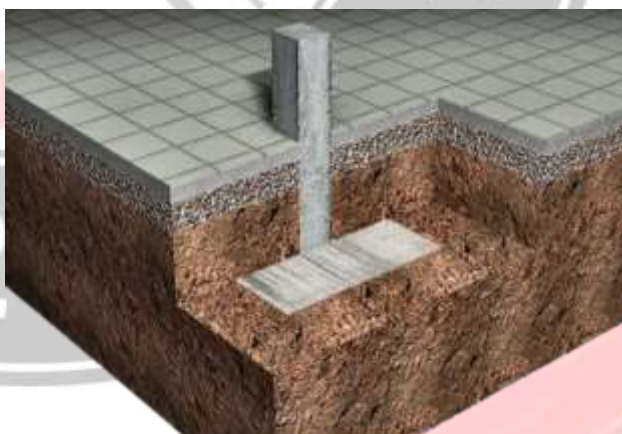
Algunos métodos de refuerzo comunes en rehabilitación son:

- **Encamisado de pilares o vigas:** Consiste en envolver el elemento con un nuevo material resistente. Por ejemplo, un pilar de hormigón dañado se puede reforzar colocando alrededor una armadura adicional y vertiendo una capa de hormigón nuevo (lo que aumenta su sección); también se puede encamisar un pilar con perfiles metálicos en sus esquinas abrazados por chapas o tornillos (formando un “corsé” de acero que confina el pilar, aumentando su capacidad). En vigas de hormigón, a veces se adiciona una capa inferior de hormigón armado ligada a la viga existente (se llaman “sobrecabezales” o recrecidos).
- **Placas o perfiles metálicos de refuerzo:** Muy utilizado en vigas de madera o de acero. En vigas de **madera** antiguas que flexionan demasiado, se atornillan a sus laterales o parte inferior perfiles de acero (ángulos, pletinas, UPN) que asumen parte de la carga y limitan la deformación. En vigas o cerchas de acero, se pueden atornillar chapas de refuerzo en las almas o alas (aumentando la sección efectiva) o añadir perfiles gemelos unidos a los originales. Estos refuerzos atornillados son relativamente sencillos de colocar, pero requieren cálculo para dimensionar los perfiles y tornillos necesarios.
- **Refuerzo con fibra de carbono u otros materiales compuestos:** Es una técnica moderna donde se adhieren **bandas o láminas de fibra de carbono** (material muy resistente y ligero) con resinas epoxi a elementos de hormigón o madera para incrementar su resistencia a flexión o tracción. Por ejemplo, se pegan tiras de fibra de carbono en la cara inferior de una viga de hormigón para que actúen como armadura adicional, permitiendo que soporte más carga sin fisurar. También se pueden envolver columnas con tejidos de fibra de carbono (como



una venda) para confinarlas y mejorar su resistencia a carga axial y sismo. Estas técnicas tienen la ventaja de no aumentar mucho el volumen del elemento y ser de rápida ejecución, aunque requieren mano de obra especializada y control de calidad estricto en la adherencia 【14+L1-L8】 【14+L21-L24】 .

- **Cosido de grietas en muros de fábrica:** Cuando un muro de mampostería o ladrillo tiene grietas, una técnica de refuerzo es el “cosido” con barras o grapas metálicas. Se realizan regatas transversales a la grieta, se insertan varillas de acero inoxidable o fibra de vidrio unidas con resina, *cosiendo* ambos lados de la grieta para que trabajen nuevamente juntos. Esto suele complementarse con inyecciones de lechada en la grieta. El cosido devuelve monolitismo al muro.
- **Tirantes y anclajes estructurales:** En edificios antiguos con muros agrietados o bóvedas, se colocan **tirantes metálicos** atravesando de lado a lado y anclados con placas (esos círculos o cruces de hierro que se ven en fachadas históricas a veces señalan tirantes). Estos cables o barras introducen tensiones que estabilizan la estructura (por ejemplo, evitando que los muros empujen hacia afuera). En refuerzo de arcos se usan tirantes para que no abran. También se usan anclajes al terreno (barras inclinadas tipo *micropilotes anclados* en roca) para sujetar muros inestables.
- **Recalce de cimentaciones:** Si el problema es que la cimentación es insuficiente (asentamientos), se puede reforzar añadiendo nuevos elementos de cimentación. Técnicas: ejecutar **zapatas añadidas** junto a las existentes (unidas con barras), profundizar la cimentación por tramos (excavar por debajo por secciones y rellenar con concreto, lo que se llama recalce bajo zapatas), o instalar **micropilotes** (pequeños pilotes de acero inyectados que transfieren la carga a estratos más firmes). Esto detiene asentamientos futuros. Es una de las intervenciones más complejas porque hay que hacerlo con mucho cuidado, por tramos, para no descalzar el edificio bruscamente.



Es fundamental señalar que cualquier refuerzo estructural debe ser **proyectado por un técnico competente (ingeniero/arquitecto)** tras un cálculo y diagnóstico. Además, su ejecución requiere a menudo empresas especializadas (sobre todo en fibras de carbono, micropilotes, etc.). El personal de obra colabora preparando superficies (picando



recubrimientos, abriendo zanjas) y colaborando en la instalación, pero las decisiones de qué método y materiales usar vienen del proyecto de rehabilitación estructural.

Tras el refuerzo, normalmente se **monitorea** la estructura un tiempo (por ejemplo, dejar testigos en grietas, verificar si cesó el movimiento). Si todo va bien, el edificio habrá recuperado seguridad. Muchas edificaciones antiguas rehabilitadas esconden estas técnicas: vigas de madera centenarias reforzadas con acero invisible, muros de piedra inyectados y cosidos para seguir en pie, etc. La clave es que el refuerzo, bien diseñado, trabaja conjuntamente con lo existente, respetando al máximo la estructura original pero mejorando sus prestaciones.

10.6.2. TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS Y HUMEDADES

Además de los refuerzos estructurales, otra parte crucial de la rehabilitación es tratar las diversas **patologías** no estructurales que puede presentar un edificio, especialmente las relacionadas con la humedad, ya que son causas frecuentes de degradación. Muchas de estas situaciones ya las describimos en 10.2 (fisuras, humedades, corrosión, desprendimientos), pero aquí nos enfocamos en las **técnicas de reparación especializadas** para resolverlas de raíz.

Tratamiento de humedades: Dependiendo del tipo de humedad, se aplican técnicas específicas:

- *Humedad por capilaridad en muros:* Una solución es la **inyección de barrera química**: se taladran orificios a lo largo de la base del muro y se inyecta un líquido resinoso o siliconado que penetra en los poros y luego polimeriza, creando una franja impermeable que impide que el agua siga subiendo. Otra técnica es la inserción de láminas físicas: se hacen cortes controlados en el muro (por tramos, apuntalando) y se coloca una lámina impermeable (ej. de polietileno) en el hueco, logrando el mismo efecto barrera. Tras esto, se suele rehacer el revoque con mortero transpirable para permitir secar al muro.
- *Humedad por filtraciones laterales (sótanos, muros enterrados):* Si es posible, la mejor solución es **impermeabilizar desde el lado de entrada de agua** (exterior), por ejemplo, excavando hasta la cimentación y aplicando membranas impermeables y drenaje. Pero en muchos casos de rehabilitación no se puede excavar (edificios colindantes); entonces se recurre a la **impermeabilización interna** por cristalización: se aplica un recubrimiento cementoso especial en el interior del sótano que, aunque recibe el agua, la bloquea y no la deja pasar a la habitación (son morteros cristalizantes que penetran en los poros y reaccionan formando cristales que sellan). También se instalan sistemas de drenaje interior (canaletas perimetrales conectadas a bomba) para recoger la infiltración tras el muro y evacuarla. Son soluciones que controlan la humedad, aunque no la eliminan del muro, pero logran espacios secos.

- *Humedad por condensación:* Aquí el tratamiento es más *térmico y de ventilación* que constructivo. Se mejora la ventilación (extracción forzada en baños, ventiladores en zonas húmedas, o simplemente aberturas más frecuentes), se puede agregar **aislamiento térmico** en las paredes frías o techos para elevar su temperatura superficial (por ejemplo, paneles aislantes por el interior o exterior, evitando que el vapor condense allí), y se utilizan pinturas anti-moho transpirables que resisten la aparición de hongos. En rehabilitación energética, añadir aislamiento a edificios antiguos soluciona muchos problemas de condensación y ahorra energía.
- *Humedad por filtraciones de lluvia en fachada:* Además de reparar grietas y sellar, se pueden aplicar **revestimientos impermeabilizantes** sobre la fachada: por ejemplo, pintar con una pintura elástica impermeable toda la pared, o proyectar una resina transparente hidrofugante en muros de piedra/ladrillo vistos que no altere su apariencia, pero los haga repelentes al agua. Igualmente, reemplazar sellados de ventanas, reparar vierteaguas, instalar aleros goteaderos en balcones, son intervenciones típicas para eliminar las entradas de agua.
- *Humedades en cubiertas:* En rehabilitación de cubiertas planas, a menudo se opta por **impermeabilizar de nuevo** con membranas modernas (láminas asfálticas, membranas líquidas de poliuretano, láminas EPDM) manteniendo las pendientes y desagües limpios. En cubiertas inclinadas, sustituir tejas rotas, renovar el fieltro impermeable bajo tejas si existe, o incluso montar una cubierta ventilada nueva respetando la estética (en patrimonio).



Tratamiento de la corrosión en hormigón armado: Una patología seria es la corrosión de las armaduras en estructuras de hormigón (por carbonatación o por cloruros), que causa grietas y desprendimientos (spalling). La técnica estándar de reparación es: *picar* todo el concreto suelto hasta dejar el sólido, *limpiar* las barras de acero corroídas (chorro de arena o cepillo de alambre) y aplicarles un **convertidor/pasivador de corrosión** o

imprimación epoxi anticorrosiva, luego *reponer el hormigón perdido* con un mortero de reparación estructural (polímero-cemento) adherido con una imprimación puente. Este mortero se aplica en capas para reconstruir la sección original de la viga/columna, incluso con moldes si es necesario. Finalmente, se puede añadir protección extra superficial (pintura antipenetración de carbonatación). Estas reparaciones devuelven al elemento su integridad. Si el daño es muy extenso, se combina con refuerzos (como fibras o encamisados, ver 10.7.1).

Madera deteriorada: En elementos de madera con ataques de insectos (carcoma, termitas) u hongos, el tratamiento consiste en: eliminar partes muy podridas (a veces hay que cambiar parcial o totalmente vigas o solivos), aplicar productos **fungicidas e insecticidas** a la madera sana circundante (inyecciones y impregnaciones) para frenar la plaga, y *reforzar* la pieza si perdió sección (ya sea con resinas epóxicas estructurales que rellenen galerías, o con placas metálicas como vimos). En carpinterías, se puede restaurar madera dañada con masilla especial o “injertando” piezas nuevas donde la vieja está en mal estado.

Patologías varias: Otras técnicas incluyen: inyección de **resinas epoxi** en grietas estructurales de concreto (sellan la grieta y restablecen continuidad resistente si la fisura es estática), aplicación de **morteros de reparación tixotrópicos** en piezas de hormigón prefabricado dañadas, uso de **anodós de sacrificio** embebidos en concreto para prevenir corrosión futura en áreas reparadas, etc. Cada problema tiene su solución especializada en el mercado actual de rehabilitación.

En todos los casos, es esencial abordar tanto la *causa* como el *efecto* de la patología. Por ejemplo, al reparar una humedad interior pintando, recordar solucionar antes la filtración que la origina; al coser una grieta, haber eliminado la carga o movimiento que la causó; al reparar corrosión, reducir el acceso futuro de agua/sales al elemento (quizá con recubrimientos adicionales). Las técnicas modernas hacen posible que edificios gravemente dañados se recuperen, pero el diagnóstico acertado y la ejecución por profesionales competentes son fundamentales para que el tratamiento sea duradero.

10.6.3. TÉCNICAS DE DEMOLICIÓN PARCIAL Y RECONSTRUCCIÓN

En rehabilitación es frecuente tener que **demoler solo una parte** de la construcción (un tabique, un forjado en mal estado, el revestimiento de una fachada) y luego **reconstruir** esa parte sin afectar al resto del edificio. Esto requiere métodos cuidadosos para quitar solo lo necesario y restaurar la continuidad después.

Demolición parcial controlada: Antes de derribar nada, se planifica exactamente *qué se va a demoler y cómo proteger lo que queda*. Si es un elemento estructural (p. ej. sustituir una viga de madera podrida), primero se **apuntala o soporta** la carga que esa viga llevaba (con puntales y durmientes) para que al quitarla no colapse nada. Si es un tabique no

estructural, igualmente se verifica que no tenga cargas apoyadas (a veces techos antiguos apoyan en tabiques). Luego se procede a demoler.

Las herramientas varían según la extensión: para demoliciones pequeñas o precisas se usan **mazas y cinceles** o martillos eléctricos livianos; para demoler superficies amplias (azulejos, revoques) se usan **martillos percutores** eléctricos; para cortes rectos en concreto o muros se emplean **sierras de disco** o de hilo de diamante, que permiten seccionar sin vibraciones excesivas. En interior, conviene tapar con plásticos las áreas circundantes por el polvo. Si la demolición genera mucho polvo (picar hormigón), puede humedecerse ligeramente la zona o usar extractores de polvo.

Un principio clave es **demoler de arriba hacia abajo** y por partes manejables. Ejemplo: para abrir un hueco en un muro, no quitar todo de golpe; primero se hace un vano pequeño que permita colocar un dintel, se instala el dintel/soporte, y luego se retira el resto del muro debajo. En un forjado a demoler, apuntalar debajo, luego retirar capa por capa (acabado, relleno, viguetas). En todos los casos, los escombros se **retiran continuamente** para no sobrecargar el lugar ni entorpecer (usar cubos, sacos o bajantes de escombros hasta el contenedor en calle, evitando acumulación peligrosa).

Hay que tener precaución con las **conexiones ocultas**: durante la demolición parcial pueden aparecer tuberías, conductos o cables no previstos – al encontrarlos, se detiene la demolición y se toman medidas (desconectar, desviar o proteger esas instalaciones antes de seguir). También cuidado con **materiales peligrosos**: en edificios antiguos puede haber amianto (uralita en cubiertas, bajantes) que requiere retirada especializada; o plomo en pinturas, etc. Siempre que se sospeche, seguir los protocolos legales (empresas autorizadas para retirarlos con seguridad).



Reconstrucción del elemento demolido: Una vez eliminado lo viejo, toca **construir lo nuevo** encajándolo con lo existente. Esto suele implicar *uniones entre lo nuevo y lo antiguo*. Por ejemplo:

- Si se sustituye un tramo de muro de carga por otro (digamos ladrillos deteriorados por ladrillos nuevos), se hace un **empalme con dientes**: se dejan los extremos del muro viejo con entallas para poder trabar los ladrillos nuevos alternadamente, integrándolos y aportando amarre. Si no es posible (porque la junta es recta), entonces se colocan **barras de acero** ancladas con resina a la parte vieja, que sobresalgan e incrusten en la junta del tramo nuevo, asegurando conexión.
- Si se reconstruye parte de un forjado, se debe *conectar estructuralmente* con el existente: por ejemplo, si se hormigonan nervios nuevos junto a antiguos, insertar barras de continuidad perforando los viejos; si se prolonga una viga metálica, hacer una unión soldada o atornillada de placas de solape.
- En un arco o bóveda reparada parcialmente, se usan cuñas y morteros similares a los originales, respetando la forma geométrica para que las cargas vuelvan a fluir adecuadamente.
- En revestimientos, al recomponerlos, tratar de igualar *espesor y adherencia*: usar mismos materiales o imprimaciones para que no se note la transición. En fachadas históricas, por ejemplo, al recomponer molduras o cornisas, se hacen en taller piezas a medida si faltan y se adhieren al resto con anclajes invisibles de acero inoxidable y morteros de reparación.

Durante la reconstrucción se sigue el principio inverso a la demolición: **de abajo hacia arriba** (levantar primero apoyos inferiores, luego cerramientos superiores) y comprobar constantemente con niveles y plomadas que lo nuevo alinee con lo existente. Es común emplear **testigos o guías**: por ejemplo, si solo se quitó un paño de revoque, dejar clavos marcando el plano del revoque adyacente para cuando se reponga quede al ras. O si se repone un trozo de moldura, hacer plantillas del perfil original para reproducirlo exactamente.

Una vez reconstruido, se retiran los apoyos temporales (por ejemplo, los puntales tras fraguar un forjado recompuesto). Entonces se realiza una **inspección** final para verificar que la integridad se ha restablecido: medir que no haya asentos, cargar de prueba si procede, etc.

En síntesis, la demolición parcial y posterior reconstrucción es una cirugía arquitectónica que requiere precisión. Se quita lo dañado o indeseado sin “herir” lo circundante, y se coloca algo nuevo que **suple o mejora** la función del elemento retirado, integrándose con lo preexistente. Esta técnica permite, por ejemplo, cambiar distribuciones (abriendo huecos o eliminando partes) o sustituir elementos obsoletos (cambiar un balcón de madera podrida por uno nuevo replicado) conservando el resto del edificio. Es una labor que demanda tanto cuidado técnico (apuntalamientos, uniones) como acabado estético (que la reparación no desentone), pero bien ejecutada prolonga la vida útil y la funcionalidad de la construcción rehabilitada.

11. INTERPRETACIÓN GRÁFICA

11.1. HERRAMIENTAS DE DIBUJO

En el ámbito de la interpretación gráfica industrial, conocer las herramientas básicas de dibujo es fundamental para poder realizar planos técnicos con precisión y limpieza. Aunque hoy en día los programas de diseño asistido por ordenador (CAD) son el estándar en muchas industrias, dominar el uso de las herramientas tradicionales permite comprender mejor los principios del dibujo técnico y desarrollar habilidades esenciales para la representación gráfica.

Este capítulo se centra en el estudio de los instrumentos clásicos de dibujo utilizados en el ámbito técnico e industrial, destacando sus características, funciones, tipos y modos de uso. Aprender su correcta utilización es imprescindible para cualquier profesional del sector de fabricación mecánica, calderería, soldadura o mecanizado.

11.1.1. LÁPICES Y PORTAMINAS

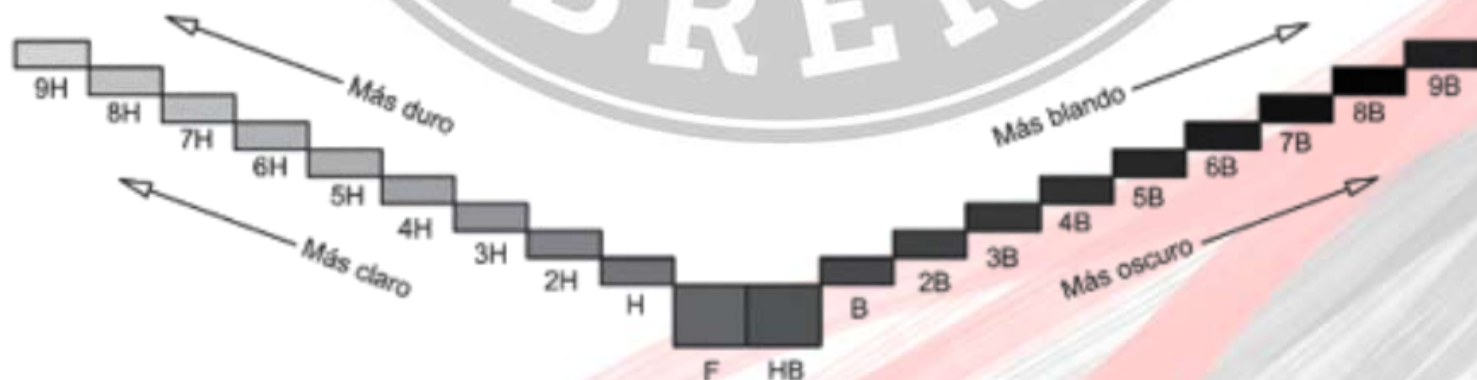
Lápiz

El lápiz es el instrumento más básico del dibujo técnico. Consiste en un cuerpo cilíndrico o poligonal (hexagonal, elíptico, triangular) de madera, generalmente de cedro o enebro, que encierra en su interior una mina compuesta de grafito mezclado con arcilla. La proporción entre ambos componentes determina la dureza de la mina y, por tanto, la intensidad del trazo.

Clasificación de durezas

La escala europea de durezas para lápices se basa en tres letras:

- **H (Hard):** Minas duras que producen líneas finas y claras.
- **B (Black):** Minas blandas que generan trazos oscuros y gruesos.
- **F (Fine):** Dureza media, usada para escritura y trazos equilibrados.



Dentro de cada categoría, se añaden números para indicar el grado. Por ejemplo, un 9H es extremadamente duro, mientras que un 9B es muy blando. En dibujo técnico se utilizan preferentemente lápices duros (entre H y 4H), ya que permiten líneas más finas y definidas, especialmente útiles cuando se trabaja con instrumentos como escuadras o plantillas.

Portaminas

El portaminas es una evolución moderna del lápiz, que utiliza minas recambiables de diferentes grosores (habitualmente 0,5 mm o 0,7 mm). A diferencia del lápiz convencional, el grosor del trazo se mantiene constante durante todo su uso, lo que mejora la precisión. Dispone de un mecanismo que permite extender o retraer la mina con facilidad.

Ventajas del portaminas:

- No necesita afilado constante.
- Trazos más uniformes.
- Ideal para dibujo técnico detallado.



11.1.2. GOMAS DE BORRAR, SACAPUNTAS Y AFILAMINAS

Goma de borrar

Se utiliza para eliminar líneas mal trazadas o para realizar correcciones. Se fabrica habitualmente con materiales como caucho sintético, vinilo o piedra pómez. Existen distintos tipos según su dureza y textura, siendo las gomas más blandas las indicadas para papeles delicados y las más duras para trazos intensos o papeles rugosos.

Sacapuntas

Es una herramienta que contiene una cuchilla fija con un ángulo específico para afilar lápices y obtener una punta cónica. Pueden ser manuales o eléctricos. Un buen afilado garantiza una línea más definida y precisa.

Afilaminas

Utilizados principalmente con portaminas de minas gruesas (>2 mm), los afilaminas permiten un afilado más controlado mediante una cuchilla fija sostenida por un arco de metal. También se puede utilizar lija fina para obtener un acabado perfecto en la punta.

11.1.3. COMPASES Y BIGOTERAS

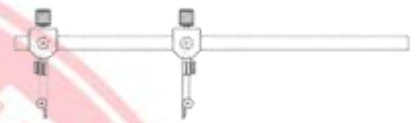
Compás

El compás es un instrumento compuesto por dos brazos articulados: uno con aguja para fijar el centro de giro y otro con mina o estilógrafo. Se utiliza para trazar circunferencias, arcos y para transportar medidas. En talleres mecánicos, se usan versiones metálicas con puntas afiladas para marcar directamente sobre el metal.



Compás de varas

Diseñado para trazos de gran radio, especialmente en piezas de calderería. Consiste en una barra larga sobre la que se acoplan los brazos del compás y los elementos de marcado. Permite adaptarse a grandes dimensiones y realizar desarrollos en chapas.



Bigotera

Tipo de compás con un husillo que permite un ajuste preciso de la apertura. Se utiliza para trazados finos y detallados en oficina técnica. Algunos modelos incorporan mecanismos que impiden que el instrumento se abra accidentalmente.

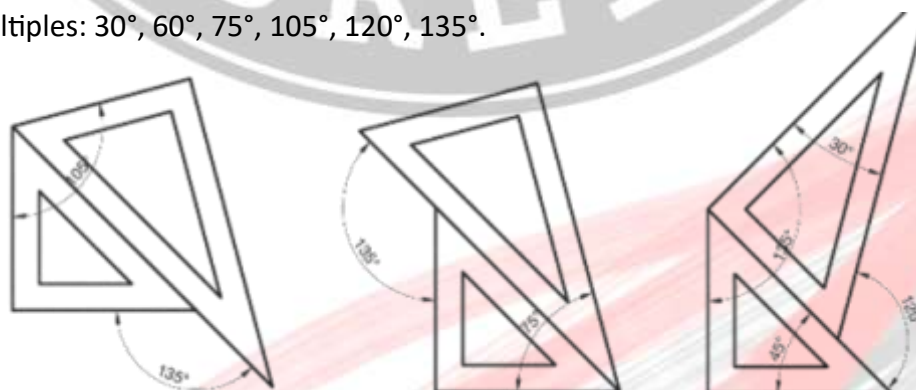


11.1.4. ESCUADRA Y CARTABÓN

Estas herramientas se utilizan para trazar líneas perpendiculares y paralelas. Son fundamentales para el dibujo técnico, ya que permiten construir ángulos con gran precisión.

- **Escuadra:** triángulo isósceles con ángulos de 45° , 45° y 90° .
- **Cartabón:** triángulo escaleno con ángulos de 30° , 60° y 90° .

Ambos se fabrican en plástico transparente y pueden tener bordes biselados para facilitar el uso con estilógrafos sin que la tinta se corra. Se pueden combinar para generar ángulos múltiples: 30°, 60°, 75°, 105°, 120°, 135°.



También son útiles en el dibujo en perspectiva (caballera o isométrica), ya que permiten establecer los ángulos típicos de dichas proyecciones.

11.1.5. TRANSPORTADOR DE ÁNGULOS

Instrumento semicircular (180°) o circular (360°) que sirve para medir y trazar ángulos. Está graduado en grados sexagesimales y suele estar fabricado en plástico transparente.

Para utilizarlo correctamente:

1. Se alinea el centro del transportador con el vértice del ángulo.
2. Se coloca el 0° sobre una línea base.
3. Se lee el valor del ángulo deseado en la escala.



11.1.6. REGLAS GRADUADAS Y ESCALÍMETROS

Reglas

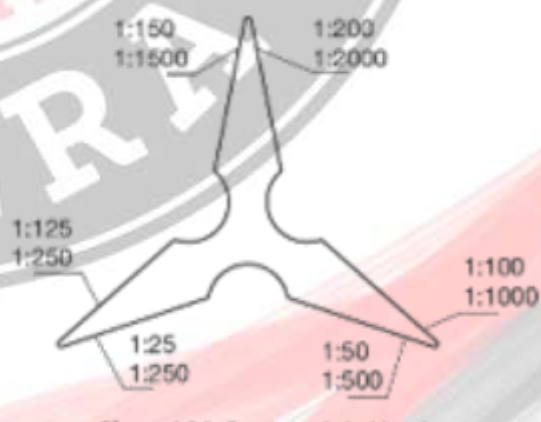
Las reglas se emplean para medir y trazar líneas rectas. Están graduadas en milímetros y centímetros, y se fabrican en materiales como plástico, madera o acero. Las más utilizadas en dibujo técnico son las de plástico transparente.

Escalímetro

Regla especial de sección triangular con tres caras y seis escalas distintas. Se utiliza para representar objetos en escalas reducidas o ampliadas, por ejemplo:

- 1:1 (tamaño real)
- 1:2, 1:5, 1:10 (reducciones)
- 2:1, 5:1 (ampliaciones)

Permite medir directamente en la escala del plano sin necesidad de realizar cálculos adicionales. Fundamental en entornos de arquitectura, diseño y calderería.



11.2. NORMALIZACIÓN EN DIBUJO INDUSTRIAL

11.2.1. ¿QUÉ ES LA NORMALIZACIÓN?

La **normalización** es el proceso mediante el cual se define una forma concreta y estandarizada de realizar, presentar o identificar elementos, productos o procedimientos. En el contexto industrial, tiene como objetivo garantizar la **intercambiabilidad**, la **comprensión universal** y la **seguridad** en el diseño, fabricación y documentación técnica.

Este proceso permite que un componente fabricado en un país pueda integrarse sin problema en un conjunto diseñado en otro, gracias a normas compartidas. Por ejemplo, un tornillo producido en Alemania podrá encajar en una estructura fabricada en España si ambos siguen los mismos estándares.

Las **normas** no son siempre obligatorias, pero son adoptadas voluntariamente por las empresas porque:

- Mejoran la eficiencia de los procesos.
- Garantizan calidad y compatibilidad.
- Facilitan la comunicación técnica.

Principales organismos de normalización:

- **DIN** (Alemania): Deutscher Industrie Normen.
- **ISO** (Internacional): International Organization for Standardization.
- **UNE** (España): Una Norma Española, editada por **AENOR** (Agencia Española de Normalización y Certificación).

11.2.2. FORMATOS DE PAPEL NORMALIZADOS

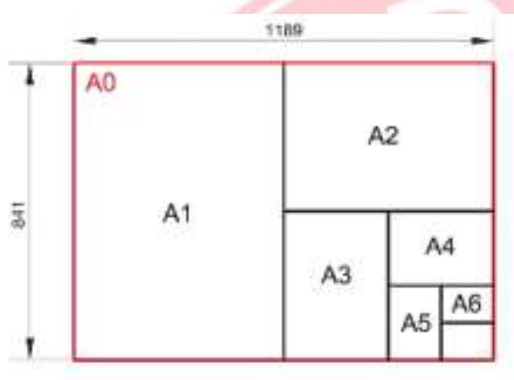
La normalización también afecta a los tamaños de papel utilizados en dibujo técnico. Los formatos normalizados permiten reproducir, ampliar o reducir documentos de forma proporcional.

Principios geométricos

- Se parte de un rectángulo de 1 m² (formato A0)
- Cortando el lado mayor por la mitad se obtiene el siguiente formato (A1, A2, etc.).
- Esta serie se denomina **Serie A**.

- Dimensiones de la serie A (mm):




Formato	Dimensiones	Aplicaciones
A0	841 × 1189	Base del sistema, planos generales
A1	594 × 841	Dibujos técnicos grandes
A2	420 × 594	Planos y carteles
A3	297 × 420	Planos de piezas individuales
A4	210 × 297	Informes, fichas, formatos estándar
A5 a A10	De 148 × 210 a 26 × 37	Fichas, tarjetas, etiquetas



11.2.3. LÍNEAS NORMALIZADAS

Las líneas utilizadas en los planos técnicos están estandarizadas para que, con solo ver el tipo de línea, se pueda deducir su función (eje, contorno, corte, etc.).

- Tipos de líneas (según norma UNE):

Representación	Designación	Espesor	Aplicaciones
	Continua	0,8	Contornos y aristas vivas
	Continua	0,2	Líneas de cotas Rayado en cortes y secciones Generatrices y líneas de pliegue
	Continua	0,2	Líneas de corte parciales
	De centro	0,2	Ejes de simetría y de circunferencias Líneas de centro
	De trazo y punto	0,4	Indicaciones de cortes y secciones
	Discontinua	0,4	Líneas ocultas

Herramientas: estilógrafos y plumillas con diferentes calibres.

Es fundamental respetar esta codificación incluso en bocetos a mano alzada, ya que aporta claridad al plano.

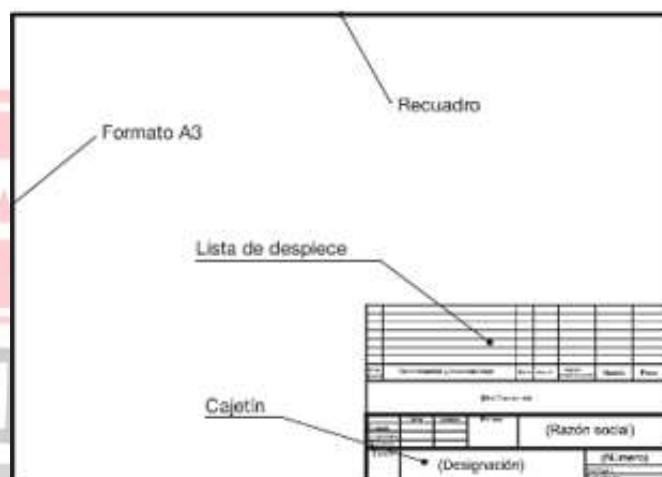
11.2.4. RECUADRO Y CAJETÍN

El **recuadro** delimita la zona útil del papel para el dibujo. Sus márgenes están definidos normativamente:

- **20 mm** en formatos grandes (A0, A1).
- **10 mm** en formatos pequeños (A2 en adelante).

El **cajetín** (o cuadro de rotulación) se sitúa en la esquina inferior derecha del plano y contiene información vital:

- Referencia del plano.
- Nombre del dibujante.
- Escala y sistema de dibujo.
- Empresa.
- Denominación de la pieza.



Muchos cajetines incluyen una **lista de despiece**, que describe cada una de las partes de un conjunto mecánico: número de piezas, material, peso, modelo, etc.

Norma: El cajetín no debe superar los 180 mm de ancho ni los 277 mm de alto.

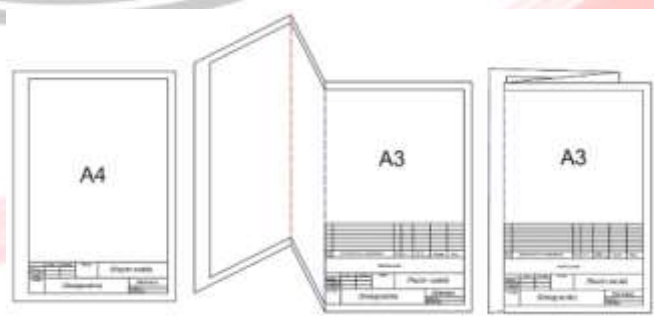
11.2.5. PLEGADO DE PLANOS

Para facilitar su almacenamiento, los planos deben doblarse siguiendo un patrón normalizado que:

- Mantiene **visible el cajetín**.
- Permite archivarlos como hojas A4.
- Facilita la fotocopia o escaneo.

El plegado se realiza en forma de **zigzag**, alternando dobleces horizontales y verticales. Cada formato tiene una manera concreta de plegado:

- A0, A1 → múltiples dobleces hasta llegar a A4.
- A4 → no se pliega.



11.2.6. ROTULACIÓN

La **rotulación técnica** es el conjunto de reglas sobre cómo deben escribirse los textos en un plano técnico. Está normalizada en cuanto a:

- **Tipo de letra:** vertical (arquitectura) o inclinada 75° (mecánica).
- **Altura de letras:** valores normalizados desde 2 hasta 25 mm.
- **Separación entre letras, líneas y palabras.**
- **Grosor del trazo:** proporcional a la altura.

Importante: Aunque hoy día se utilice software CAD, el conocimiento de estas normas es esencial para el dibujo a mano y para interpretar planos correctamente.

11.2.7. ESCALAS

Definición:

La **escala** es la relación entre una dimensión real y su representación en el plano.

- **Escala de reducción:** el dibujo es más pequeño (ej: 1:2, 1:5, 1:100).
- **Escala de ampliación:** el dibujo es más grande (ej: 2:1, 5:1).
- También se puede expresar como proporción: 1/5 o 2/1.

Escalas más habituales:

- Técnicas: 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 2:1, 5:1
- Arquitectura/construcción: 1:20, 1:30, 1:50, 1:100
- Planos generales: 1:200, 1:500, 1:1000

Cálculo gráfico con el teorema de Tales:

Consiste en trazar dos líneas desde un mismo punto con un ángulo cualquiera, colocar medidas reales y a escala sobre cada una, y obtener las proporciones deseadas mediante líneas paralelas.

Uso del escalímetro:

Instrumento con varias escalas grabadas. Permite medir directamente sin hacer cálculos, gracias a divisiones adaptadas a escalas normalizadas.



11.3. PRINCIPIOS GENERALES DE REPRESENTACIÓN

11.3.1. INTRODUCCIÓN

El dibujo técnico es un lenguaje universal que **permite transmitir ideas, pensamientos y conocimientos de forma precisa**. Aplicado a la técnica, ha evolucionado hacia una forma de comunicación rigurosa, sin perder del todo su valor artístico. Hoy en día, aunque el dibujo a mano se utiliza menos por la introducción de herramientas digitales, es fundamental comprender sus principios para entender los fundamentos del diseño técnico.

11.3.2. TÉCNICAS DE DIBUJO

Las técnicas de **dibujo permiten realizar representaciones claras, exactas y comprensibles**. A continuación, se detallan las más utilizadas en dibujo técnico:

Trazado de líneas paralelas

Se usa escuadra y cartabón. La escuadra se mantiene fija y el cartabón se desliza para obtener líneas equidistantes. Nunca se deben trazar a ojo, ya que puede haber errores visuales.

Trazado de líneas perpendiculares

El procedimiento es similar, pero en este caso la escuadra se apoya sobre el lado perpendicular del cartabón. Al deslizarlo, se obtienen líneas con ángulos de 90° .

Perpendicular a un segmento por su punto medio

Desde ambos extremos del segmento se trazan arcos con igual radio. La intersección de los arcos determina una recta perpendicular que pasa por el punto medio.

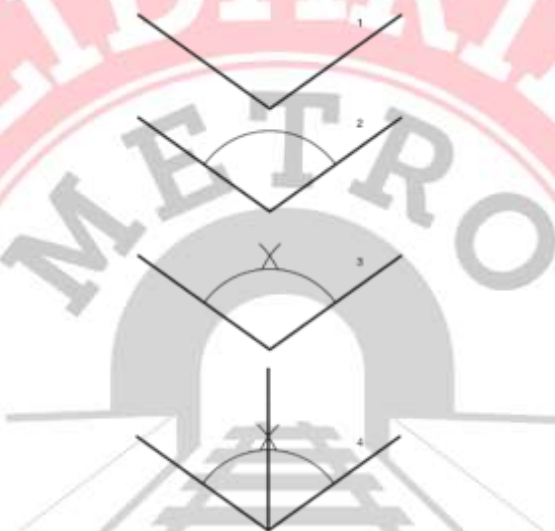


División de un segmento en partes iguales

1. Se traza una recta auxiliar en un ángulo cualquiera.
2. Se divide en tantas partes como se desee.
3. Se une la última marca con el extremo del segmento.
4. Se trazan paralelas desde las divisiones.

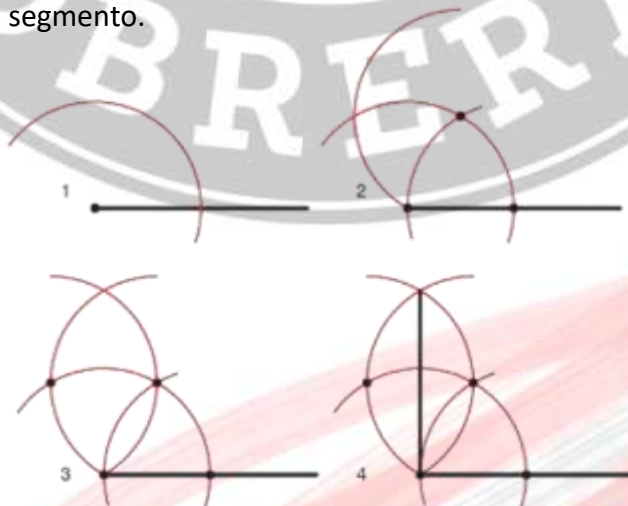
Trazado de la bisectriz de un ángulo

Mediante arcos desde el vértice y las intersecciones de los lados, se obtiene un punto que al unirse al vértice define la bisectriz, dividiendo el ángulo en dos partes iguales.



Perpendicular por el extremo de una línea

Se utilizan arcos y el compás para hallar el punto donde trazar la recta perpendicular desde el extremo del segmento.



11.3.3. POLÍGONOS

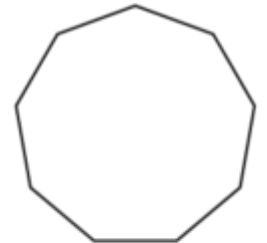
Los polígonos son **figuras cerradas delimitadas por segmentos**. Pueden clasificarse como:

Polígonos irregulares

Lados y ángulos desiguales. No suelen utilizarse en dibujo técnico básico por su complejidad.



POLÍGONO IRREGULAR



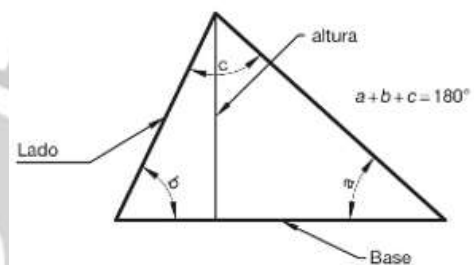
POLÍGONO REGULAR

Polígonos regulares

Tienen todos sus lados y ángulos iguales. Muy utilizados en dibujo técnico e industrial.

Triángulos

El triángulo es la figura más estable y se emplea ampliamente en estructuras.



- **Según sus lados:**
 - Equilátero: tres lados iguales.
 - Isósceles: dos lados iguales.
 - Escaleno: todos diferentes.
- **Según sus ángulos:**
 - Rectángulo: un ángulo de 90° .
 - Acutángulo: todos los ángulos $< 90^\circ$.
 - Obtusángulo: un ángulo $> 90^\circ$.
- **Conceptos clave:**
 - Suma de ángulos = 180°
 - Área = base \times altura $\div 2$



Acutángulo



Equilátero



Obtusángulo



Isósceles



Rectángulo



Escaleno

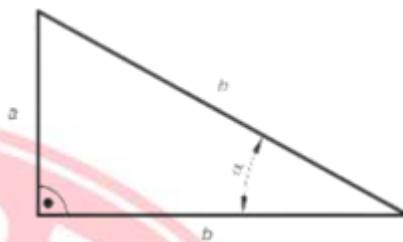
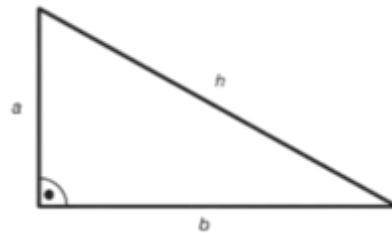
Matemáticamente hablando el triángulo rectángulo tiene una gran importancia por sus particularidades.

El **teorema de Pitágoras**, que establece que en un triángulo rectángulo el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos.

$$h^2 = a^2 + b^2$$

La **trigonometría** establece que existe una relación entre los ángulos, los catetos y la hipotenusa en un triángulo rectángulo.

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{a}{h} \quad \cos \alpha = \frac{b}{h} \quad \tan \alpha = \frac{a}{b}$$



Rectángulo

Cuatro lados, dos a dos iguales, con cuatro ángulos rectos.



Rombo

Cuatro lados iguales. Se define por diagonales perpendiculares.



Trapezio

Cuatro lados, dos paralelos (bases). Puede ser rectángulo, isósceles o escaleno.



Trapezio rectángulo



Trapezio isósceles



Trapezio escaleno

11.3.4. POLÍGONOS REGULARES

Son figuras con todos los lados y ángulos iguales. Se inscriben en una circunferencia.

Triángulo equilátero

Tres lados iguales y ángulos de 60° . Muy fácil de construir desde una circunferencia.

Cuadrado

Cuatro lados y ángulos de 90° . Se trazan ejes perpendiculares dentro de una circunferencia.

Pentágono

Cinco lados iguales. Requiere un trazado más complejo. Puede hacerse con método específico o método general.

Hexágono

Seis lados. Se obtiene dividiendo una circunferencia en seis partes iguales.

Heptágono

Siete lados. Se construye con ayuda de cuerda y arcos.

Octógono

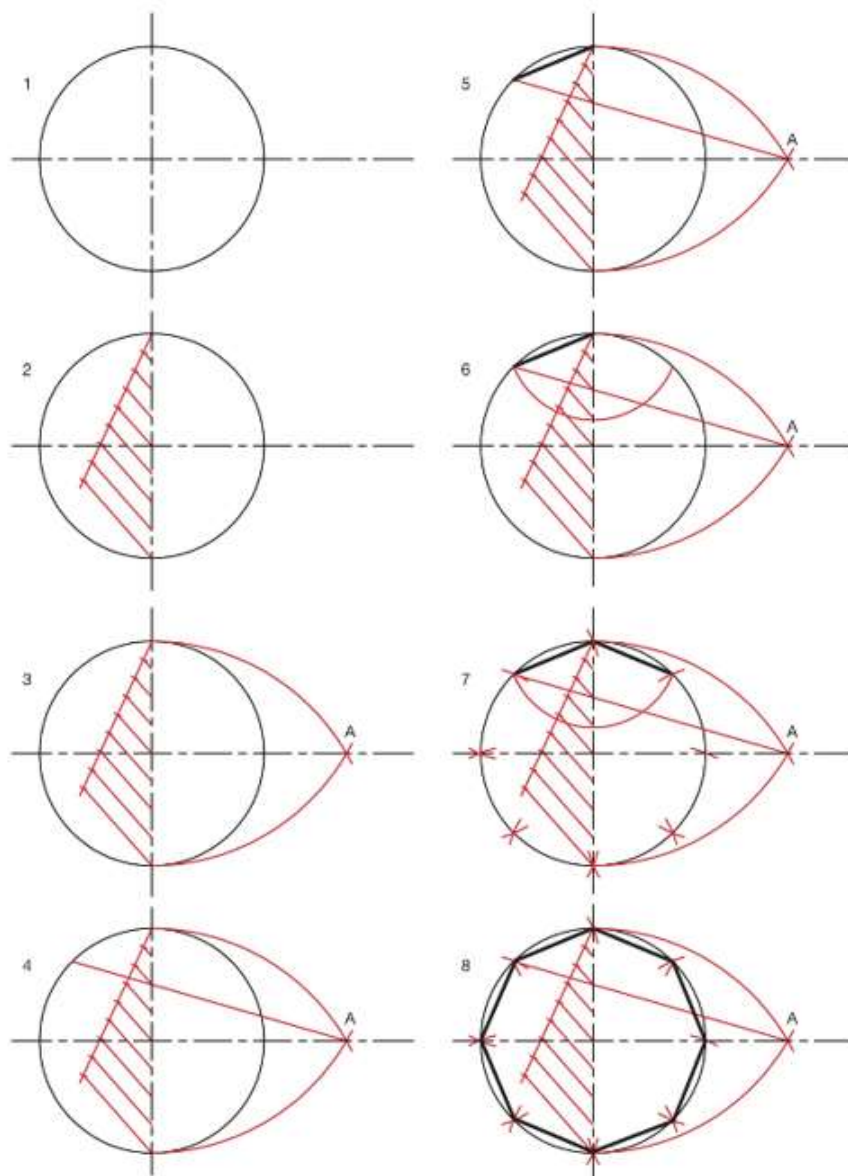
Ocho lados. Se obtienen calculando bisectrices en los cuadrantes de una circunferencia.



11.3.5. MÉTODO GENERAL PARA EL TRAZADO DE POLÍGONOS

Permite construir cualquier polígono regular:

1. Trazar la circunferencia que lo circunscribe.
2. Dividir el diámetro en tantas partes como número de lados.
3. Trazar arcos con radio igual al diámetro del círculo hasta que se corten para hallar el punto A.
4. Trazar una línea desde A a la segunda división del diámetro (siempre por la segunda división).
5. El lado del polígono será la cuerda que queda en la circunferencia.
6. Se trazan arcos para calcular el resto de los lados.
7. Se divide la circunferencia con el lado.
8. Se traza el polígono.



11.3.6. TRAZADO DE CIRCUNFERENCIAS Y ELIPSES

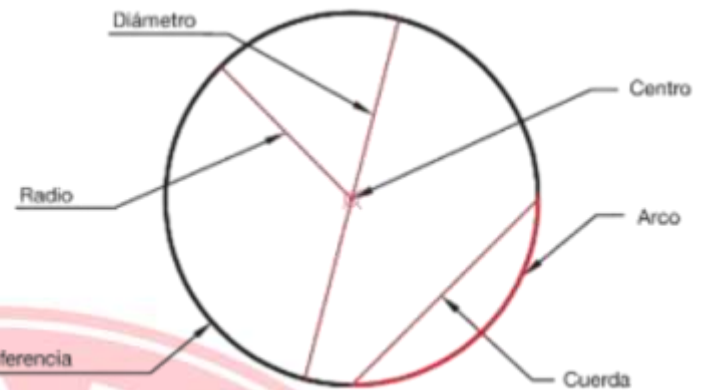
Circunferencia

Figura fundamental en mecánica. Elementos:

- Centro, Radio, Diámetro, Cuerda, Arco.

Relaciones entre circunferencias:

- **Concéntricas:** mismo centro.
- **Excéntricas:** diferentes centros.
- **Secantes:** se cruzan.
- **Tangentes:** se tocan en un punto.



Elipse

Curva cerrada con dos focos. Cada punto de la elipse mantiene constante la suma de distancias a ambos focos.

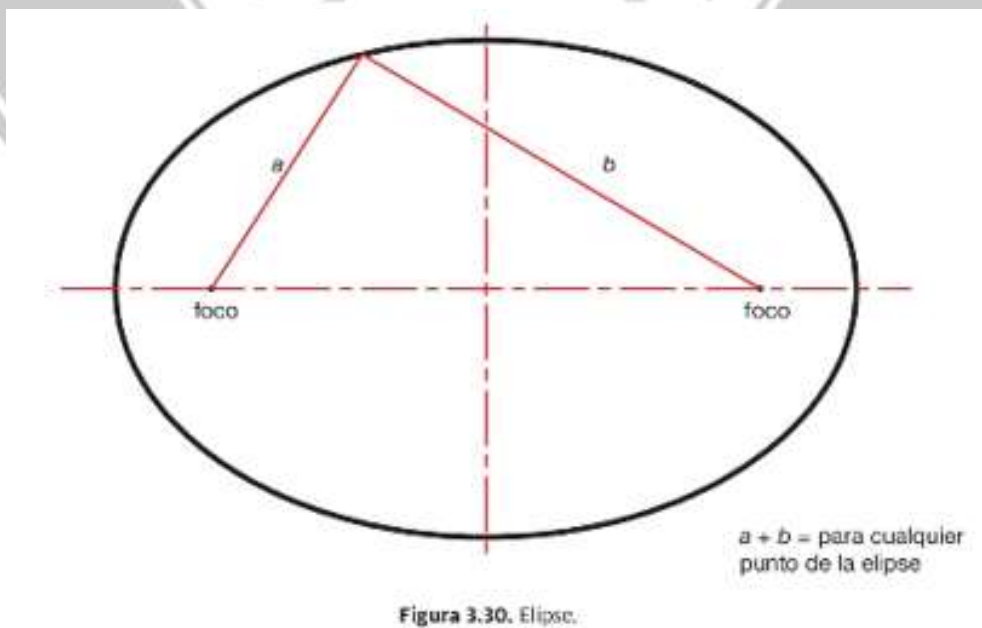


Figura 3.30. Elipse.

11.3.7. TANGENCIAS

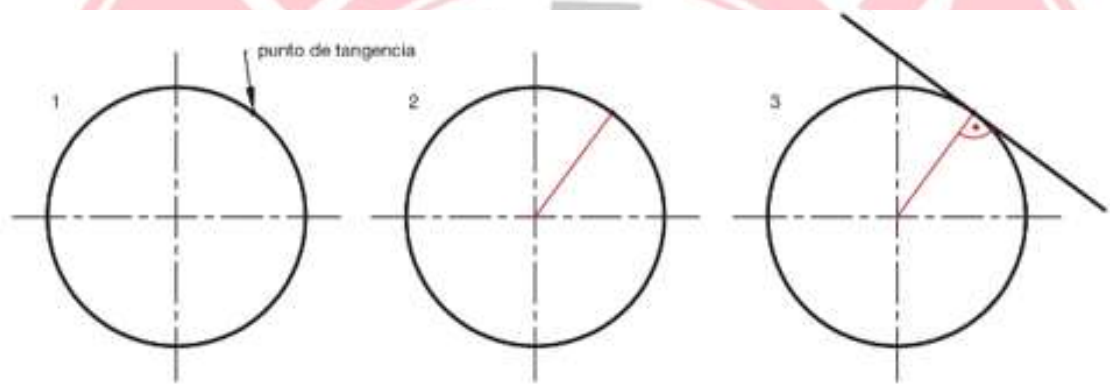
Una circunferencia es **tangente** a una línea, otra circunferencia o figura geométrica cuando se tocan en un punto, es decir, que comparten ese punto.

Las tangencias son muy importantes en fabricación mecánica, ya que la mayor parte de las veces las piezas tienen forma circular y deben enlazar con otras piezas, circulares o no, para formar mecanismos o conducciones.

Recta tangente a una circunferencia

En el caso de una recta tangente a una circunferencia, el radio que pasa por el punto de tangencia siempre es perpendicular a la recta.

Este hecho se puede aprovechar para el trazado de rectas tangentes por determinados puntos de la circunferencia



11.4. CROQUIZADO

11.4.1. EL CROQUIS

El **croquis** es un dibujo a mano alzada que puede representar una pieza, una idea, un mecanismo o cualquier otra cosa de la que se quiere dejar constancia. Es una forma rápida y fácil de plasmar una idea o unas mediciones.

No es un dibujo que requiera precisión, pero es importante que guarde las proporciones para que nos dé una idea más exacta de lo que representa. Los técnicos que realizan estas tareas habitualmente consiguen gran precisión en sus dibujos.



Los elementos necesarios para la realización de un croquis van a depender de qué tipo de croquis queramos hacer.

Si lo que pretendemos es recordar una idea que hemos tenido, solo es necesario un lápiz y un papel y algo para apoyarlo, pero si lo que queremos es realizar el plano a mano alzada de un objeto que queremos construir, tendremos que tener aparatos de medidas, y estos van a depender de la precisión que necesitemos y del tamaño de la pieza. Si vamos a hacer una viga, necesitaremos un flexómetro; si vamos a hacer el croquis de un tornillo, necesitaremos un calibre.

Por tanto, el **material necesario** para la realización de un croquis será: **lápiz, papel**, algo para apoyarse (carpeta, tablero, etc.), e **instrumentos de medida**.

Los croquis son muy empleados en la fabricación de útiles de trabajo o montaje, ya que estos se diseñan y fabrican directamente en los talleres.

Una vez recibidos los planos de fabricación, elaborados en las oficinas técnicas, muchas veces es necesario llevar a cabo la realización y la construcción de estos útiles por parte de los mismos trabajadores, según sus necesidades constructivas.

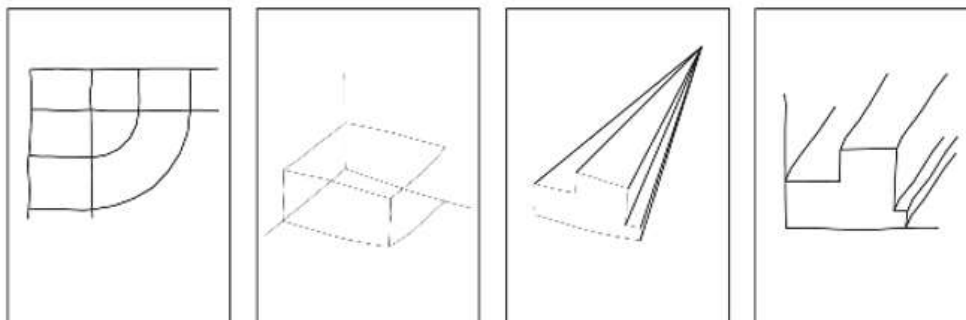
11.4.2. PREPARACIÓN PARA EL CROQUIZADO

Para la realización de un croquis es necesario tener claro una serie de cosas antes de dibujar la primera línea. Se puede actuar según la intuición o la preparación de cada persona, pero como norma general se deben seguir estos pasos:

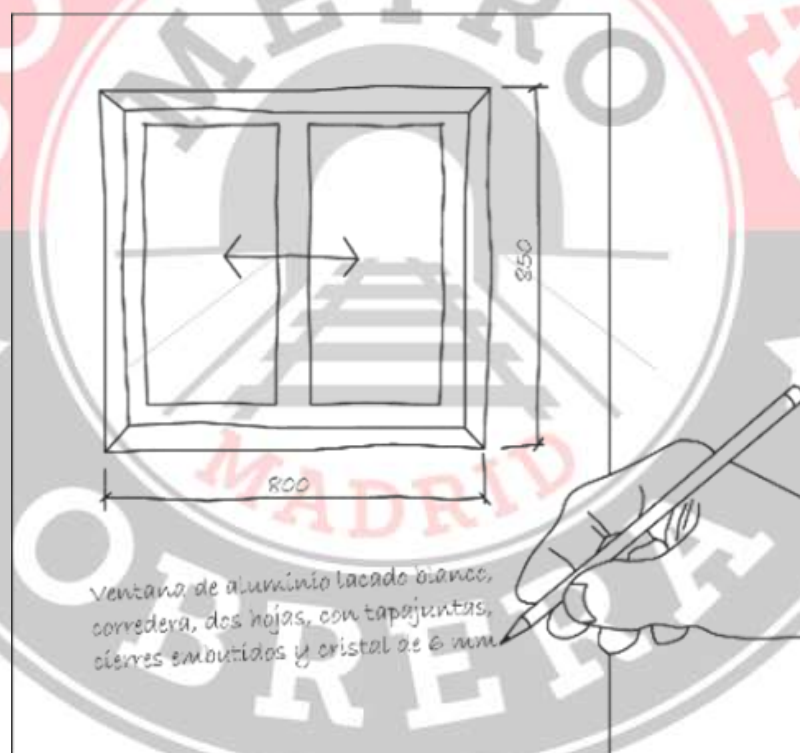
1. **Preparar el material de trabajo:**
 - a) Lápiz.
 - b) Goma de borrar.
 - c) Papel.
 - d) Un soporte (carpeta, tablero o similar).
 - e) Algún instrumento de medida (calibre, flexómetro, regla, etc.).
2. **Observar exhaustivamente** el objeto que se va a croquizar, fijándose en todos los detalles importantes para la elaboración del plano posterior o bien, para la fabricación del objeto en los talleres.
3. **Decidir qué tipo de dibujo** se va a realizar (vistas o perspectiva).
4. **Pensar en las cotas necesarias** para su posterior dibujo o fabricación.
5. **Medir las distancias** a acotar.
6. **Acotar la pieza.**
7. **Realizar el croquis** según las normas aplicables a cualquier dibujo técnico.

11.4.3. TRAZADOS PRELIMINARES

Para la realización de croquis el papel no se sujeta a la mesa; se deja libre porque así podremos girar el papel para trazar líneas y rectas de manera más cómoda y precisa.



Muchos profesionales que tienen que tomar medidas de los trabajos constantemente, como en carpintería metálica, utilizan un cuaderno que a veces suele ser cuadriculado, siendo así mucho más cómodo trazar líneas y mantener las proporciones del objeto.

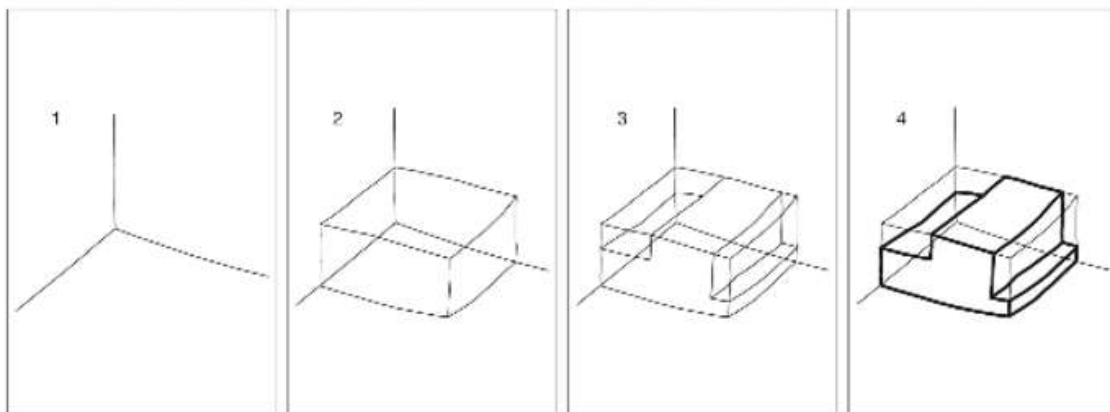


Empezaremos dibujando muy suavemente las líneas de referencia, procurando siempre que el objeto a dibujar quede bien centrado en el papel.

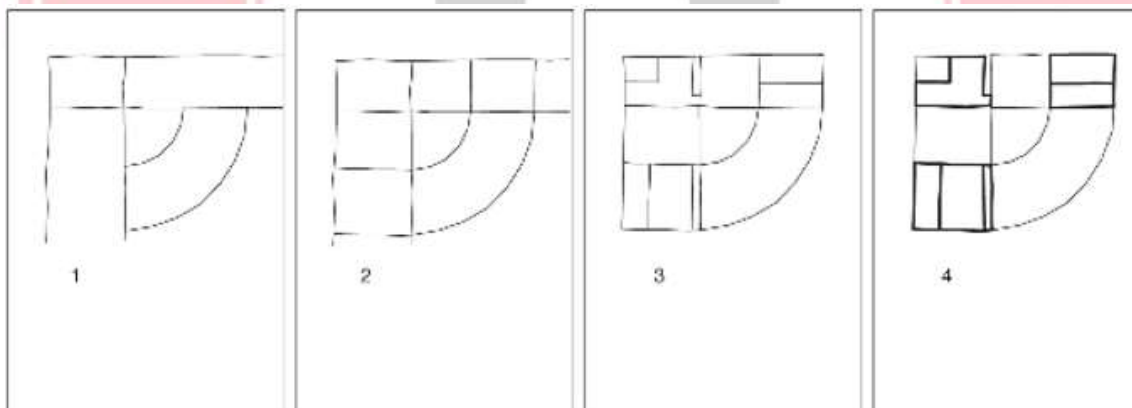
Si el croquis va a ser en perspectiva se seguirá este proceso:

1. **Trazar los ejes de proyección**, dependiendo de si esta va a ser caballera, isométrica, axonométrica o cónica.

2. **Dibujar el espacio que va a contener la pieza;** para ello utilizaremos las medidas exteriores de esta. Recordaremos que el croquis no tiene que ser exacto, pero sí proporcionado; es decir, no hace falta medir en el papel, pero la pieza dibujada no estará deformada y se parecerá a la real.
3. **Dibujar los contornos** de la pieza y los posibles detalles como taladros, ranuras, etc.
4. **Remarcar con el lápiz blando** la pieza para que destaque de las líneas auxiliares que hemos trazado con anterioridad para apoyarnos en el dibujo.



Si el dibujo va a ser plano, se dibujará el recuadro que lo contenga y si se van a dibujar las vistas, se procederá del mismo modo con los recuadros que contengan las vistas.



En cualquiera de los casos, los dibujos que se hagan deben de quedar **centrados en el papel** que utilizemos.

Para estas tareas se utilizará un **lápiz duro**, que no marque mucho el trazo. Para las líneas definitivas de dibujo se usará un **lápiz blando**. En caso de no disponer de los dos, se utilizará siempre el blando porque con él conseguiremos líneas finas, si apretamos poco, y gruesas, si ejercemos mayor presión.

11.4.4. CROQUIZADO DE LÍNEAS, CIRCUNFERENCIAS, ARCOS Y ELIPSES

Para el trazado de estas formas tendremos que apoyarnos en la preparación de la que hemos hablado antes.

El lápiz ha de cogerse con suavidad y a suficiente distancia de la punta como para poder ver una gran parte del dibujo .

Se puede borrar para corregir los errores en el trazo o en el diseño, pero hay que tener en cuenta que la goma de borrar, a veces, ensucia mucho el papel.

Un truco muy usado es apoyar la mano en el papel para conseguir un buen pulso y ayudarnos en el trazo. Si es necesario, el papel se puede girar para orientarlo en la dirección que nos resulte más cómoda para trazar las líneas.

Líneas

Deben hacerse con un trazo seguro en una sola dirección. Es un error muy común trazarlas con un movimiento de vaivén; de esta manera, la línea no sale más recta y, además, se emborrona mucho el dibujo.

Debe hacerse con un solo trazo mirando siempre a dónde termina la línea. Si la línea es muy larga, se deben señalar tanto el principio como el final. También se pueden trazar unos puntos intermedios.



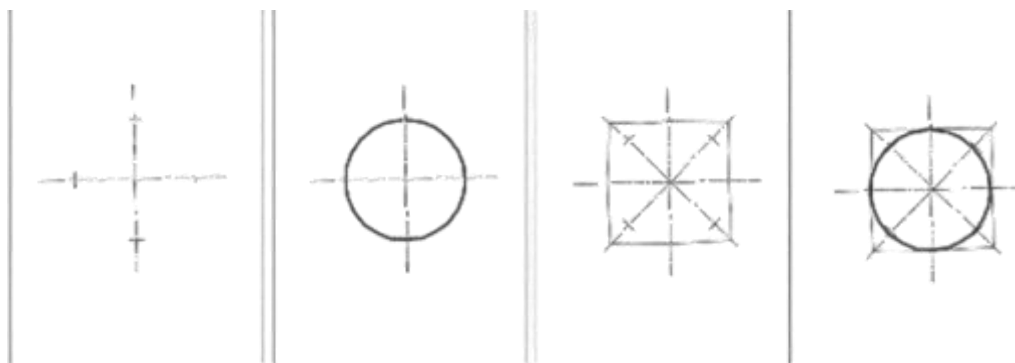
Primero se trazan con las líneas auxiliares y, una vez comprobado cómo quedan definitivamente, se engruesan un poco para diferenciarlas de las anteriores. Esto se puede hacer utilizando un lápiz más blando

Circunferencias

Para trazar una circunferencia lo primero que haremos siempre será trazar dos ejes perpendiculares, y sobre ellos se marcará el radio de la circunferencia. Después, solo habrá que unir los puntos.

Otro procedimiento muy utilizado es trazar un cuadrado que tenga de lado el **diámetro de la circunferencia**. Luego se trazan las mediatrices de los lados y las diagonales. Sobre estas líneas se señala el radio de la circunferencia y después, se unen los puntos

Las personas que realizan croquis con frecuencia adquieren una gran habilidad en el trazado de circunferencias sin utilizar ningún tipo de línea auxiliar.



Arcos

Los arcos se dibujan fijando primero, al menos, tres puntos: el inicial, el final y uno intermedio. Se pueden trazar más puntos o dibujar el triángulo o paralelogramo que lo circunscribe.

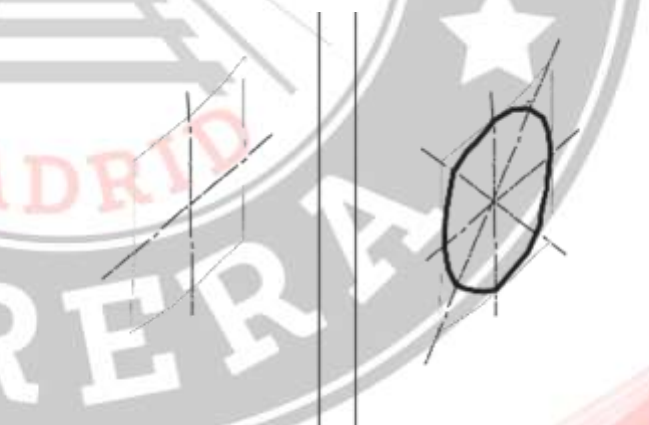
Al igual que con la circunferencia, la práctica nos permitirá dibujar arcos de manera precisa sin necesidad de trazar líneas auxiliares.



Elipses

Para el trazado de las elipses se dibujan los ejes, el paralelogramo que la circunscribe y las diagonales de este; con esto tendremos suficientes puntos para un trazado eficaz.

Es importante que la alineación de los ejes sea la correcta para que no salgan elipses extrañas que desentonen con el conjunto del dibujo.



11.5. PERSPECTIVA

La **perspectiva** es una técnica que permite representar objetos tridimensionales en una superficie plana, proporcionando profundidad y realismo al dibujo. Desde la antigüedad, ha sido usada para plasmar ideas y representar objetos con sensación de volumen. En dibujo técnico, facilita la comprensión de formas y proporciones y es esencial para transmitir ideas de diseño.

11.5.1. DEFINICIÓN Y UTILIDAD DE LAS PERSPECTIVAS

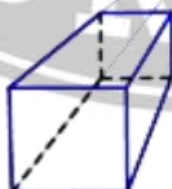
La perspectiva representa las tres dimensiones en un plano bidimensional. Aporta intuición visual y realismo. Aunque intentos de profundidad existen desde tiempos prehistóricos, no fue hasta el Renacimiento que se perfeccionó su uso. Se emplea en múltiples áreas como el diseño de piezas, mecanismos, arquitectura, interiorismo y conducciones industriales.

11.5.2. PERSPECTIVA CÓNICA

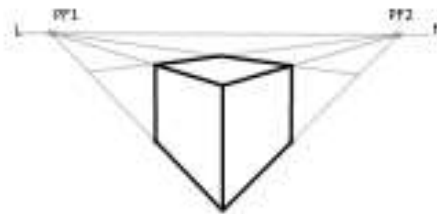
Es la forma más natural de representar cómo vemos el mundo: los objetos lejanos parecen más pequeños y menos nítidos. Se basa en la convergencia de líneas hacia uno, dos o tres **puntos de fuga**, dependiendo del ángulo del observador:



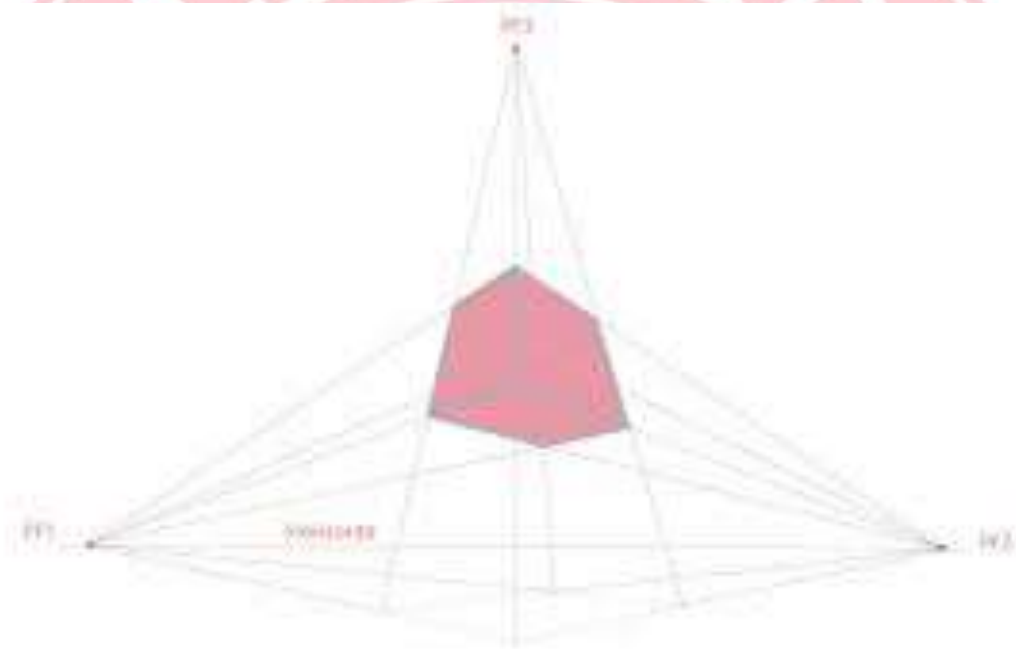
- **Un punto de fuga:** el observador ve el objeto frontalmente de lejos, por lo que la cara frontal está sin deformación alguna.



- **Dos puntos de fuga:** el objeto se ve en posición oblicua.

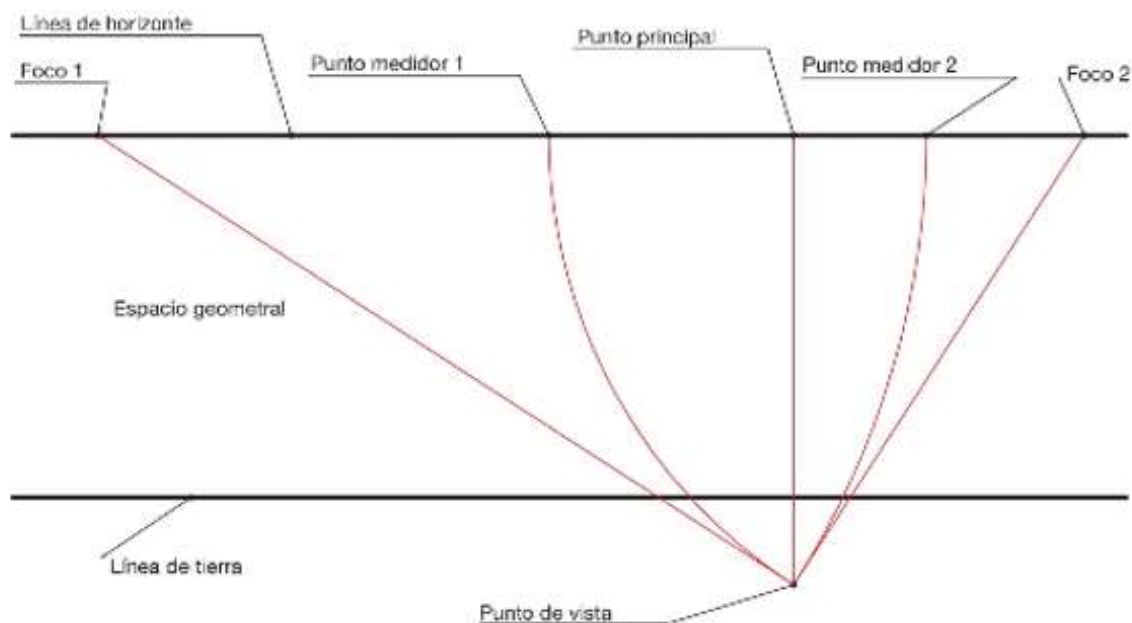


- **Tres puntos de fuga:** el observador está muy cerca y de forma oblicua.



Este tipo de perspectiva es común en arquitectura, arte e interiorismo por su fidelidad visual.

Para su trazado se requiere definir: línea de tierra, línea de horizonte, punto de vista, puntos de fuga, punto principal, puntos medidores y plano geométrico. A partir de estos se trazan las magnitudes y se definen las bases y alturas de los objetos.

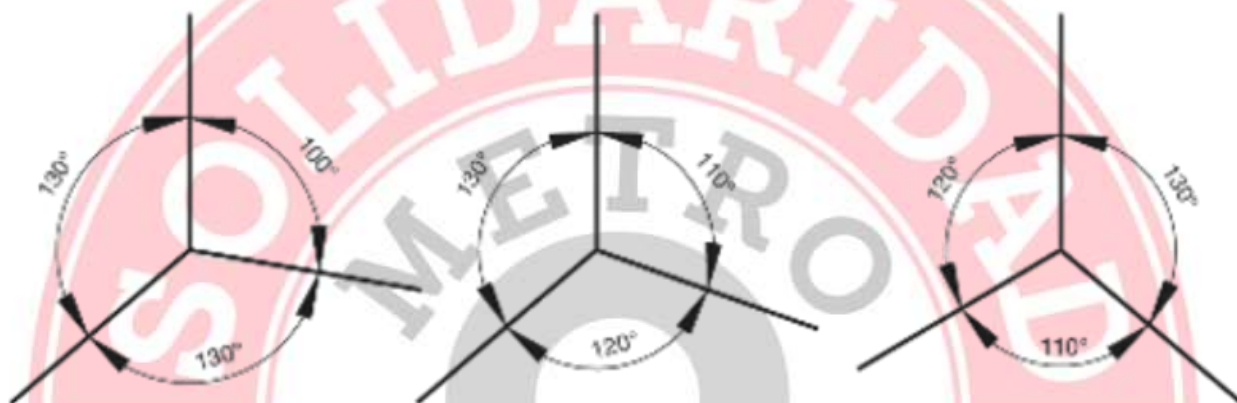


1. **Línea de tierra:** Es la base sobre la que se apoya el dibujo y representa el plano más cercano al observador. En esta línea, las medidas del objeto se muestran con su tamaño real.
2. **Línea de horizonte:** Corresponde al límite más alejado que alcanza la vista del observador. Por encima de esta línea no es posible representar objetos visibles. Se sitúa a la altura de los ojos del observador.
3. **Punto de vista:** Representa la ubicación del ojo del observador desde el cual se contempla la escena.
4. **Puntos de fuga:** Son los extremos del campo visual. Al unir estos puntos con el punto de vista, se forma un ángulo recto (90°), y permiten definir la dirección de las líneas que se alejan en el espacio.
5. **Punto principal:** Es la proyección del punto de vista sobre la línea de horizonte y se utiliza como referencia clave en la perspectiva.
6. **Puntos medidores:** Ubicados sobre la línea de horizonte, permiten calcular la reducción de las medidas según la profundidad, mediante el coeficiente correspondiente.
7. **Plano geométrico o de dibujo:** Es el área sobre la que se realiza la representación gráfica del objeto o espacio a dibujar.

11.5.3. PERSPECTIVA AXONOMÉTRICA

En el método de representación anterior, conocido como perspectiva cónica, se asumía que el observador se encontraba cerca del objeto. Esto provocaba que las líneas visuales convergieran hacia un punto lejano denominado punto de fuga.

Sin embargo, en el sistema de representación que veremos a continuación, se parte de la idea de que el observador está situado en el infinito. Por ello, las proyecciones que se generan son **paralelas a un sistema de planos ortogonales** previamente definidos. El punto de vista del observador puede ubicarse en cualquier parte del espacio, lo que permite representar planos que forman ángulos rectos entre sí (90°), aunque estos se proyecten con diferentes grados sobre el papel, como se muestra en la figura siguiente:



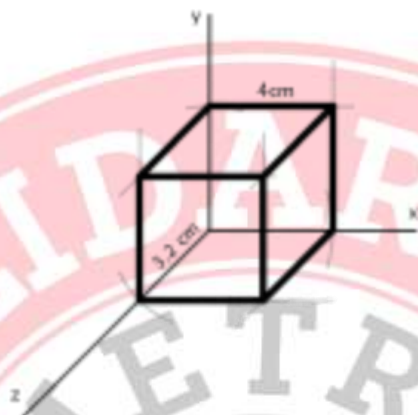
En el sistema **axonométrico**, los ángulos que forman los ejes proyectados siempre suman 360° , aunque no sean iguales entre sí. Al no conservar los mismos ángulos ni proporciones, el objeto no se proyecta del mismo modo en cada dirección. Por ello, el coeficiente de reducción será distinto para cada eje, dependiendo del ángulo que adopten las proyecciones. Debido a la complejidad que supone calcular estos coeficientes manualmente, lo habitual es consultar tablas ya elaboradas con estos valores.

A pesar de ello, **esta perspectiva no se emplea con frecuencia**, ya que requiere aplicar un coeficiente distinto y un ángulo específico para cada eje, lo que complica su uso sin ofrecer ventajas significativas en la representación.

En la práctica, las perspectivas más utilizadas derivadas de la axonométrica son **la perspectiva caballera y la perspectiva isométrica**, que se estudiarán en los apartados siguientes.

11.5.4. PERSPECTIVA CABALLERA

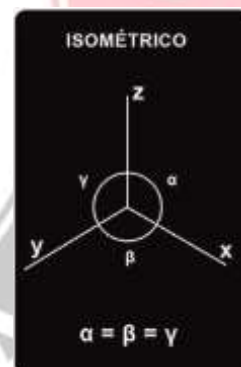
Es un tipo de axonométrica donde el observador se sitúa frente a uno de los planos. Los ejes Z y X forman 90°, mientras que el eje Y se representa con un ángulo libre y requiere **reducción de escala** (por ejemplo, 0,5; 0,6; 0,8). Se utiliza mucho en mecánica por su rapidez y simplicidad. Las circunferencias reales se dibujan en el plano frontal (ZX), mientras que en otros planos se ven como elipses.



11.5.5. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA

También axonométrica, pero con **ángulos iguales (120°)** entre los ejes. El observador se coloca equidistante a los tres planos. No necesita aplicar coeficientes de reducción, lo que facilita el trazado. Por esta razón, es la perspectiva más usada en dibujo técnico.

Se utiliza papel isométrico, que incluye una cuadrícula triangular con los ejes dispuestos a 120°, muy útil para representar tuberías y conducciones industriales.



En este tipo de planos, llamados **isométricos**, las tuberías se dibujan siguiendo su dirección real. Se insertan cotas, símbolos y cambios de dirección que pueden realizarse también con ángulos distintos a 90°.

11.6. VISTAS

11.6.1. PRINCIPIOS DE REPRESENTACIÓN

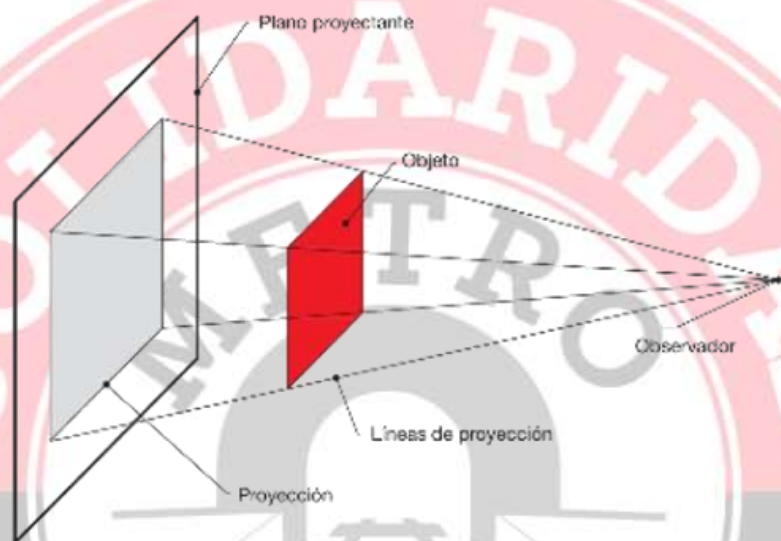
Todos los sistemas de representación en dibujo técnico se basan en un principio común: proyectar objetos tridimensionales sobre uno o más planos para representarlos en dos dimensiones. Este proceso puede compararse con proyectar una sombra mediante una linterna o con el reflejo de un objeto en un espejo.

Para proyectar un objeto se necesitan tres elementos:

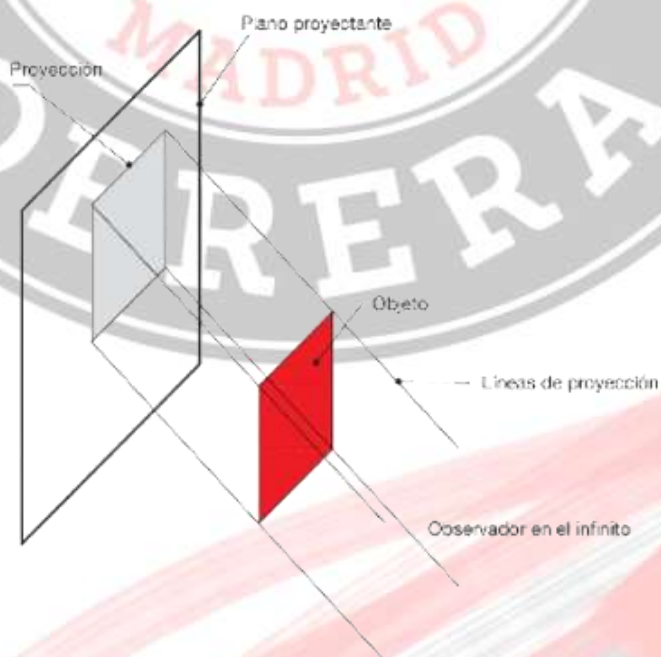
1. El objeto a representar.
2. Un plano, denominado plano proyectante.
3. Rayos proyectantes, que son rectas que pasan por los vértices del objeto e interceptan el plano.

Las proyecciones pueden clasificarse en:

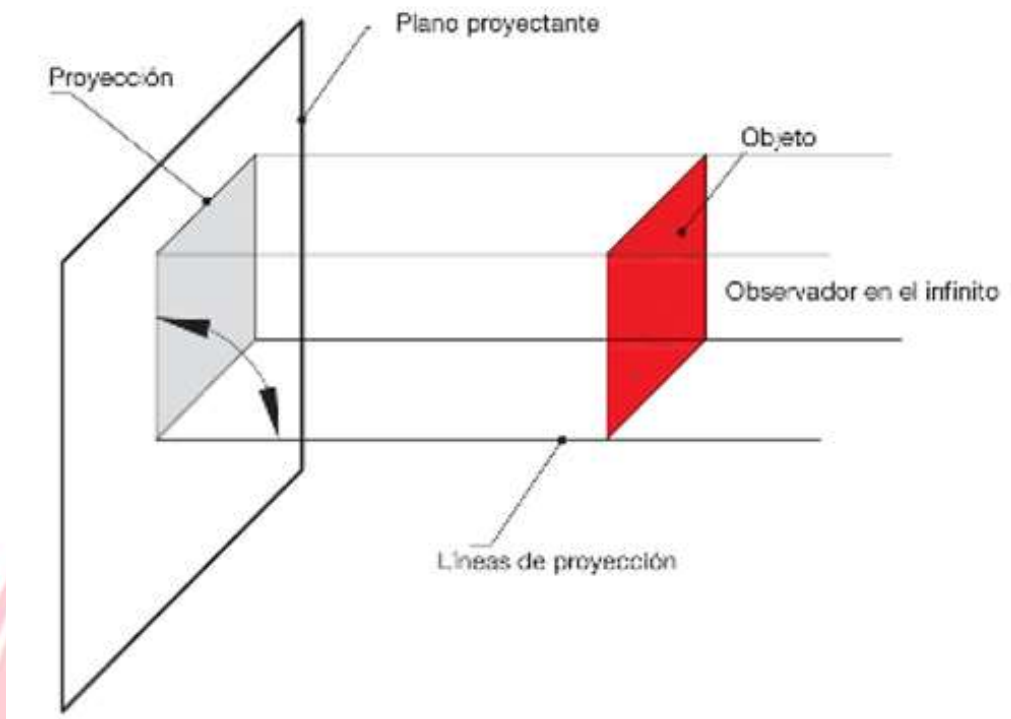
- **Cónica:** los rayos de proyección se abren en el espacio, de manera que se van alejando unas de otras.



- **Cilíndrica oblicua:** los rayos son paralelos, pero inciden oblicuamente sobre el plano.

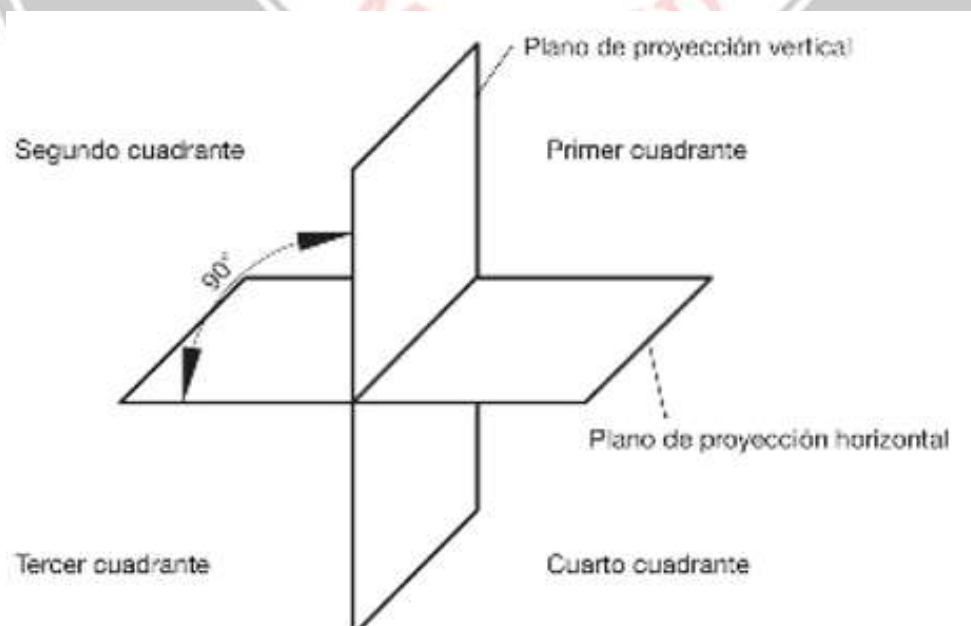


- **Cilíndrica ortogonal:** los rayos son paralelos y perpendiculares al plano proyectante. Es la más usada.



11.6.2. SISTEMA DIÉDRICO

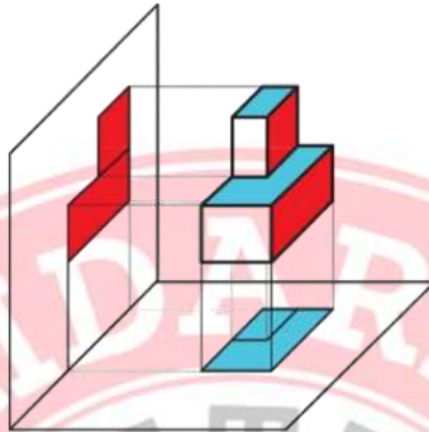
El sistema diédrico se basa en la proyección sobre dos planos ortogonales: uno vertical y otro horizontal, los cuales se cortan formando cuatro cuadrantes. La intersección se denomina **línea de tierra (LT)**.



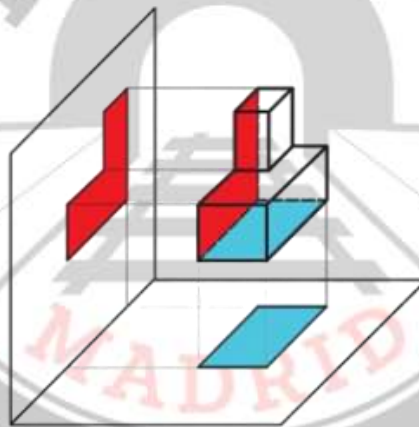
11.6.3. MÉTODOS DE REPRESENTACIÓN

Existen dos métodos para representar vistas:

- **Método europeo:** se representa la sombra proyectada por una fuente de luz.



- **Método americano:** se representa como si fuera el reflejo en un espejo.



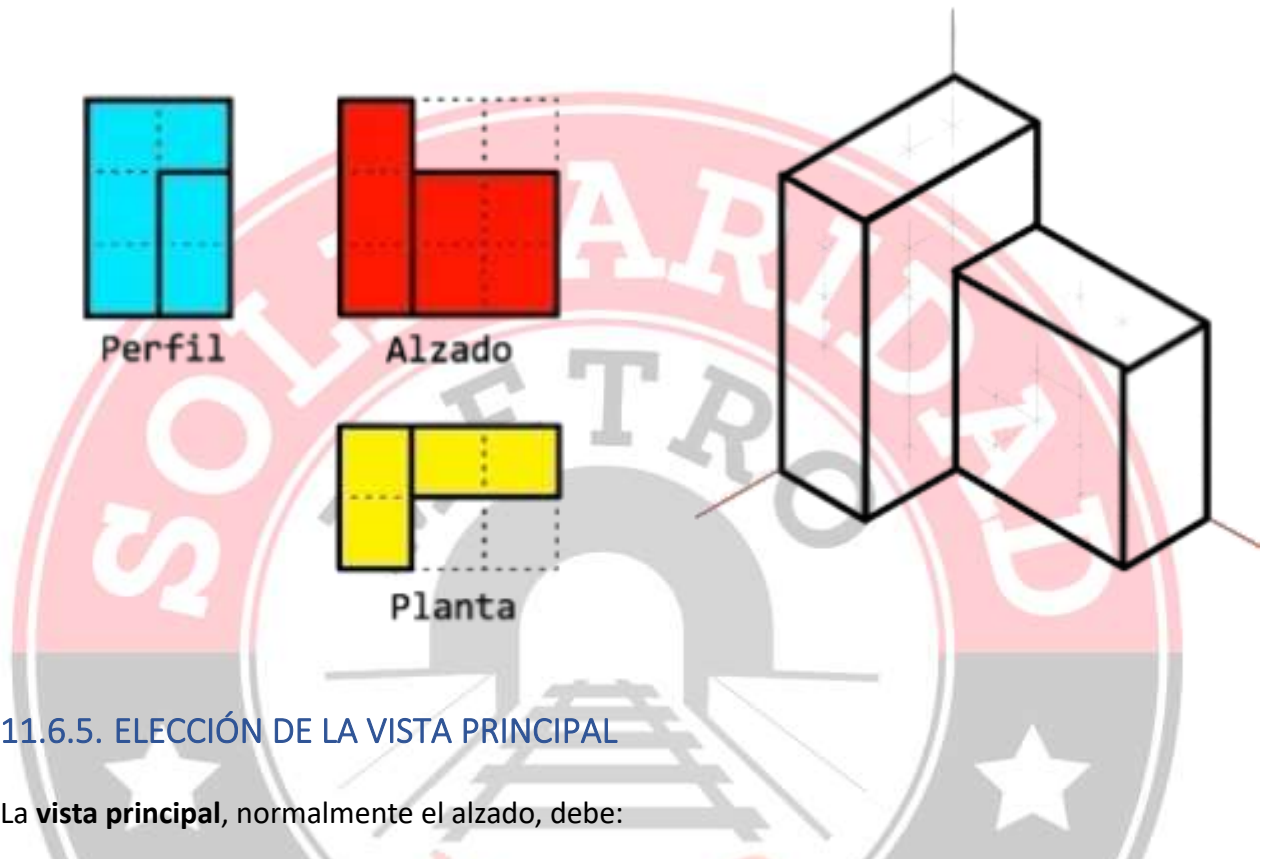
Ambos son válidos, aunque en Europa se utiliza el método europeo por norma general. Se indica mediante los **símbolos** específicos de la siguiente imagen:



11.6.4. REPRESENTACIÓN DE LAS VISTAS

Para representar completamente una pieza se proyectan sus vistas sobre los planos del sistema diédrico:

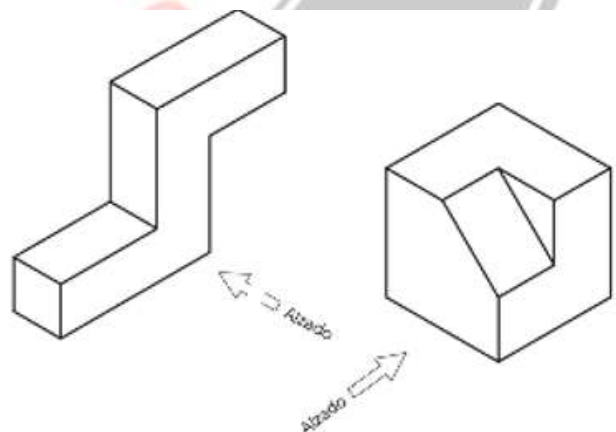
- **Alzado:** vista frontal, sobre el plano vertical.
- **Planta:** vista desde arriba, sobre el plano horizontal.
- **Perfil:** vista lateral, sobre un plano ortogonal lateral.



11.6.5. ELECCIÓN DE LA VISTA PRINCIPAL

La **vista principal**, normalmente el alzado, debe:

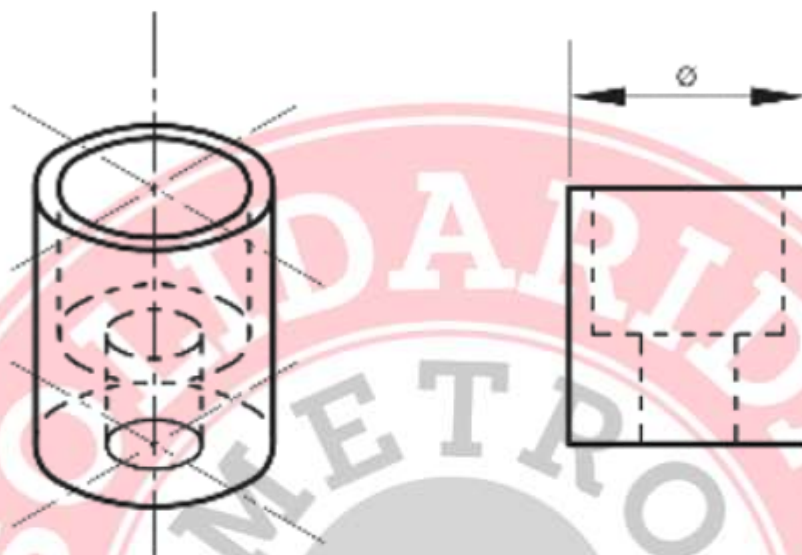
- Representar mejor la pieza.
- Mostrar la menor cantidad de líneas ocultas.
- Facilitar la obtención del resto de vistas.
- Estar en la posición de montaje.



En arquitectura, el alzado representa la fachada principal.

11.6.6. REPRESENTACIÓN DE ELEMENTOS OCULTOS

Se utilizan **líneas discontinuas** para representar partes internas no visibles del objeto (agujeros, rebajes, formas internas). También se emplean técnicas de **corte o sección**, donde se imaginan planos que atraviesan el objeto para mostrar su interior. Las zonas cortadas se resaltan gráficamente.

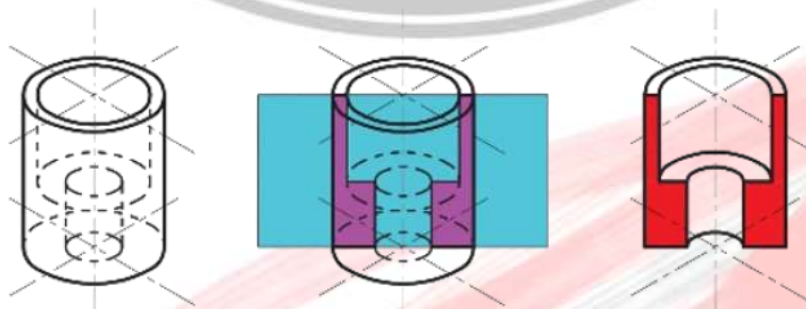


11.7. CORTES, SECCIONES Y ROTURAS

El dibujo técnico no solo representa las formas exteriores de los objetos, sino también su interior cuando es necesario. Para ello, se utilizan técnicas específicas que permiten visualizar lo que se encuentra oculto a simple vista o lo que, por su longitud, sería poco práctico dibujar entero. Este capítulo aborda el uso de **cortes**, **secciones** y **roturas** como recursos gráficos normalizados para una representación clara y precisa.

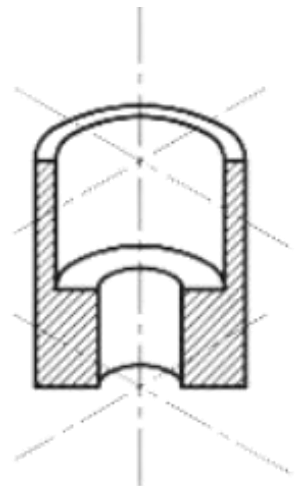
11.7.1. CORTES

Cuando el interior de una pieza es complejo, la representación mediante líneas ocultas puede ser insuficiente. En estos casos, se aplica la técnica del **corte**, que consiste en imaginar que se ha seccionado la pieza por un plano, eliminando la parte que impide la visión y dejando a la vista su interior.



El área cortada se representa con **rayado o achurado**, que sigue unas normas específicas:

- Si se trata de una sola pieza: las líneas se dibujan a 45°.
- Si hay varias piezas unidas: el ángulo puede variar (por ejemplo, a 135°) para diferenciarlas.
- Las líneas deben tener separación regular y homogénea.
- El rayado siempre sigue la misma dirección y no se aplica sobre cavidades vacías.

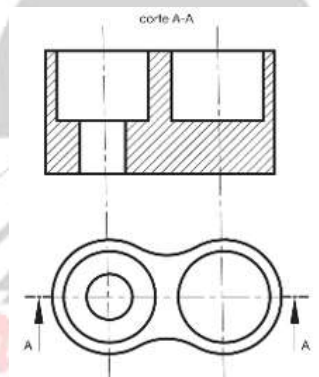


Además, para indicar por dónde se ha realizado el corte, se utilizan líneas de eje terminadas en **trazo y punto**, con flechas que indican el sentido de la mirada. Si hay varios planos de corte, se asignan letras diferentes a cada uno.

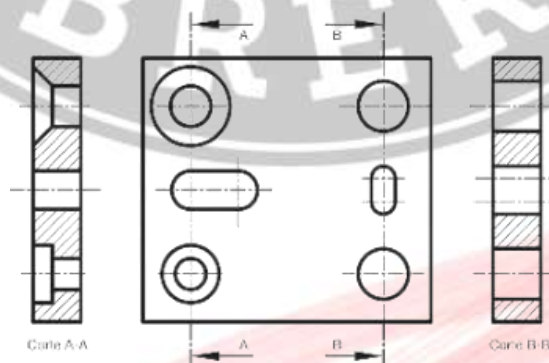
Tipos de cortes

Existen diversos tipos de cortes, adaptados a las necesidades de representación:

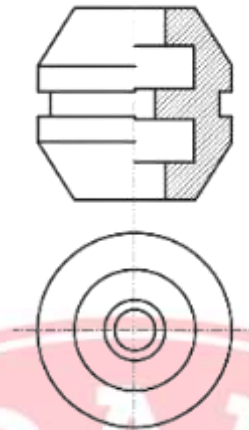
- **Corte total:** el más utilizado. Secciona la pieza completamente. Se representa en planta o alzado con la parte cortada achurada y la línea de corte indicada en otra vista (generalmente en planta).



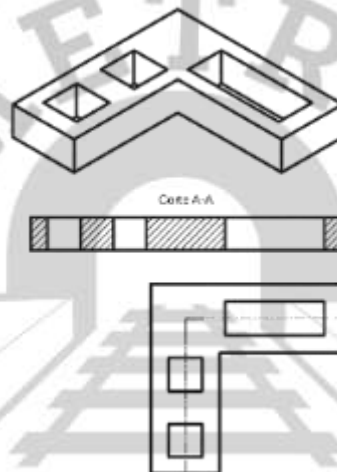
- **Corte por dos planos:** se utiliza cuando es necesario mostrar el interior desde distintas direcciones. Se asignan letras diferentes a cada plano de corte.



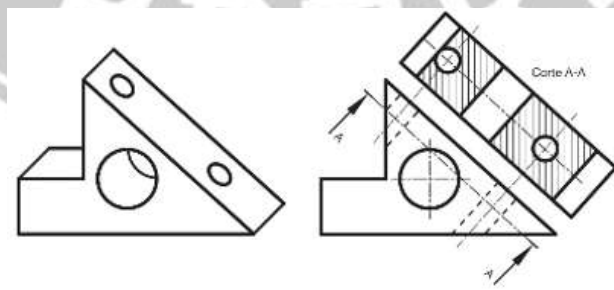
- **Corte al cuarto:** se elimina una cuarta parte de la pieza, permitiendo ver una combinación del interior y exterior. Es común en piezas de revolución.



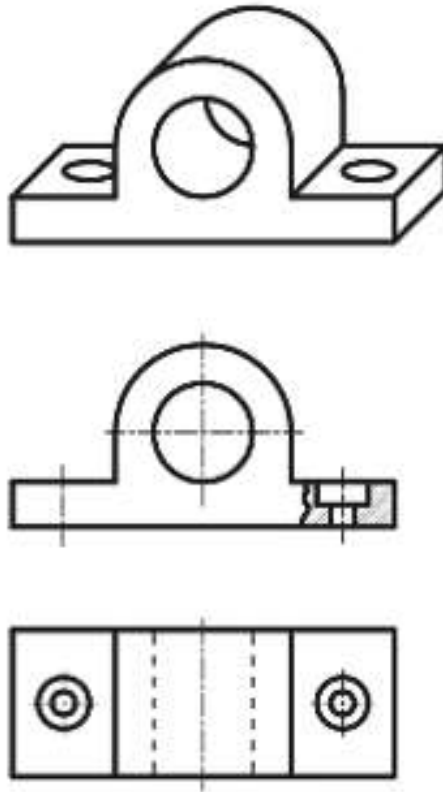
- **Corte total con giro:** la pieza se corta y se gira la zona cortada para representarla en una única vista, sin necesidad de varias proyecciones.



- **Corte total auxiliar:** se aplica cuando se requiere cortar una zona que no es paralela a los planos de proyección principales. Se representa en una vista auxiliar desplazada que contenga ese corte.



- **Corte parcial o de detalle:** se emplea cuando solo interesa mostrar una pequeña parte del interior de una pieza. Es muy frecuente para representar chaveteros, pasadores o pequeños tornillos prisioneros.... La zona cortada se delimita mediante una línea a mano alzada.



Elementos que no se cortan

Por norma, ciertos elementos no deben representarse cortados, aunque se encuentren en la zona de corte. Entre ellos destacan:

- Tornillos
- Chavetas
- Pasadores
- Ejes
- Nervios de fundición
- Radios de ruedas o engranajes
- Dientes de engranajes

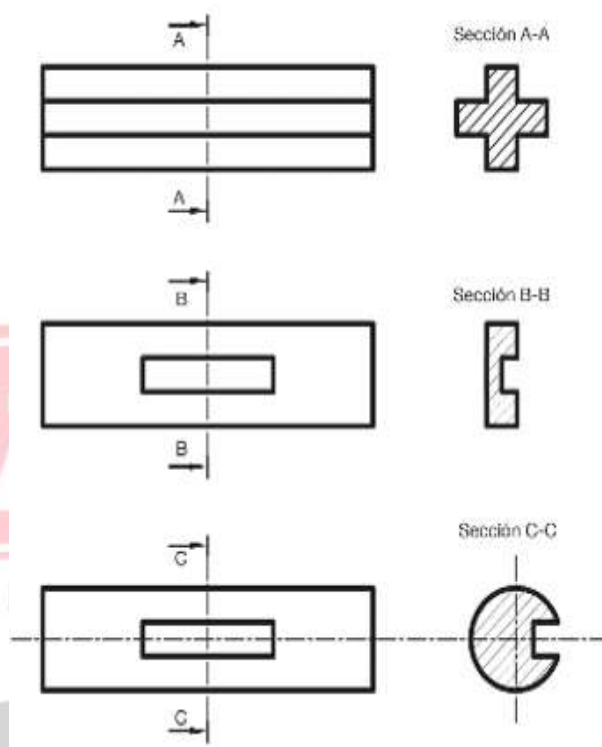
Estos elementos se representan enteros por convención, ya que su forma y función se entienden sin necesidad de mostrar su interior.

11.7.2. SECCIONES

Una **sección** es el resultado de hacer un corte, pero mostrando únicamente la silueta de la zona por la que pasa el plano de corte, sin representar el fondo o lo que se encuentra detrás. Aunque se representa de forma similar a un corte (rayado), la intención gráfica es distinta.

Las secciones se utilizan comúnmente para:

- Mostrar perfiles de barras laminadas, chapas plegadas o perfiles metálicos.
- Representar con claridad elementos repetitivos o de poco espesor.
- Identificar rápidamente materiales en catálogos técnicos.



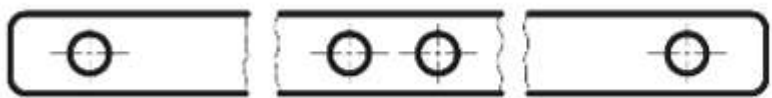
Cuando se dibujan varios perfiles juntos, se separan mediante líneas blancas para facilitar su identificación. En muchos casos, bastará una sección para definir completamente una pieza.

11.7.3. ROTURAS

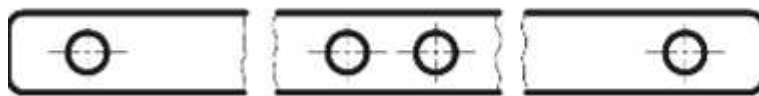
La **rotura** es una técnica que permite representar piezas de gran longitud sin necesidad de dibujarlas enteras. Se aplica cuando la representación completa no aporta información útil y solo ocuparía espacio innecesario.

Las roturas pueden aplicarse en piezas planas o cilíndricas. Existen varios tipos:

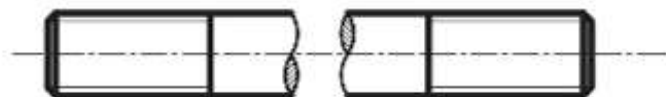
- **Rotura simple:** se elimina una parte intermedia de la pieza, señalada mediante líneas en zigzag o discontinuas hechas a mano alzada.



- **Rotura doble:** se eliminan dos tramos, representando solo los extremos.



- **Rotura en piezas redondas:** se utiliza un símbolo específico para indicar que la pieza continúa sin representar toda su longitud.



La rotura debe realizarse sin afectar a las medidas funcionales. Por ello, se recomienda indicar la cota real, teniendo en cuenta la escala si se ha reducido.

11.8. ACOTACIÓN

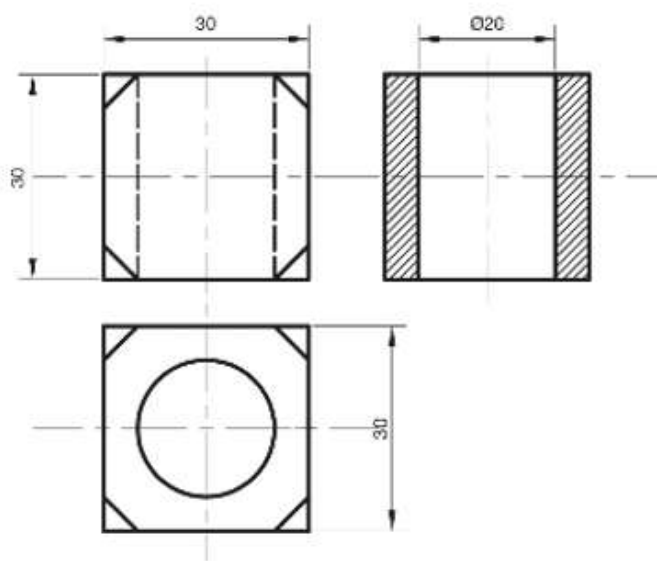
En las unidades anteriores se ha trabajado cómo representar gráficamente un objeto. En esta unidad se aborda la acotación, es decir, la expresión de sus dimensiones. Conocer las medidas de una pieza permite deducir su peso, complejidad y características de fabricación, por lo que resulta esencial incluir cotas en todo dibujo técnico.

La acotación debe realizarse siguiendo normas estrictas para evitar errores de interpretación. Esta unidad resume dicha normativa y proporciona las claves para aplicar correctamente las cotas y comprender lo que se está comunicando en un plano técnico.

11.8.1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA ACOTACIÓN

La **acotación** consiste en indicar en el dibujo las dimensiones y distancias necesarias para definir una pieza. Además de las medidas, puede incluir características como acabados o tolerancias. En la imagen se puede ver una pieza acotada.

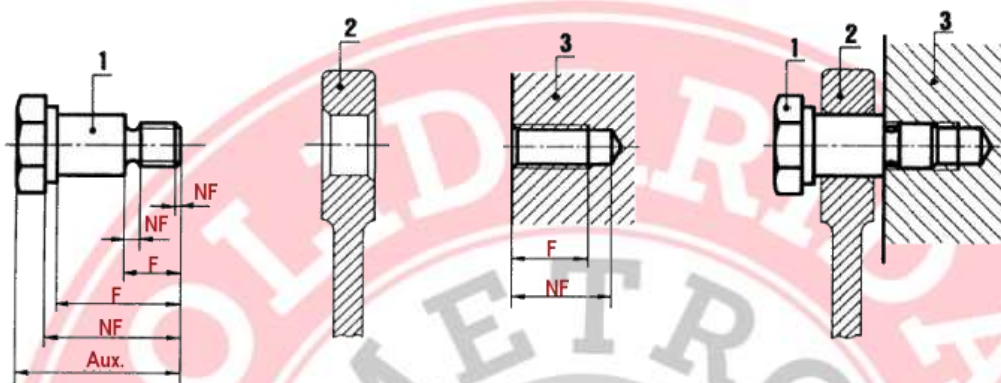
Es fundamental que la pieza quede definida con claridad, evitando un exceso de información que complique su interpretación. Por ello, se deben aplicar únicamente las **cotas justas**. Este proceso debe ser realizado por alguien familiarizado con los procesos de fabricación.



11.8.2. TIPOS DE COTAS

Existen diferentes **tipos de cotas**, que no solo definen dimensiones, sino también centros, posiciones relativas o posibles movimientos:

- **Cotas funcionales:** Sirven para expresar un movimiento, una posición o alguna otra circunstancia necesaria para su fabricación.
- **Cotas dimensionales:** Definen los objetos atribuyéndoles una medida concreta.
- **Cotas auxiliares:** Aunque no son imprescindibles, facilitan la comprensión y fabricación, como por ejemplo el largo total de una pieza torneada.

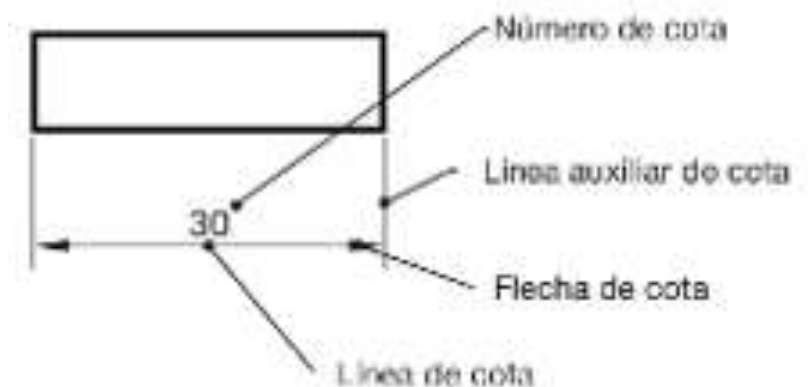


F = COTAS FUNCIONALES - NF = COTAS NO FUNCIONALES - Aux. = COTAS AUXILIARES

11.8.3. ELEMENTOS DE LAS COTAS

Las cotas se componen de varios elementos normalizados:

1. **Líneas auxiliares de cota:** Delimitan el inicio y el fin de la medición.
2. **Línea de cota:** Marca la distancia y es paralela a lo que mide.
3. **Flechas:** En los extremos de la línea de cota; deben tener 15° de inclinación.
4. **Número de cota:** Expresa la distancia, normalmente en milímetros.
5. **Símbolos:**
 - R: radio
 - S: esfera
 - Ø: diámetro
 - □: pieza cuadrada



11.8.4. PRINCIPIOS DE LA ACOTACIÓN

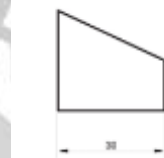
La acotación es un proceso reflexivo que requiere precisión. Algunas reglas básicas son:

- Las cotas no deben repetirse ni faltar.
- Se indica la cota real, sin aplicar escala.
- Las cotas pueden estar en cualquier vista.
- Las líneas de cota deben ser paralelas a lo que miden.
- El tamaño de todos los elementos debe ser proporcional y uniforme.
- La distancia entre cotas debe ser adecuada para una lectura clara.
- Solo se deben usar los símbolos cuando sean necesarios y visibles.
- Las cotas no deben cruzar otras líneas ni partir del dibujo.
- En dibujos en perspectiva, las cotas deben seguir las líneas de fuga.

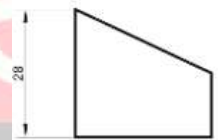
11.8.5. DISPOSICIÓN DE LAS COTAS

Las cotas deben seguir una disposición clara para evitar confusiones:

1. **Horizontales:** Número centrado sobre la línea.



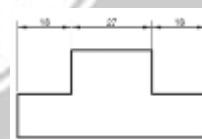
2. **Verticales:** Número en el centro, a la izquierda, leído de abajo a arriba.



3. **Alineadas:** Paralelas a la línea inclinada que acotan.



4. **Asociadas o en serie:** A continuación, unas de otras.



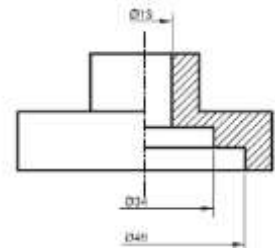
5. **En paralelo:** Varias líneas, equidistantes entre sí.



6. **Líneas de referencia:** Señalan una ubicación, una zona o una pieza específica. Si la línea indicadora apunta a un borde, finaliza con una flecha; si apunta al interior del componente, termina en un punto. Sobre ellas se puede colocar un valor, una cota, un símbolo, o una palabra que aclare algo o identifique un elemento.



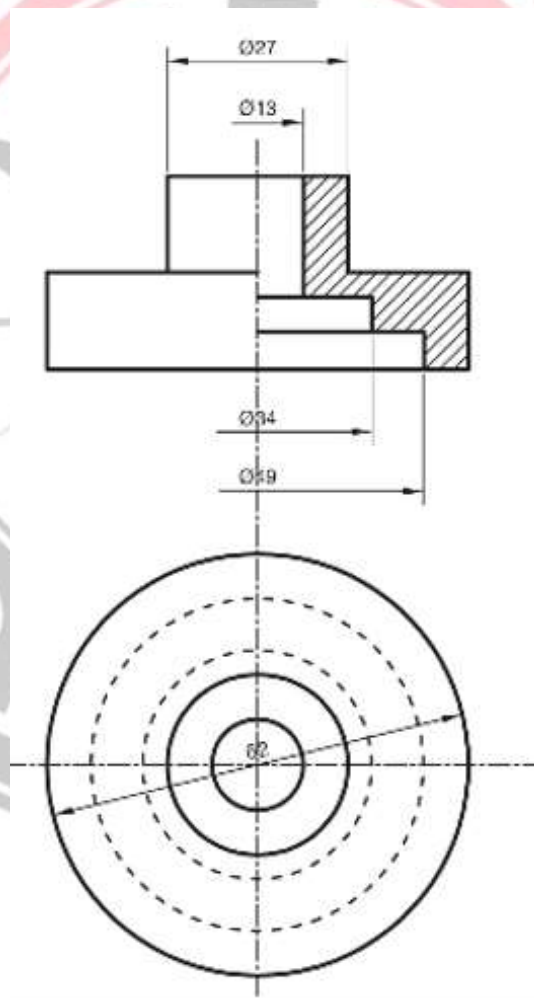
7. **Cotas parciales:** Se denomina así a las dimensiones que parten desde un corte parcial realizado en la pieza. Solo presentan una línea de guía y una flecha, ya que en el otro extremo existiría una línea oculta sobre la cual no se debe acotar.



11.8.6. ACOTACIÓN DE RADIOS Y DIÁMETROS

La normativa distingue claramente cómo acotar radios y diámetros:

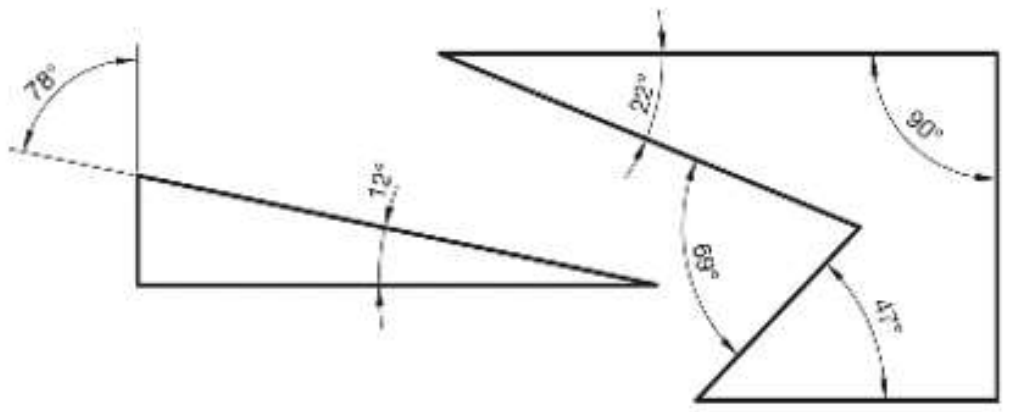
- Los **arcos mayores de 180°** se acotan por diámetro; los menores, por radio.
- Se usa el símbolo **R** si no se conoce el centro del arco.
- El símbolo **Ø** solo se usa si no está claro que se trata de un círculo.
- Si hay muchos diámetros concéntricos, solo se acotan tres por vista.



11.8.7. ACOTACIÓN DE ÁNGULOS

Los ángulos se acotan mediante un **arco** con centro en la intersección de las líneas que lo forman, con flechas en sus extremos. Si no hay espacio suficiente, se usan líneas auxiliares.

También es posible acotar **longitudes de arco**, aunque no es habitual. Si se hace, el valor debe ir acompañado de un símbolo que indique que se trata de una medida lineal.

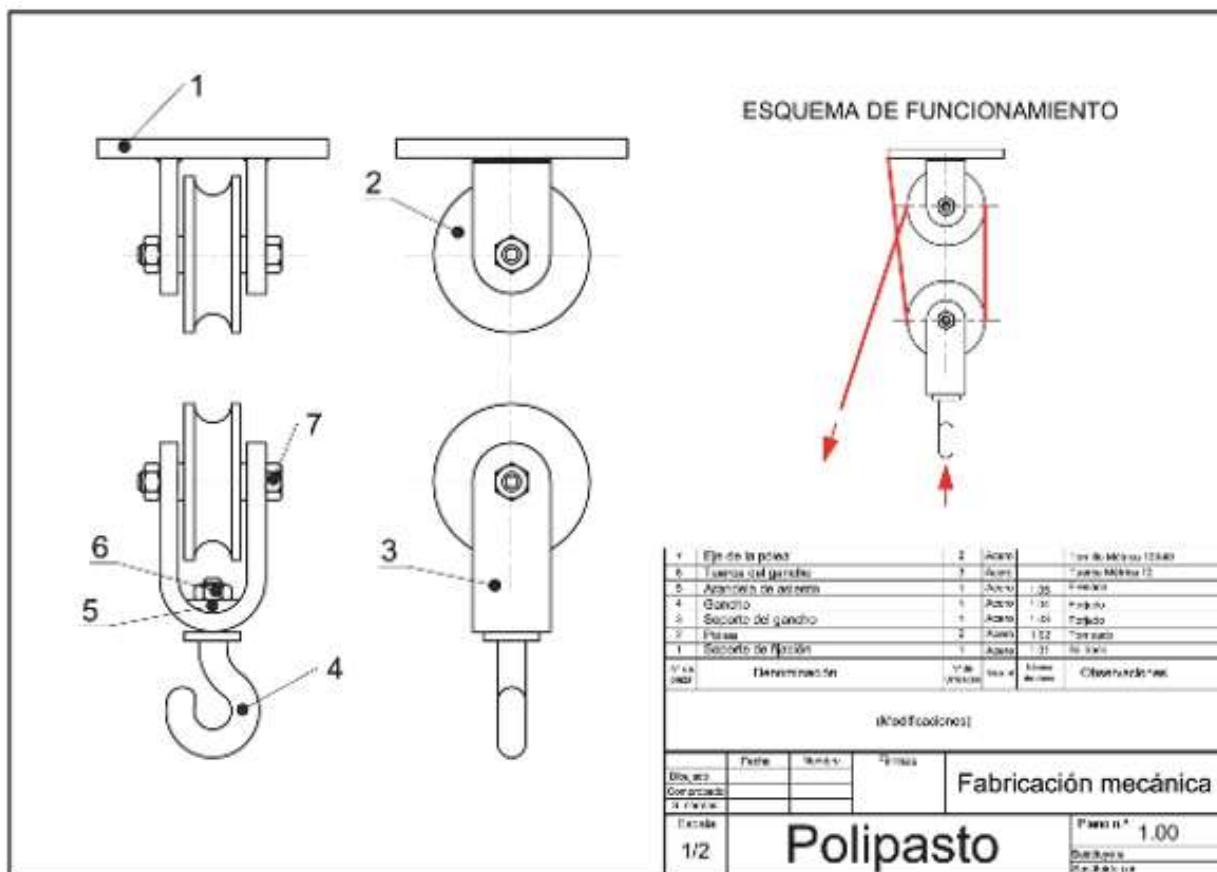


11.9. INTERPRETACIÓN DE PLANOS

El propósito fundamental de este capítulo es aprender a interpretar correctamente los planos técnicos que se nos proporcionan. Esta habilidad resulta esencial tanto para la fabricación de piezas como para el montaje de conjuntos completos. Como técnicos, nuestra función no es elaborar planos, sino entenderlos con precisión y ejecutar fielmente lo que en ellos se indica.

11.9.1. PLANOS DE CONJUNTO

Los **planos de conjunto** son los que muestran todas las piezas que forman un mecanismo o dispositivo ensamblado. Por lo general, son planos de gran tamaño que representan la construcción completa. En estos planos no se acotan dimensiones, sino que se utilizan **líneas de referencia o directrices** para señalar e identificar las distintas partes, las cuales se detallan después en los planos de despiece.



Existen dos formas de representar un conjunto:

- **Mediante vistas:** representaciones ortogonales del objeto.
- **Mediante perspectiva:** representación tridimensional.

Cuando el plano muestra el conjunto en perspectiva con todas las piezas separadas, se denomina **conjunto expandido**. Este tipo es muy útil para identificar componentes en tareas de montaje o mantenimiento, y es común en catálogos técnicos y manuales de usuario.

En mecanismos complejos, se recurre a la división en **subconjuntos**, que pueden a su vez contener otros subconjuntos. Cada uno se representa y se despieza de manera jerárquica, lo que facilita el montaje, la identificación de piezas y la gestión de repuestos.

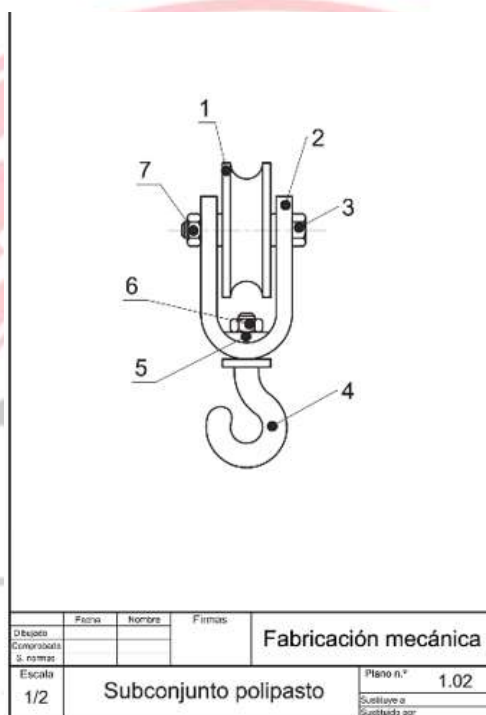
11.9.2. IDENTIFICACIÓN DE PIEZAS EN LOS PLANOS DE CONJUNTO

Para identificar cada componente, se utilizan **líneas de referencia** que terminan en un punto (si señalan al interior de la pieza) o en una flecha (si apuntan a una arista). En el otro extremo de la línea se coloca un número dentro de un círculo, que permite asociar la pieza con su descripción en la lista del plano.

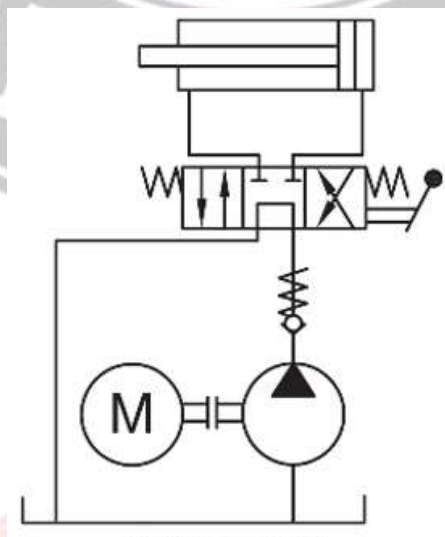
Estas líneas no deben cruzarse y deben colocarse lo suficientemente lejos del dibujo para que la numeración sea legible. La lista de despiece incluirá el número de cada pieza, su denominación, material y otras características técnicas relevantes.

11.9.3. INTERPRETACIÓN DE VISTAS

Una vez identificadas las piezas, es necesario localizar en la lista de despiece el plano correspondiente. Estos planos muestran una o varias **vistas** de cada componente según su complejidad. Incluyen cortes, secciones y roturas para detallar zonas internas y facilitar su fabricación o montaje.



En ciertas especialidades, como montajes eléctricos, electrónicos o hidráulicos, se utiliza simbología normalizada en lugar de representar las piezas completas, ya que lo relevante es la función que cumplen y no tanto su forma.



11.9.4. OBTENCIÓN DE COTAS Y OTRAS INFORMACIONES PARA LA FABRICACIÓN

Existen distintos tipos de cotas según su finalidad:

- **Funcionales:** permiten situar taladros, ranuras y zonas clave del diseño para asegurar su correcto funcionamiento.
- **No funcionales:** sirven para dimensionar la pieza sin afectar su funcionalidad.
- **Auxiliares:** ayudan a comprender medidas a partir de otras cotas. Son útiles para evitar cálculos adicionales.

Además de las cotas, en los planos también se especifican otros elementos como tratamientos térmicos, acabados superficiales, tolerancias y métodos de fabricación. También es fundamental comprobar la **escala**, que suele venir indicada en el plano. A menos que se especifique lo contrario, todas las cotas reflejan medidas reales.

11.9.5. MARCADO DE PIEZAS

En sistemas mecánicos complejos, las piezas y subconjuntos deben estar correctamente identificados para facilitar su montaje y mantenimiento. Dado que muchas veces estas piezas son fabricadas por distintos operarios o incluso por empresas diferentes, se recurre a una numeración jerárquica que permite organizar los planos de manera clara y ordenada.

El proceso de marcado comienza con un **plano de conjunto**, que puede incluir uno o varios subconjuntos. Estos subconjuntos, a su vez, se numeran siguiendo un orden lógico previamente establecido. En la lista de despiece se especifica esta numeración, y cuando las descripciones de las piezas son muy largas, se puede emplear un formato resumido.

Es importante tener presente que las piezas **normalizadas** o adquiridas comercialmente **no necesitan plano de despiece**.

Ejemplo de numeración jerárquica

- El **plano de conjunto** principal será el número 1 y su referencia será **1.00**.
- La **pieza número 1** tendrá la referencia **1.01**.
- La **pieza número 2** tendrá la referencia **1.02**.

Si una de esas piezas (por ejemplo, la número 5) corresponde a un subconjunto:

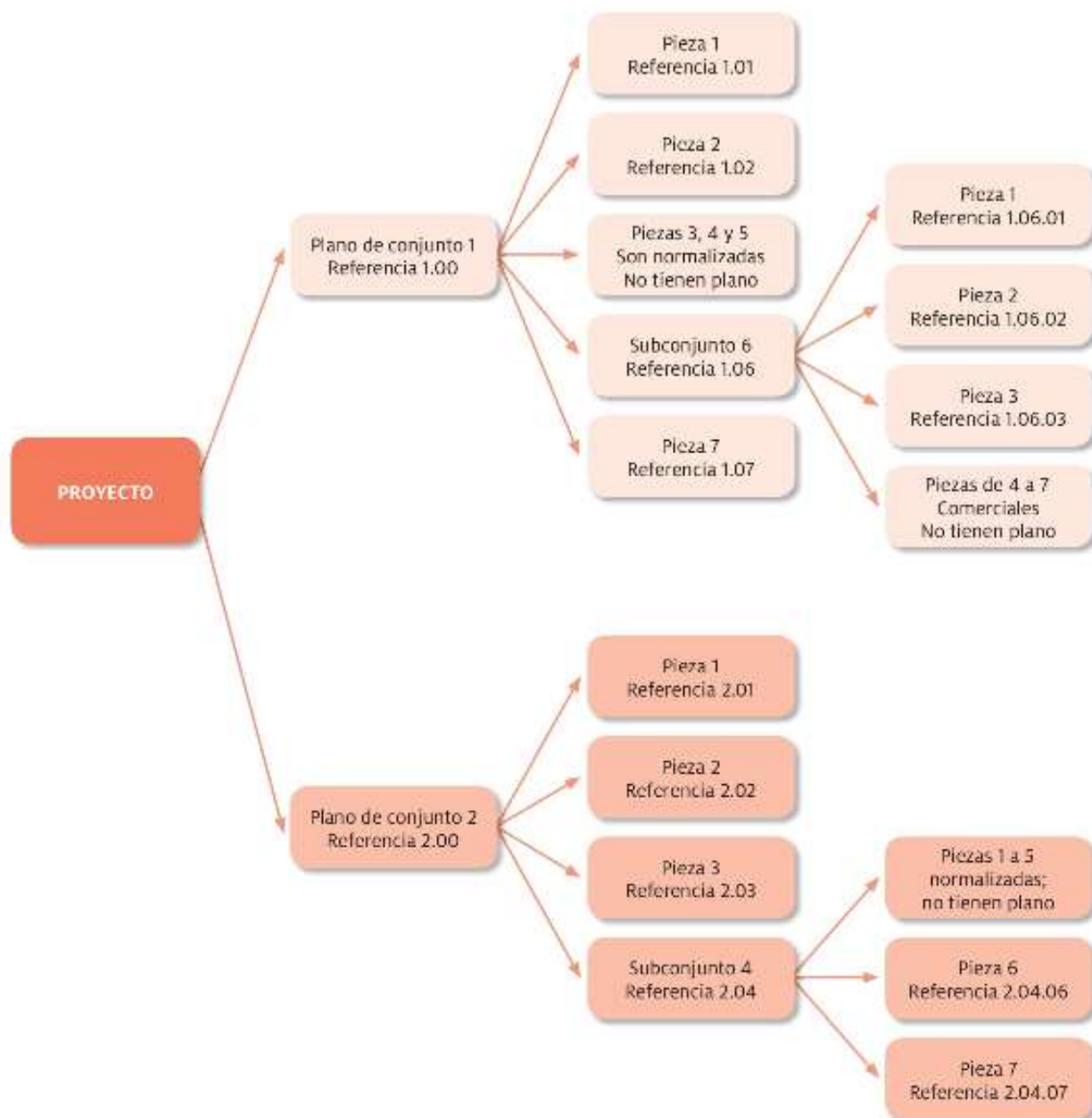
- Su referencia será **1.05**.
- La primera pieza dentro de ese subconjunto será **1.05.01**.
- La segunda, **1.05.02**.

- Y así sucesivamente.

En caso de que una pieza (por ejemplo, la número 4) sea un **elemento comercial sin plano de despiece** (como un tornillo), no tendrá plano individual, pero aparecerá en el plano de conjunto y estará referenciada para su localización.

Este sistema permite conocer el origen y el destino de cada pieza dentro de un montaje, favoreciendo la comprensión global del conjunto. Esta lógica de numeración se hace aún más clara al observar esquemas jerárquicos, como el representado en la Figura 1.5, donde se incluyen varios planos de conjunto y subconjuntos enlazados entre sí.

En la siguiente imagen aparece un esquema que se sigue para la numeración o referenciado de planos.

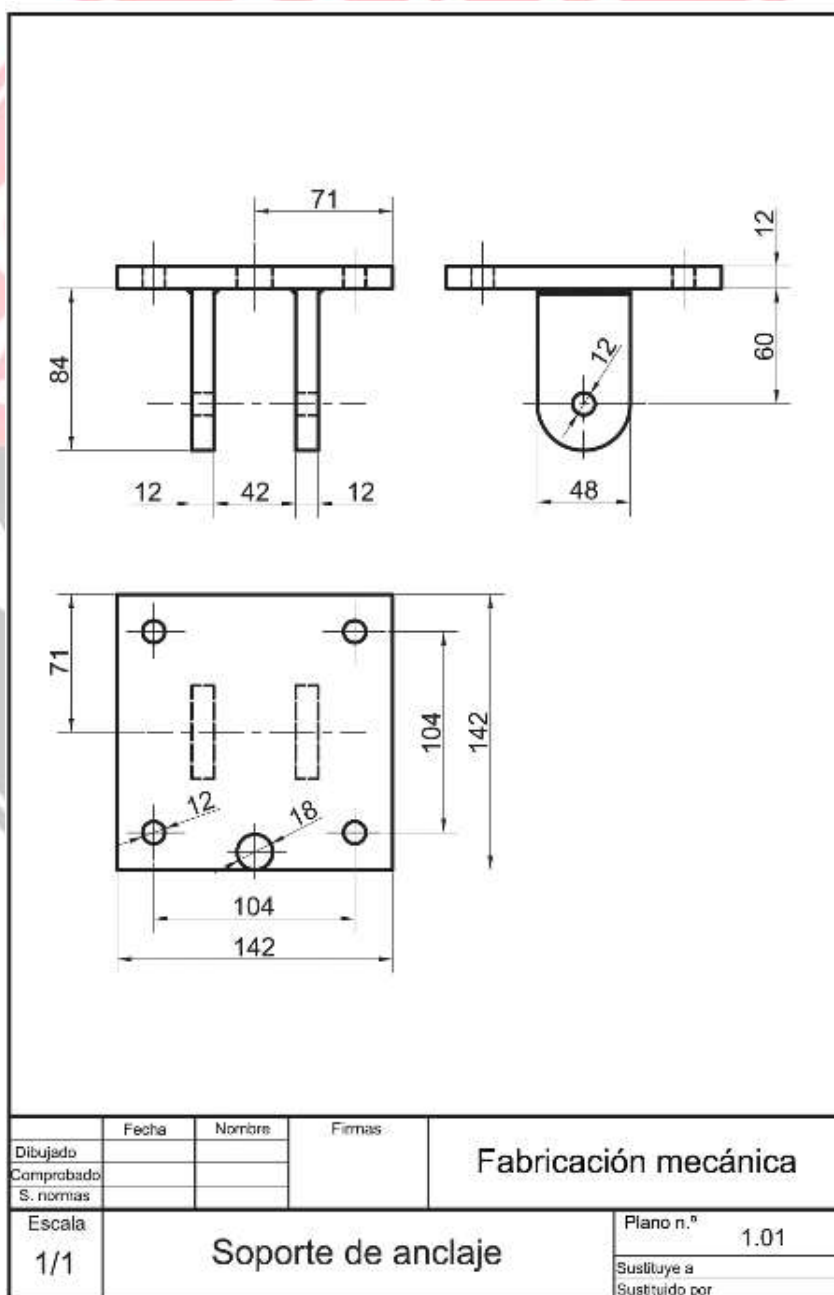


11.9.6. PLANOS DE DESPIECE

Los **planos de despiece** derivan del plano de conjunto. Representan individualmente cada una de las piezas que lo componen, con sus correspondientes cortes, secciones y cotas. En ellos se indican todos los detalles necesarios para su fabricación: dimensiones, acabados, tratamientos, etc.

Cada plano de despiece tiene asignado su propio número y suele representar la pieza en una escala adecuada a su tamaño. Las piezas normalizadas o comerciales no tienen plano propio, pero sí aparecen representadas en el plano de conjunto y en la lista de piezas.

En estos planos también se aplican normas de acotación y simbología, lo que permite transmitir toda la información técnica sin necesidad de explicaciones adicionales.



11.10.REPRESENTACIÓN DE TOLERANCIAS

En la realidad, construir o fabricar con medidas totalmente exactas es imposible. Siempre existirá alguna desviación, por muy pequeña que sea. Por tanto, los técnicos deben fabricar con un margen de error admisible, es decir, un error que no afecte a la función que debe cumplir la pieza. A este margen se le denomina **tolerancia**.

En esta unidad se estudian los distintos tipos de tolerancias y cómo representarlas de forma normalizada en los planos.

11.10.1. TOLERANCIAS SEGÚN EQUIPOS Y TRABAJOS

Al fabricar o construir un objeto, es inevitable que existan errores debidos al desgaste de herramientas o a la propia manipulación. Por ello, las tolerancias representan el **error permitido** en una medida sin afectar al correcto funcionamiento del objeto.

Cada tipo de trabajo requiere **tolerancias diferentes**. Por ejemplo, una desviación de un metro en una carretera puede ser aceptable, pero en la fabricación de una pieza mecánica sería inadmisibles. Las tolerancias, por tanto, dependen del objeto y del uso que se le dará.

También influyen los **equipos e instrumentos utilizados**. No es lo mismo trabajar con una herramienta manual que con una fresadora de precisión. Por ello, al interpretar un plano técnico, es importante analizar las tolerancias indicadas para seleccionar correctamente la máquina o herramienta que se utilizará.

11.10.2. TOLERANCIAS DIMENSIONALES

La **tolerancia dimensional o de medida** es la desviación o error permitido con respecto a la medida nominal, es decir, la que debería tener una pieza si fuera exacta.

Normalmente se expresa como un valor \pm respecto a la medida nominal (por ejemplo, $18 \pm 0,1$). También puede indicarse directamente el rango entre el valor máximo y el mínimo (por ejemplo, $18,1 / 17,9$), o mediante dos valores indicados a la derecha de la medida, uno positivo y otro negativo (por ejemplo, $18 +0,2 -0,1$).

Estas tres formas son las más habituales para expresar las tolerancias de medidas en los planos técnicos.

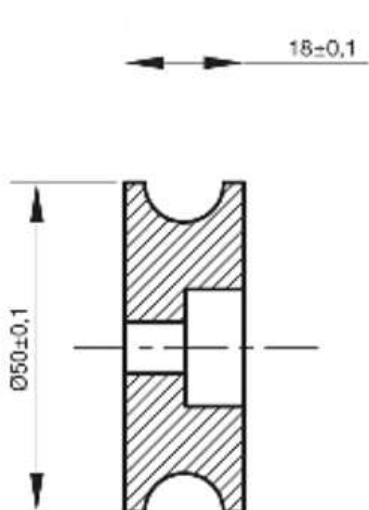


Figura 10.1. Indicación de las tolerancias.

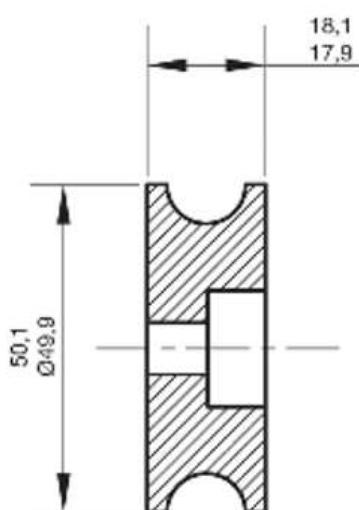


Figura 10.2. Otra forma de indicación de las tolerancias.

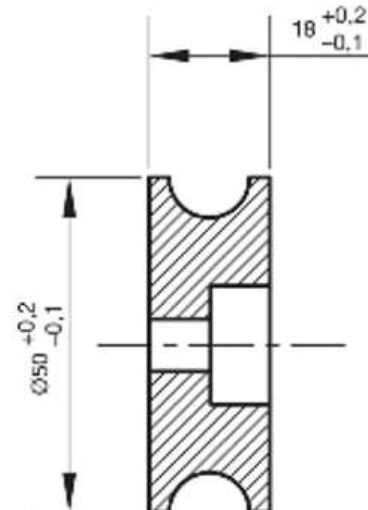


Figura 10.3. Indicación de las tolerancias dobles.

11.10.3. TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS DE FORMA, POSICIÓN Y ORIENTACIÓN

En muchas ocasiones, las tolerancias dimensionales no son suficientes para garantizar el correcto funcionamiento de una pieza. Aunque las medidas indicadas puedan estar dentro de los márgenes permitidos, pueden existir defectos geométricos que afecten su funcionalidad. Para controlar estos aspectos, se emplean las **tolerancias geométricas**, que regulan la forma, la orientación y la posición de los elementos de una pieza.

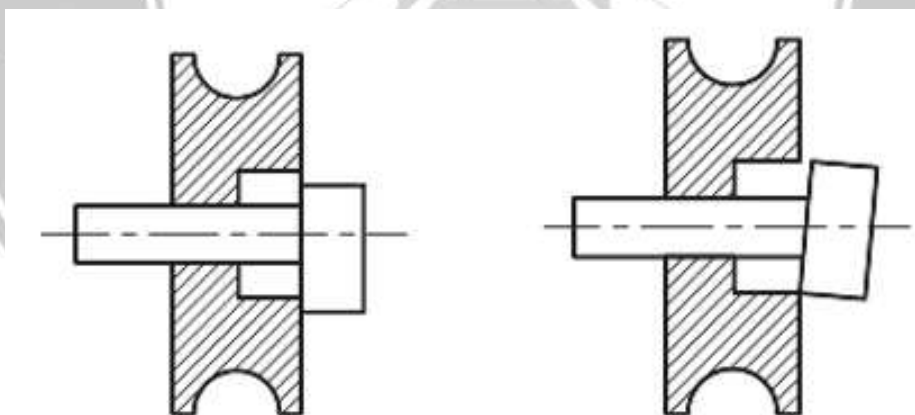


Figura 10.4. Cilindros descentrados.

Figura 10.5. Falta de perpendicularidad.

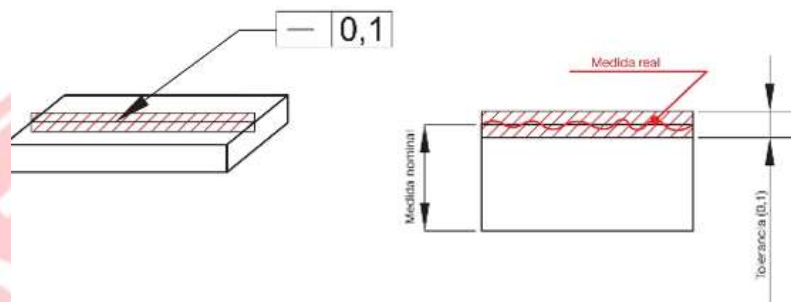
Estas tolerancias están **normalizadas internacionalmente** y se representan mediante símbolos específicos acompañados de líneas de referencia, rectángulos divididos en celdas, flechas y letras mayúsculas que identifican las superficies o elementos de referencia.

Las tolerancias geométricas se clasifican en tres grandes grupos:

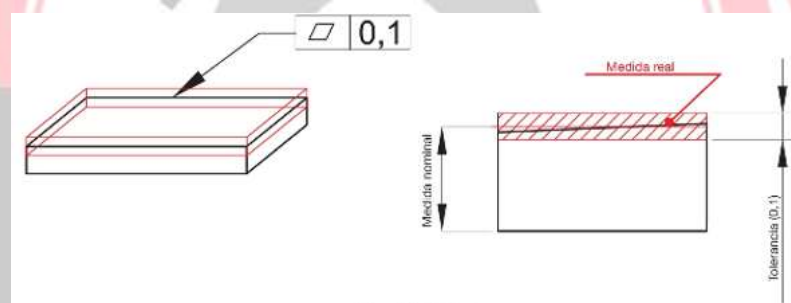
Tolerancias de forma

Regulan la geometría intrínseca de los elementos de una pieza sin necesidad de referirse a otros elementos. Se aplican a una única parte del objeto, como líneas o superficies. Los principales tipos son:

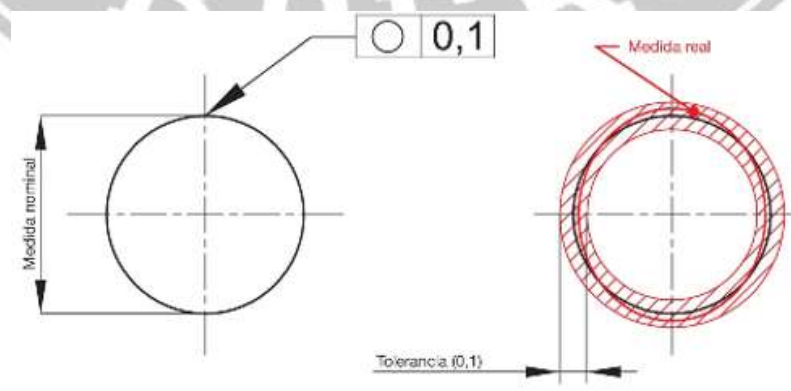
- **Rectitud:** controla que una línea esté dentro de un margen aceptable para considerarse recta. Se verifica situándola entre dos líneas paralelas separadas por el valor de la tolerancia. Se puede aplicar en elementos planos o generatrices de cilindros o conos.



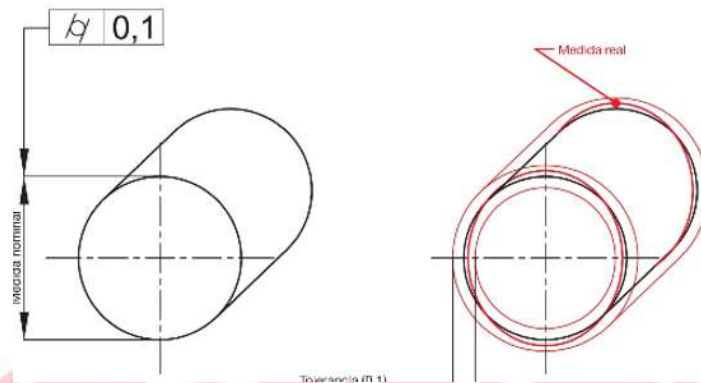
- **Planitud:** similar a la rectitud, pero aplicada a superficies. Se comprueba que todos los puntos estén entre dos planos paralelos separados por la tolerancia especificada.



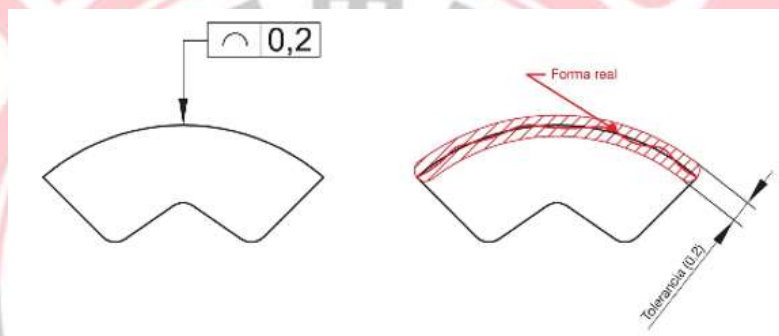
- **Redondez:** se utiliza en secciones circulares para asegurar que el perfil es verdaderamente circular. Se comprueba con anillos concéntricos entre los que debe estar contenido el contorno real.



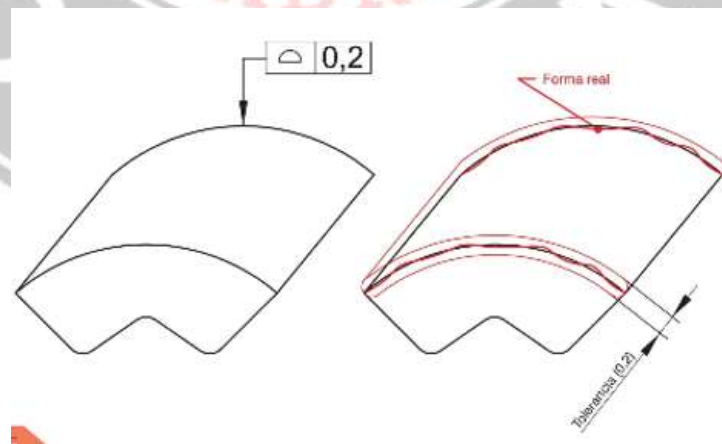
- **Cilindricidad:** asegura que una superficie cilíndrica mantiene su forma a lo largo de su eje. El elemento debe quedar entre dos cilindros imaginarios concéntricos, separados por el valor de la tolerancia.



- **Forma de una línea:** controla la curvatura de una línea, por ejemplo, en una pieza curva, asegurando que su contorno real se mantiene dentro de un margen determinado.



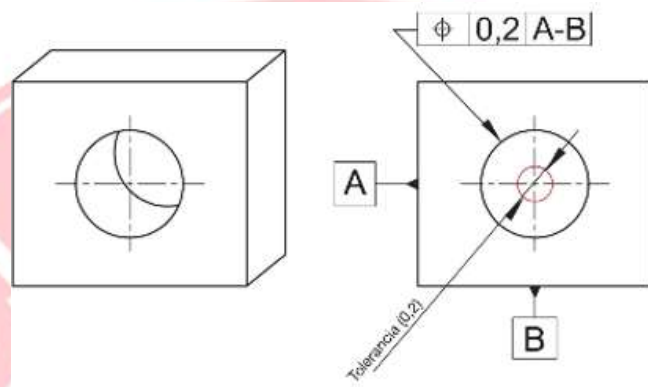
- **Forma de una superficie:** verifica que una superficie compleja mantiene su geometría ideal, situada entre dos superficies paralelas separadas por la tolerancia.



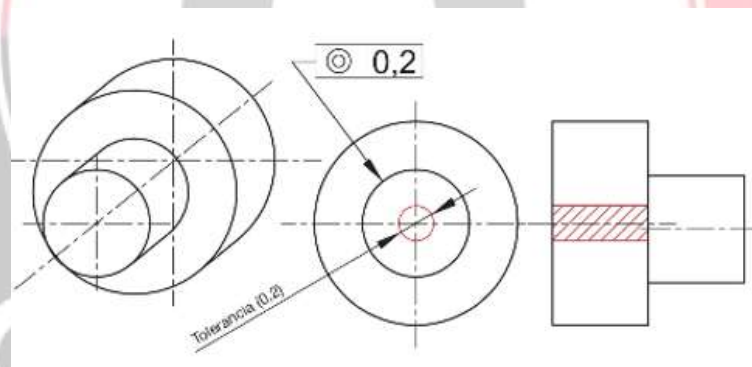
Tolerancias de situación

Este grupo indica la **posición relativa de los elementos** de una pieza respecto a otros, controlando aspectos como la simetría, concentricidad y la localización exacta de orificios, ejes o superficies. Son fundamentales en operaciones de ensamblaje y montaje.

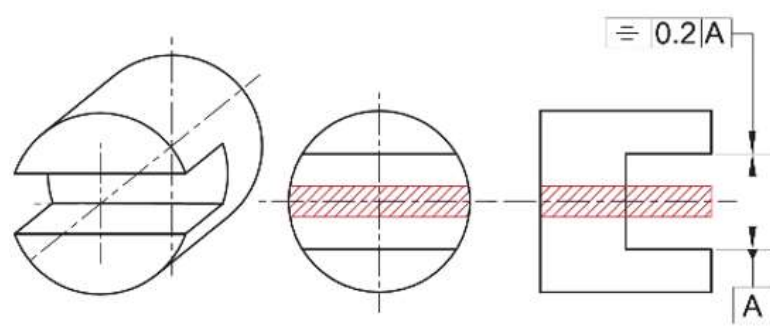
- **Posición:** establece un margen dentro del cual debe situarse un punto, eje u orificio. La zona permitida se representa como un cilindro de tolerancia en cuyo interior debe estar el elemento.



- **Concentricidad:** asegura que dos cilindros comparten un mismo eje. El eje del cilindro interior debe coincidir, dentro de la tolerancia, con el del cilindro exterior.



- **Simetría:** exige que un elemento esté ubicado con respecto a un plano medio, de forma que quede equidistante de los elementos simétricos.

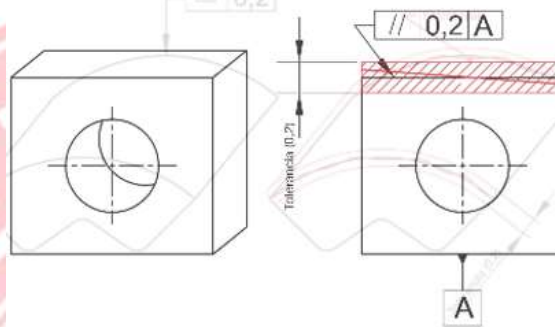


Para indicar estas tolerancias se emplean **símbolos normalizados** acompañados de letras mayúsculas que identifican los elementos de referencia

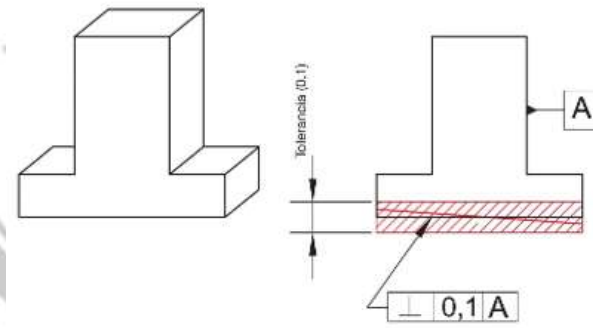
Tolerancias de orientación

Controlan el **ángulo o dirección** de un elemento respecto a otros. Son esenciales para garantizar que los elementos de una pieza estén bien orientados en el espacio. Incluyen:

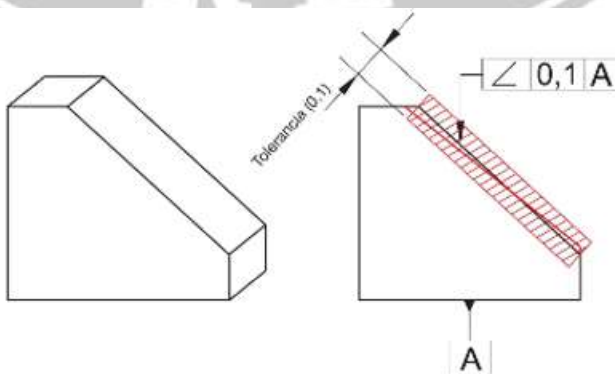
- **Paralelismo:** asegura que un eje o superficie se mantiene a una distancia constante respecto a un plano o línea de referencia. Se indica que el elemento debe estar contenido entre dos planos paralelos separados por el valor de la tolerancia.



- **Perpendicularidad:** regula que un elemento esté a 90° respecto a otro. La zona de tolerancia es un cilindro o un par de planos perpendiculares al elemento de referencia.



- **Inclinación:** permite una desviación angular determinada respecto a un plano o línea de referencia. El elemento debe estar comprendido entre dos planos inclinados respecto al plano base, separados por la tolerancia.



TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO
De forma	Rectitud	—
	Planitud	▭
	Redondez	○
	Cilindricidad	⊘
	Forma de una línea	⌒
	Forma de una superficie	⌒
De situación	Posición	⊕
	Concentricidad	⊙
	Simetría	≡
De orientación	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	⊥
	Inclinación	∠

11.10.4. TOLERANCIAS ISO

Las tolerancias ISO son un conjunto de normas internacionalmente aceptadas que definen los márgenes permitidos de error en la fabricación de piezas mecánicas. Aunque los planos de fabricación especifiquen ciertas cotas con tolerancia explícita, todas las dimensiones no acotadas de forma particular también están sometidas a tolerancias generales según la **normativa ISO**.

Estas tolerancias aseguran que las piezas encajen, funcionen correctamente y sean intercambiables sin necesidad de ajustes adicionales, garantizando la **calidad y fiabilidad** del producto final.

La **Organización Internacional de Normalización (ISO)**, junto con sus equivalentes europeas (**EN**) y españolas (**UNE**), ha desarrollado un sistema que clasifica las tolerancias en distintos tipos según sus características: **dimensionales** y **geométricas**, cada una con su simbología y criterios propios.

Definición de conceptos

Para interpretar correctamente las tolerancias ISO, es fundamental conocer los términos básicos que aparecen en su nomenclatura:

- **Unidad de medida de las piezas:** es el milímetro (mm).
- **Unidad de medida de las tolerancias:** la micra (μm), que equivale a una milésima de milímetro ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$).
- **Cota nominal:** medida ideal o teórica que debe tener una pieza.
- **Medida máxima y mínima:** valores extremos que puede adoptar una dimensión para cumplir su función.
- **Tolerancia:** diferencia admisible entre medida máxima y mínima. Puede ser:
 - **Por encima (+):** valor mayor que la cota nominal.
 - **Por debajo (-):** valor menor.
 - **Repartida (\pm):** permite margen hacia ambos sentidos.

Otros conceptos importantes:

- **Ajuste:** unión entre dos piezas (normalmente eje-agujero).
- **Eje y agujero:** elementos típicos que se acoplan, representados en el sistema de ajustes ISO con distintas posiciones de tolerancia.

Tolerancias dimensionales generales

Las tolerancias dimensionales generales se aplican a todas aquellas medidas que no aparecen acotadas de forma específica en los planos. Su finalidad es asegurar un nivel mínimo de precisión sin necesidad de definir tolerancias para cada dimensión.

Estas tolerancias se definen en función de:

- El **tipo de trabajo** o funcionalidad de la pieza.
- El **grado de precisión** deseado.
- El **tamaño nominal** de la dimensión.

La norma **ISO 2768-mK** es una de las más utilizadas y regula tanto tolerancias **dimensionales (m)** como **geométricas (K)**. En esta norma se establecen **18 calidades** de tolerancia, designadas con las letras **IT** (de *International Tolerance*) seguidas de un número del 01 al 16. Cuanto menor es el número, **mayor es la precisión**.

Estas calidades se aplican por defecto a piezas de hasta 500 mm, aunque existen tablas específicas para dimensiones mayores (ver Tabla 10.2). Algunos ejemplos de aplicación:

- IT01 a IT5 → Instrumentos de medida.
- IT6 a IT11 → Ajustes y mecánica de precisión.
- IT12 a IT16 → Piezas de forja, fundición o mecanizados en bruto.



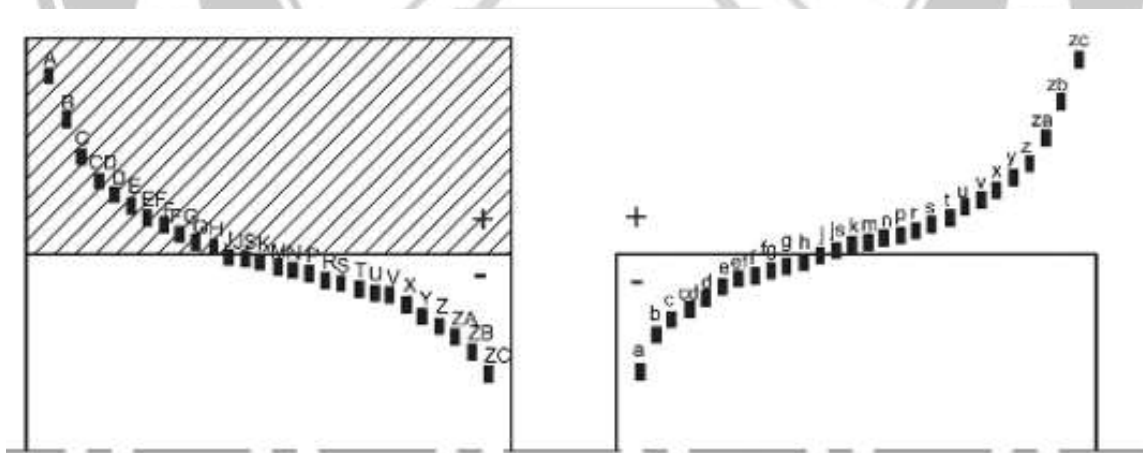
Grupos de dimensiones en mm				Calidad															
Mayor de	Hasta	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	14	21	34	52	84	130	210	340	520	840	1300
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

Posición de las tolerancias dimensionales

La posición de la tolerancia respecto a la cota nominal se define mediante un **sistema de letras**:

- **Mayúsculas (A, B, C,...)** → para los agujeros.
- **Minúsculas (a, b, c,...)** → para los ejes.

Este sistema establece si la zona de tolerancia está situada por encima, por debajo o centrada respecto a la medida nominal. La combinación de letra y calidad determina el **ajuste** entre eje y agujero (holgura, transición o apriete).



Por ejemplo:

- H7/g6 → ajuste con pequeña holgura.
- H7/p6 → ajuste con apriete.
- H7/h6 → ajuste con juego nulo o muy leve.

En la Figura anterior muestra la distribución gráfica de estas posiciones para ejes y agujeros, según el sistema ISO.

Tolerancias geométricas generales

Además de las dimensionales, la norma ISO contempla tolerancias geométricas generales que controlan aspectos como forma, orientación y posición, incluso cuando no se indican de forma expresa en los planos. Estas tolerancias también se clasifican por **niveles de calidad**:

- **f (fina)**
- **m (media)**
- **c (grosera)**
- **v (muy grosera)**

Cada nivel determina un margen admisible según la longitud nominal de la pieza (ver Tabla 10.3). Escoger un nivel inadecuado puede provocar fallos de funcionamiento o elevar los costes de fabricación innecesariamente.

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal d (en mm)							
Descripción		0,5	3	6	30	120	400	1000	2000
		$\leq d$	$\leq d$	$\leq d$	$\leq d$	$\leq d$	$\leq d$	$\leq d$	$\leq d$
		3	6	30	120	400	1000	2000	4000
f	fina	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	-
m	media	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2
c	grosera	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3	± 4
v	muy grosera	-	$\pm 0,5$	± 1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	± 4	± 6	± 8

11.10.5. RUGOSIDAD Y ACABADOS SUPERFICIALES

Hasta este punto del capítulo, el enfoque principal ha estado en el **dimensionado de las piezas** y en el control de sus tolerancias geométricas y dimensionales. Sin embargo, existe otro aspecto fundamental en la fabricación de componentes: **el acabado superficial**. Este no solo tiene implicaciones estéticas, sino que afecta directamente a la **funcionalidad, durabilidad y comportamiento mecánico** de las piezas.

La superficie de cualquier objeto, por muy lisa que aparente estar, presenta **irregularidades microscópicas** debidas al proceso de fabricación o a la naturaleza del material. Estas irregularidades se conocen como **rugosidad**, y su control es esencial en muchos casos, especialmente cuando hay contacto entre superficies móviles, cuando se requieren ajustes precisos o cuando se busca una buena apariencia visual.

Tipos de superficies según su función

Podemos clasificar las superficies de las piezas según su función principal:

- **Superficies funcionales:** aquellas que deben deslizar unas sobre otras, como ejes, guías, correderas o cojinetes. Estas superficies exigen un acabado muy liso y preciso, ya que cualquier irregularidad puede provocar fricción excesiva, desgaste prematuro o pérdida de eficiencia.
- **Superficies de apoyo:** no se mueven entre sí, pero deben garantizar un **buen asiento** entre componentes. Aunque no requieren tanta suavidad como las funcionales, sí necesitan un acabado uniforme y regular que asegure el contacto firme entre piezas.
- **Superficies libres:** no cumplen ninguna función estructural o mecánica directa. Su acabado es principalmente **estético**, y aunque no intervienen en el funcionamiento de la pieza, influyen en su presentación o integración con otros elementos visuales.

Qué es la rugosidad

La **rugosidad** es el conjunto de irregularidades superficiales presentes en una pieza. Estas imperfecciones pueden originarse por:

- La propia naturaleza del material.
- El tipo de proceso de fabricación empleado (mecanizado, fundición, laminado...).
- Las herramientas utilizadas y su desgaste.

La rugosidad puede ser visible a simple vista (superficie mate, áspera, con marcas evidentes) o requerir instrumentos de medición específicos cuando el acabado es muy fino.

Para medir la rugosidad se utiliza un dispositivo denominado **rugosímetro**, que detecta y cuantifica las irregularidades superficiales mediante un palpador que recorre la superficie y registra sus variaciones.

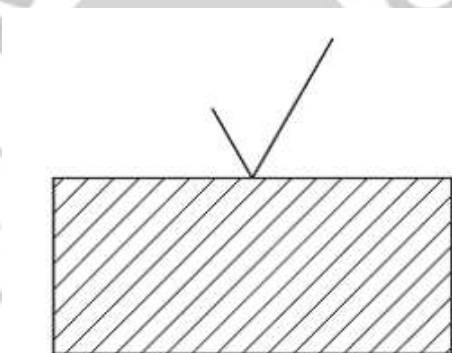
Clasificación de la rugosidad

La norma UNE-EN-ISO establece **doce niveles de rugosidad**, designados con la letra **N** seguida de un número del **N1 (más fino)** al **N12 (más basto)**. A cada clase le corresponde un valor numérico en micras (μm), que representa la desviación media de la superficie respecto a una línea de referencia ideal (ver Tabla 10.4).

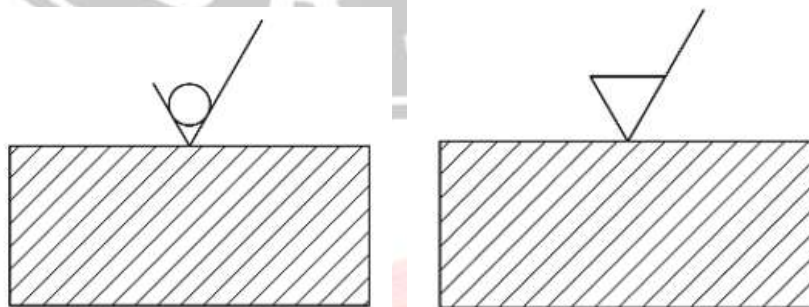
Tipo rugosidad	de Valor (μm)	Estado superficial	Proceso de fabricación típico
N1 - N2	0.025 0.05	– Acabado espejo, sin marcas visibles	Abrasivos, bruñido, rectificado
N3 - N4	0.1 – 0.2	Muy fino, marcas imperceptibles	Fresado fino, rectificado
N5 - N6	0.4 – 0.8	Finas, apenas perceptibles	Torno, fresadora, lima
N7 - N9	1.6 – 6.3	Marcas visibles, perceptibles al tacto	Mecanizado convencional
N10 - N12	12.5 – 50	Acabado basto, perceptible y con rebabas	Forja, fundición, oxicorte

Representación gráfica de la rugosidad

En los planos de fabricación, la rugosidad se indica mediante un **símbolo en forma de "V" asimétrica**, que apunta hacia la superficie a la que se aplica. Este símbolo básico puede complementarse con información adicional:

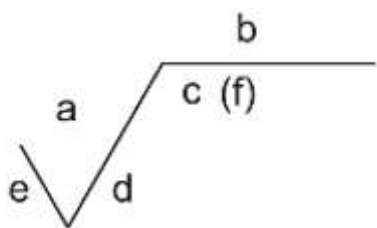


Cuando se indica que el acabado se ha realizado por **arranque de viruta**, se añade una línea horizontal al símbolo. Si no se permite arranque de material, se representa con un pequeño círculo en el vértice del símbolo.



Interpretación del símbolo de rugosidad

El símbolo completo siguiente figura puede incluir hasta cinco campos de información:



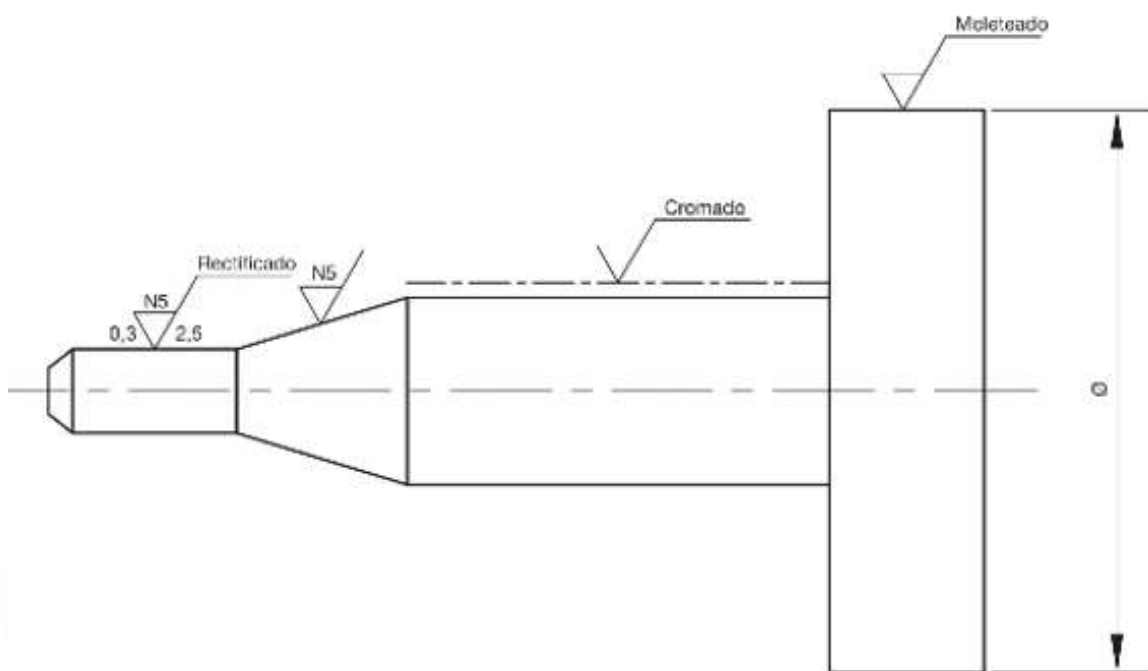
- **a:** Clase de rugosidad (valor o N).
- **b:** Proceso de fabricación, tratamiento o recubrimiento.
- **c:** Longitud base utilizada en la medición.
- **d:** Dirección de las estrías de mecanizado.
- **e:** Exceso de material permitido para mecanizado adicional.
- **f:** Cualquier otra indicación relevante (entre paréntesis).

Además, existen símbolos complementarios que indican la **dirección del mecanizado** (Tabla 10.6), como por ejemplo:

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
=	La dirección de mecanizado debe ser paralela al plano de proyección de la vista en la que se encuentra el símbolo.
⊥	La dirección de mecanizado debe ser perpendicular al plano de proyección de la vista en la que se encuentra el símbolo.
X	Tiene que tener dos direcciones de mecanizado oblicuas y cruzadas al plano de proyección de la vista en la que se encuentra el símbolo.
M	Las líneas de mecanizado pueden tener múltiples direcciones.
C	En círculos en relación al centro de la superficie a la cual se le aplica el símbolo.
R	Radial en relación al centro de la superficie a la cual se le aplica el símbolo.

Cuando la indicación de rugosidad afecta a toda la pieza, se coloca el símbolo en una **línea de cota auxiliar**. Si afecta solo a una zona específica, el símbolo apunta directamente a la superficie correspondiente. En algunos casos se representa con una **línea discontinua paralela** a la superficie tratada.

Estas representaciones normalizadas aseguran una correcta **comunicación técnica entre diseño, fabricación y control de calidad**, evitando malentendidos y errores costosos en la producción.



11.11. REPRESENTACIÓN DE TOLERANCIAS

En la realidad, construir o fabricar con medidas totalmente exactas es imposible. Siempre existirá alguna desviación, por muy pequeña que sea. Por tanto, los técnicos deben fabricar con un margen de error admisible, es decir, un error que no afecte a la función que debe cumplir la pieza. A este margen se le denomina **tolerancia**.

En esta unidad se estudian los distintos tipos de tolerancias y cómo representarlas de forma normalizada en los planos.

11.11.1. TOLERANCIAS SEGÚN EQUIPOS Y TRABAJOS

Al fabricar o construir un objeto, es inevitable que existan errores debidos al desgaste de herramientas o a la propia manipulación. Por ello, las tolerancias representan el **error permitido** en una medida sin afectar al correcto funcionamiento del objeto.

Cada tipo de trabajo requiere **tolerancias diferentes**. Por ejemplo, una desviación de un metro en una carretera puede ser aceptable, pero en la fabricación de una pieza

mecánica sería inadmisibles. Las tolerancias, por tanto, dependen del objeto y del uso que se le dará.

También influyen los **equipos e instrumentos utilizados**. No es lo mismo trabajar con una herramienta manual que con una fresadora de precisión. Por ello, al interpretar un plano técnico, es importante analizar las tolerancias indicadas para seleccionar correctamente la máquina o herramienta que se utilizará.

11.11.2. TOLERANCIAS DIMENSIONALES

La **tolerancia dimensional o de medida** es la desviación o error permitido con respecto a la medida nominal, es decir, la que debería tener una pieza si fuera exacta.

Normalmente se expresa como un valor \pm respecto a la medida nominal (por ejemplo, $18 \pm 0,1$). También puede indicarse directamente el rango entre el valor máximo y el mínimo (por ejemplo, $18,1 / 17,9$), o mediante dos valores indicados a la derecha de la medida, uno positivo y otro negativo (por ejemplo, $18 +0,2 -0,1$).

Estas tres formas son las más habituales para expresar las tolerancias de medidas en los planos técnicos.

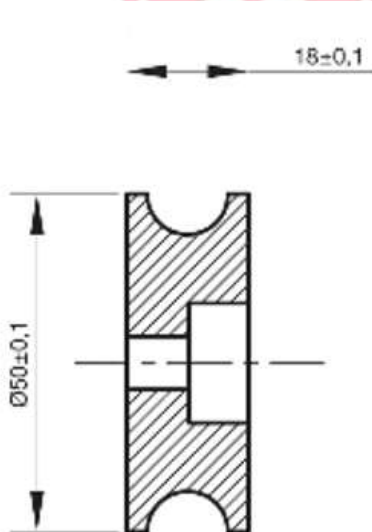


Figura 10.1. Indicación de las tolerancias.

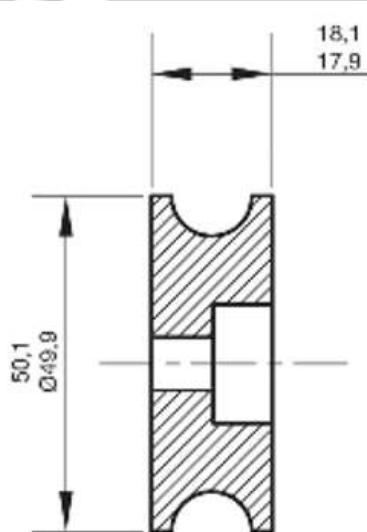


Figura 10.2. Otra forma de indicación de las tolerancias.

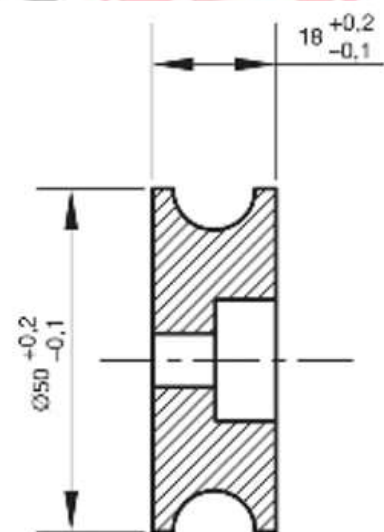


Figura 10.3. Indicación de las tolerancias dobles.

11.11.3. TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS DE FORMA, POSICIÓN Y ORIENTACIÓN

En muchas ocasiones, las tolerancias dimensionales no son suficientes para garantizar el correcto funcionamiento de una pieza. Aunque las medidas indicadas puedan estar dentro de los márgenes permitidos, pueden existir defectos geométricos que afecten su

funcionalidad. Para controlar estos aspectos, se emplean las **tolerancias geométricas**, que regulan la forma, la orientación y la posición de los elementos de una pieza.

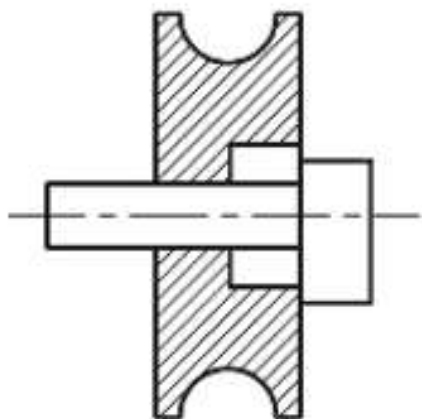


Figura 10.4. Cilindros descentrados.

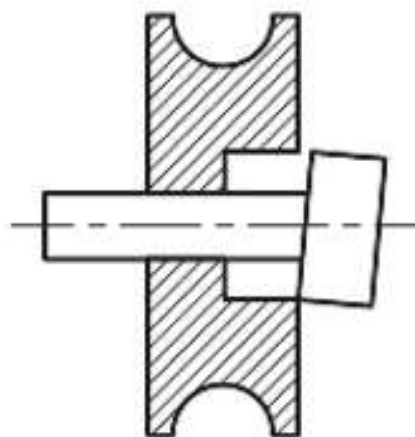


Figura 10.5. Falta de perpendicularidad.

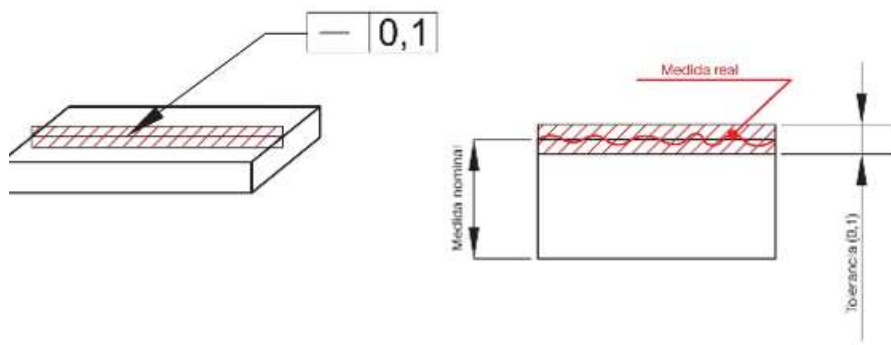
Estas tolerancias están **normalizadas internacionalmente** y se representan mediante símbolos específicos acompañados de líneas de referencia, rectángulos divididos en celdas, flechas y letras mayúsculas que identifican las superficies o elementos de referencia.

Las tolerancias geométricas se clasifican en tres grandes grupos:

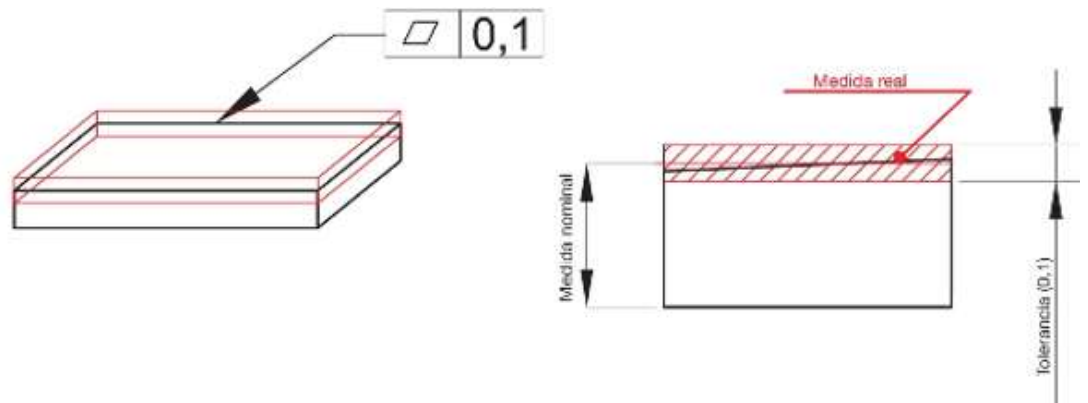
Tolerancias de forma

Regulan la geometría intrínseca de los elementos de una pieza sin necesidad de referirse a otros elementos. Se aplican a una única parte del objeto, como líneas o superficies. Los principales tipos son:

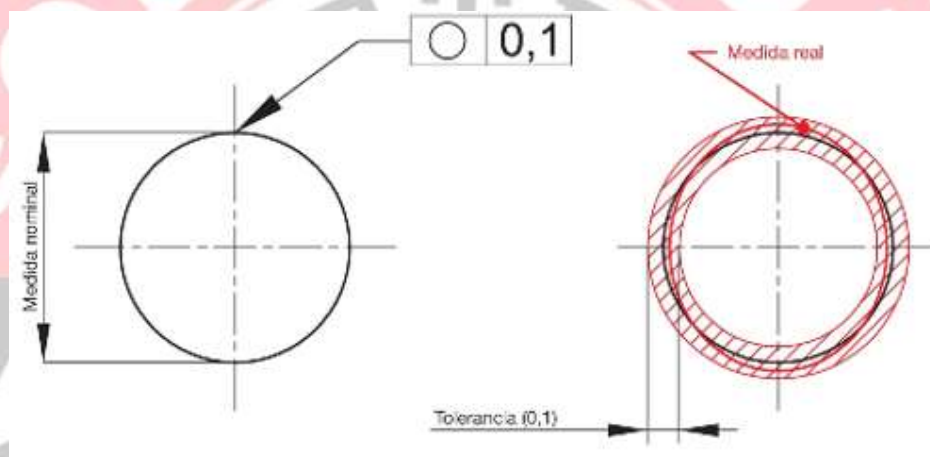
- **Rectitud:** controla que una línea esté dentro de un margen aceptable para considerarse recta. Se verifica situándola entre dos líneas paralelas separadas por el valor de la tolerancia. Se puede aplicar en elementos planos o generatrices de cilindros o conos.



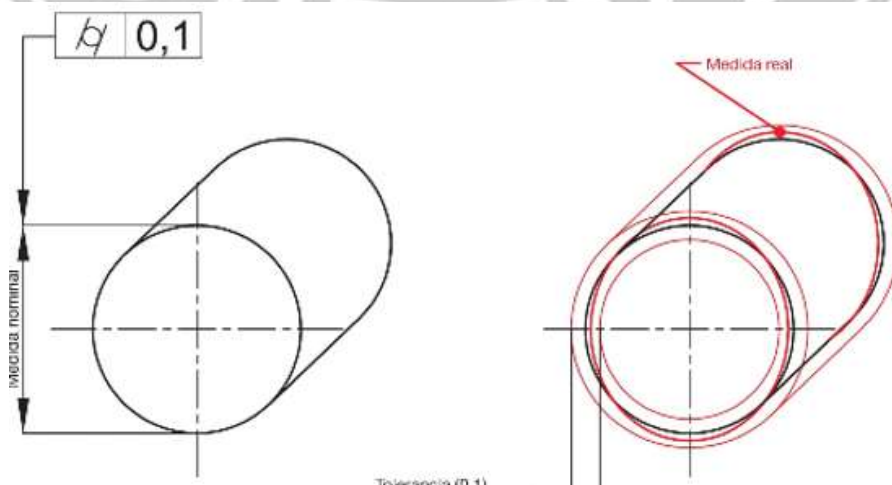
- **Planitud:** similar a la rectitud, pero aplicada a superficies. Se comprueba que todos los puntos estén entre dos planos paralelos separados por la tolerancia especificada.



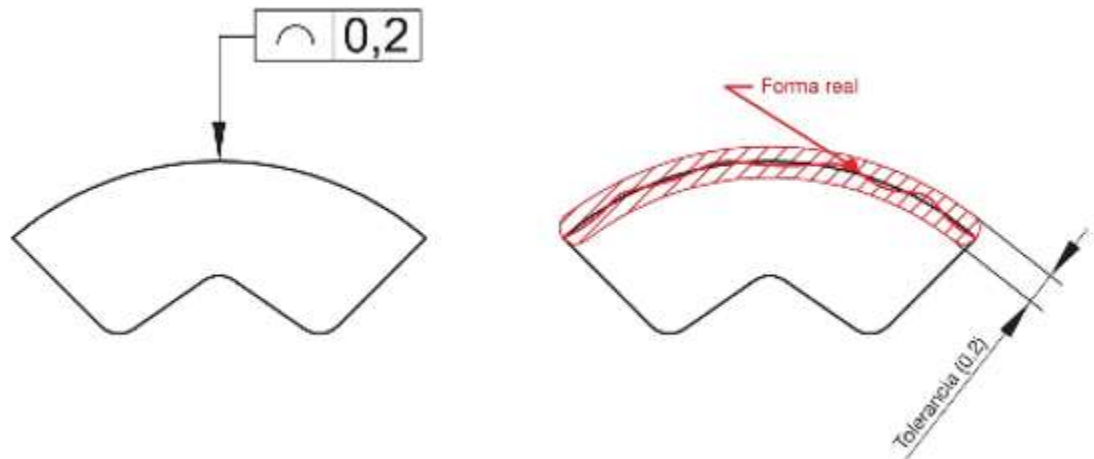
- **Redondez:** se utiliza en secciones circulares para asegurar que el perfil es verdaderamente circular. Se comprueba con anillos concéntricos entre los que debe estar contenido el contorno real.



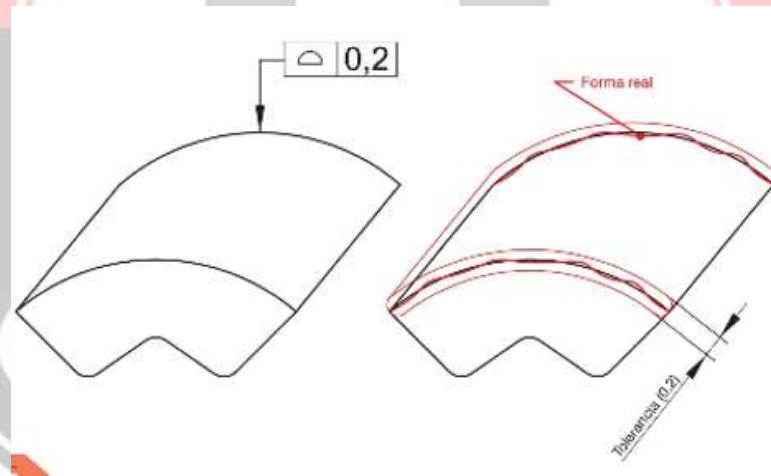
- **Cilindricidad:** asegura que una superficie cilíndrica mantiene su forma a lo largo de su eje. El elemento debe quedar entre dos cilindros imaginarios concéntricos, separados por el valor de la tolerancia.



- **Forma de una línea:** controla la curvatura de una línea, por ejemplo en una pieza curva, asegurando que su contorno real se mantiene dentro de un margen determinado



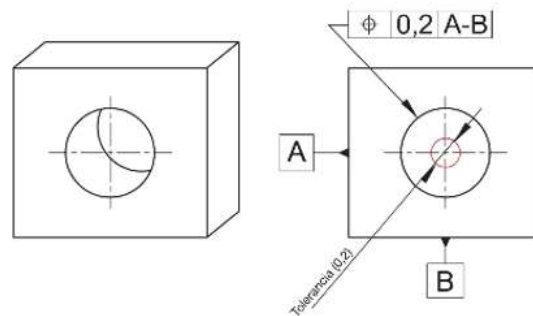
- **Forma de una superficie:** verifica que una superficie compleja mantiene su geometría ideal, situada entre dos superficies paralelas separadas por la tolerancia.



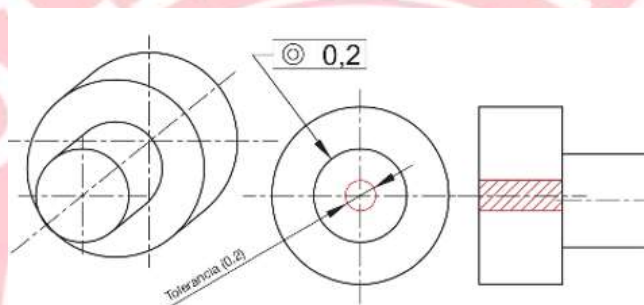
Tolerancias de situación

Este grupo indica la **posición relativa de los elementos** de una pieza respecto a otros, controlando aspectos como la simetría, concentricidad y la localización exacta de orificios, ejes o superficies. Son fundamentales en operaciones de ensamblaje y montaje.

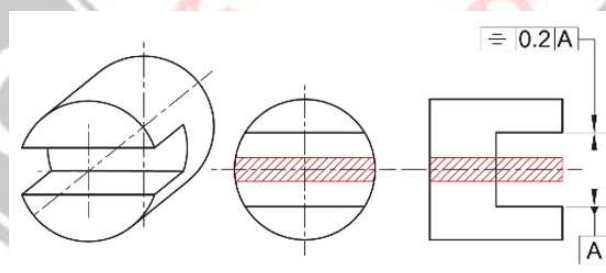
- **Posición:** establece un margen dentro del cual debe situarse un punto, eje u orificio. La zona permitida se representa como un cilindro de tolerancia en cuyo interior debe estar el elemento.



- **Concentricidad:** asegura que dos cilindros comparten un mismo eje. El eje del cilindro interior debe coincidir, dentro de la tolerancia, con el del cilindro exterior.



- **Simetría:** exige que un elemento esté ubicado con respecto a un plano medio, de forma que quede equidistante de los elementos simétricos.

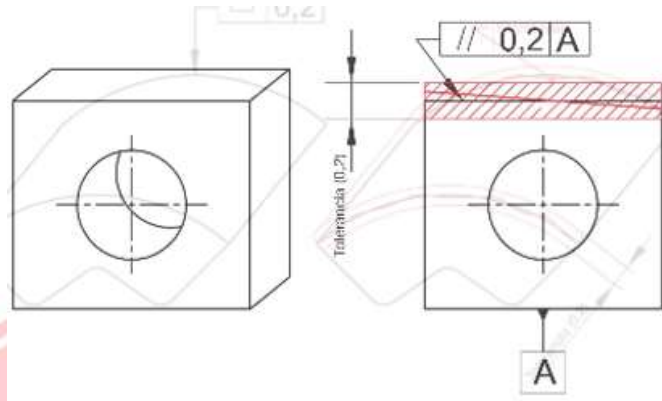


Para indicar estas tolerancias se emplean **símbolos normalizados** acompañados de letras mayúsculas que identifican los elementos de referencia

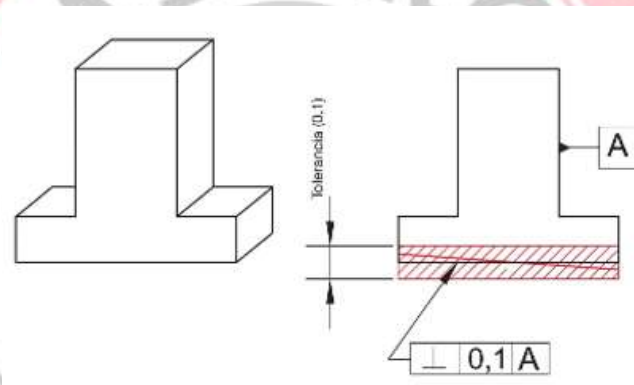
Tolerancias de orientación

Controlan el **ángulo o dirección** de un elemento respecto a otros. Son esenciales para garantizar que los elementos de una pieza estén bien orientados en el espacio. Incluyen:

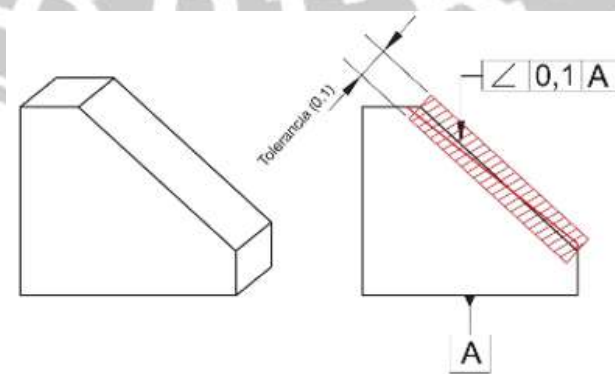
- **Paralelismo:** asegura que un eje o superficie se mantiene a una distancia constante respecto a un plano o línea de referencia. Se indica que el elemento debe estar contenido entre dos planos paralelos separados por el valor de la tolerancia.



- **Perpendicularidad:** regula que un elemento esté a 90° respecto a otro. La zona de tolerancia es un cilindro o un par de planos perpendiculares al elemento de referencia.



- **Inclinación:** permite una desviación angular determinada respecto a un plano o línea de referencia. El elemento debe estar comprendido entre dos planos inclinados respecto al plano base, separados por la tolerancia.



- **Representación de las tolerancias geométricas**

Para representar gráficamente estas tolerancias, se emplea una línea de referencia con una flecha que señala el lugar de la pieza al que se aplica la tolerancia. Esta línea va acompañada de un rectángulo dividido en compartimentos, donde se indica:

- El símbolo de la característica geométrica.

TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO
De forma	Rectitud	—
	Planitud	▭
	Redondez	○
	Cilindricidad	⊘
	Forma de una línea	⌒
	Forma de una superficie	⌒
De situación	Posición	⊕
	Concentricidad	◎
	Simetría	≡
De orientación	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	⊥
	Inclinación	∠

- El valor numérico de la tolerancia.
- La letra de referencia (cuando aplica).

Por ejemplo, para una tolerancia de perpendicularidad respecto a una superficie A, se puede indicar:

⊥ 0,1 A

Cuando la tolerancia hace referencia a una relación con otra superficie, el rectángulo puede tener más divisiones, y las caras de referencia se identifican con letras dentro de un cuadro.

Esta simbología permite una representación clara y normalizada en los planos técnicos, facilitando su interpretación por parte de técnicos, operarios y responsables de calidad.

11.11.4. TOLERANCIAS ISO

Las tolerancias ISO son un conjunto de normas internacionalmente aceptadas que definen los márgenes permitidos de error en la fabricación de piezas mecánicas. Aunque los planos de fabricación especifiquen ciertas cotas con tolerancia explícita, todas las dimensiones no acotadas de forma particular también están sometidas a tolerancias generales según la **normativa ISO**.

Estas tolerancias aseguran que las piezas encajen, funcionen correctamente y sean intercambiables sin necesidad de ajustes adicionales, garantizando la **calidad y fiabilidad** del producto final.

La **Organización Internacional de Normalización (ISO)**, junto con sus equivalentes europeas (**EN**) y españolas (**UNE**), ha desarrollado un sistema que clasifica las tolerancias en distintos tipos según sus características: **dimensionales y geométricas**, cada una con su simbología y criterios propios.

Definición de conceptos

Para interpretar correctamente las tolerancias ISO, es fundamental conocer los términos básicos que aparecen en su nomenclatura:

- **Unidad de medida de las piezas:** es el milímetro (mm).
- **Unidad de medida de las tolerancias:** la micra (μm), que equivale a una milésima de milímetro ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$).
- **Cota nominal:** medida ideal o teórica que debe tener una pieza.
- **Medida máxima y mínima:** valores extremos que puede adoptar una dimensión para cumplir su función.
- **Tolerancia:** diferencia admisible entre medida máxima y mínima. Puede ser:
 - **Por encima (+):** valor mayor que la cota nominal.
 - **Por debajo (-):** valor menor.
 - **Repartida (\pm):** permite margen hacia ambos sentidos.

Otros conceptos importantes:

- **Ajuste:** unión entre dos piezas (normalmente eje-agujero).
- **Eje y agujero:** elementos típicos que se acoplan, representados en el sistema de ajustes ISO con distintas posiciones de tolerancia.

Tolerancias dimensionales generales

Las tolerancias dimensionales generales se aplican a todas aquellas medidas que no aparecen acotadas de forma específica en los planos. Su finalidad es asegurar un nivel mínimo de precisión sin necesidad de definir tolerancias para cada dimensión.



Estas tolerancias se definen en función de:

- El **tipo de trabajo** o funcionalidad de la pieza.
- El **grado de precisión** deseado.
- El **tamaño nominal** de la dimensión.

La norma **ISO 2768-mK** es una de las más utilizadas y regula tanto tolerancias **dimensionales (m)** como **geométricas (K)**. En esta norma se establecen **18 calidades** de tolerancia, designadas con las letras **IT** (de *International Tolerance*) seguidas de un número del 01 al 16. Cuanto menor es el número, **mayor es la precisión**.

Estas calidades se aplican por defecto a piezas de hasta 500 mm, aunque existen tablas específicas para dimensiones mayores (ver Tabla 10.2). Algunos ejemplos de aplicación:

- IT01 a IT5 → Instrumentos de medida.
- IT6 a IT11 → Ajustes y mecánica de precisión.
- IT12 a IT16 → Piezas de forja, fundición o mecanizados en bruto.

Grupos de dimensiones en mm		Calidad																	
Mayor de	Hasta	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	35	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	14	21	34	52	84	130	210	340	520	840	1300
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	45	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	28	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

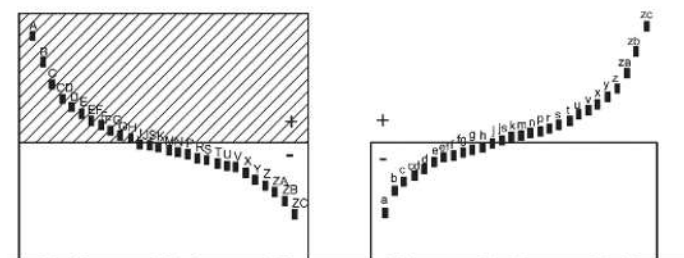
Posición de las tolerancias dimensionales

La posición de la tolerancia respecto a la cota nominal se define mediante un **sistema de letras**:

- **Mayúsculas (A, B, C,...)** → para los agujeros.

- Minúsculas (a, b, c,...) → para los ejes.

Este sistema establece si la zona de tolerancia está situada por encima, por debajo o centrada respecto a la medida nominal. La combinación de letra y calidad determina el **ajuste** entre eje y agujero (holgura, transición o apriete).



Por ejemplo:

- H7/g6 → ajuste con pequeña holgura.
- H7/p6 → ajuste con apriete.
- H7/h6 → ajuste con juego nulo o muy leve.

En la Figura anterior muestra la distribución gráfica de estas posiciones para ejes y agujeros, según el sistema ISO.

Tolerancias geométricas generales

Además de las dimensionales, la norma ISO contempla tolerancias geométricas generales que controlan aspectos como forma, orientación y posición, incluso cuando no se indican de forma expresa en los planos. Estas tolerancias también se clasifican por **niveles de calidad**:

- **f (fina)**
- **m (media)**
- **c (grosera)**
- **v (muy grosera)**

Cada nivel determina un margen admisible según la longitud nominal de la pieza (ver Tabla 10.3). Escoger un nivel inadecuado puede provocar fallos de funcionamiento o elevar los costes de fabricación innecesariamente.

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal d (en mm)						
Descripción		0,5	3	6	30	120	400	1000
		<d≤ 3	<d≤ 6	<d≤ 30	<d≤ 120	<d≤ 400	<d≤ 1000	<d≤ 2000
f	fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5
m	media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2
c	grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3
v	muy grosera	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±8

11.11.5. RUGOSIDAD Y ACABADOS SUPERFICIALES

Hasta este punto del capítulo, el enfoque principal ha estado en el **dimensionado de las piezas** y en el control de sus tolerancias geométricas y dimensionales. Sin embargo, existe otro aspecto fundamental en la fabricación de componentes: **el acabado superficial**. Este no solo tiene implicaciones estéticas, sino que afecta directamente a la **funcionalidad, durabilidad y comportamiento mecánico** de las piezas.

La superficie de cualquier objeto, por muy lisa que aparente estar, presenta **irregularidades microscópicas** debidas al proceso de fabricación o a la naturaleza del material. Estas irregularidades se conocen como **rugosidad**, y su control es esencial en muchos casos, especialmente cuando hay contacto entre superficies móviles, cuando se requieren ajustes precisos o cuando se busca una buena apariencia visual.

Tipos de superficies según su función

Podemos clasificar las superficies de las piezas según su función principal:

- **Superficies funcionales:** aquellas que deben deslizar unas sobre otras, como ejes, guías, correderas o cojinetes. Estas superficies exigen un acabado muy liso y preciso, ya que cualquier irregularidad puede provocar fricción excesiva, desgaste prematuro o pérdida de eficiencia.
- **Superficies de apoyo:** no se mueven entre sí, pero deben garantizar un **buen asiento** entre componentes. Aunque no requieren tanta suavidad como las funcionales, sí necesitan un acabado uniforme y regular que asegure el contacto firme entre piezas.
- **Superficies libres:** no cumplen ninguna función estructural o mecánica directa. Su acabado es principalmente **estético**, y aunque no intervienen en el funcionamiento de la pieza, influyen en su presentación o integración con otros elementos visuales.

Qué es la rugosidad

La **rugosidad** es el conjunto de irregularidades superficiales presentes en una pieza. Estas imperfecciones pueden originarse por:

- La propia naturaleza del material.
- El tipo de proceso de fabricación empleado (mecanizado, fundición, laminado...).
- Las herramientas utilizadas y su desgaste.

La rugosidad puede ser visible a simple vista (superficie mate, áspera, con marcas evidentes) o requerir instrumentos de medición específicos cuando el acabado es muy fino.

Para medir la rugosidad se utiliza un dispositivo denominado **rugosímetro**, que detecta y cuantifica las irregularidades superficiales mediante un palpador que recorre la superficie y registra sus variaciones.

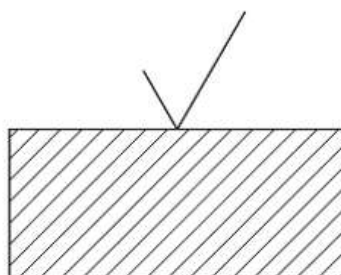
Clasificación de la rugosidad

La norma UNE-EN-ISO establece **doce niveles de rugosidad**, designados con la letra **N** seguida de un número del **N1 (más fino)** al **N12 (más basto)**. A cada clase le corresponde un valor numérico en micras (μm), que representa la desviación media de la superficie respecto a una línea de referencia ideal (ver Tabla 10.4).

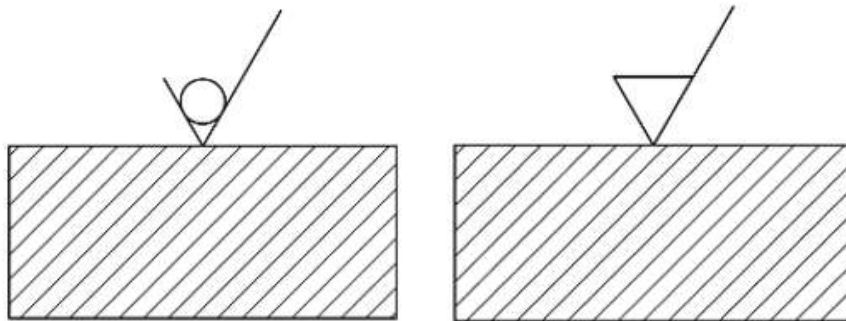
Tipo rugosidad	de Valor (μm)	Estado superficial	Proceso de fabricación típico
N1 - N2	0.025 0.05	– Acabado espejo, sin marcas visibles	Abrasivos, bruñido, rectificado
N3 - N4	0.1 – 0.2	Muy fino, marcas imperceptibles	Fresado fino, rectificado
N5 - N6	0.4 – 0.8	Finas, apenas perceptibles	Torno, fresadora, lima
N7 - N9	1.6 – 6.3	Marcas visibles, perceptibles al tacto	Mecanizado convencional
N10 - N12	12.5 – 50	Acabado basto, perceptible y con rebabas	Forja, fundición, oxicorte

Representación gráfica de la rugosidad

En los planos de fabricación, la rugosidad se indica mediante un **símbolo en forma de "V" asimétrica**, que apunta hacia la superficie a la que se aplica. Este símbolo básico puede complementarse con información adicional:

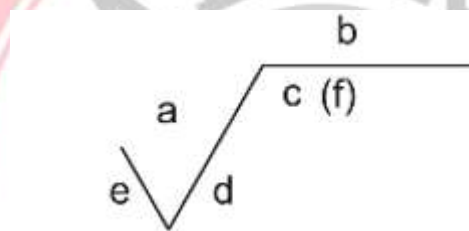


Cuando se indica que el acabado se ha realizado por **arranque de viruta**, se añade una línea horizontal al símbolo. Si no se permite arranque de material, se representa con un pequeño círculo en el vértice del símbolo.



Interpretación del símbolo de rugosidad

El símbolo completo siguiente figura puede incluir hasta cinco campos de información:



- **a:** Clase de rugosidad (valor o N).
- **b:** Proceso de fabricación, tratamiento o recubrimiento.
- **c:** Longitud base utilizada en la medición.
- **d:** Dirección de las estrías de mecanizado.
- **e:** Exceso de material permitido para mecanizado adicional.
- **f:** Cualquier otra indicación relevante (entre paréntesis).

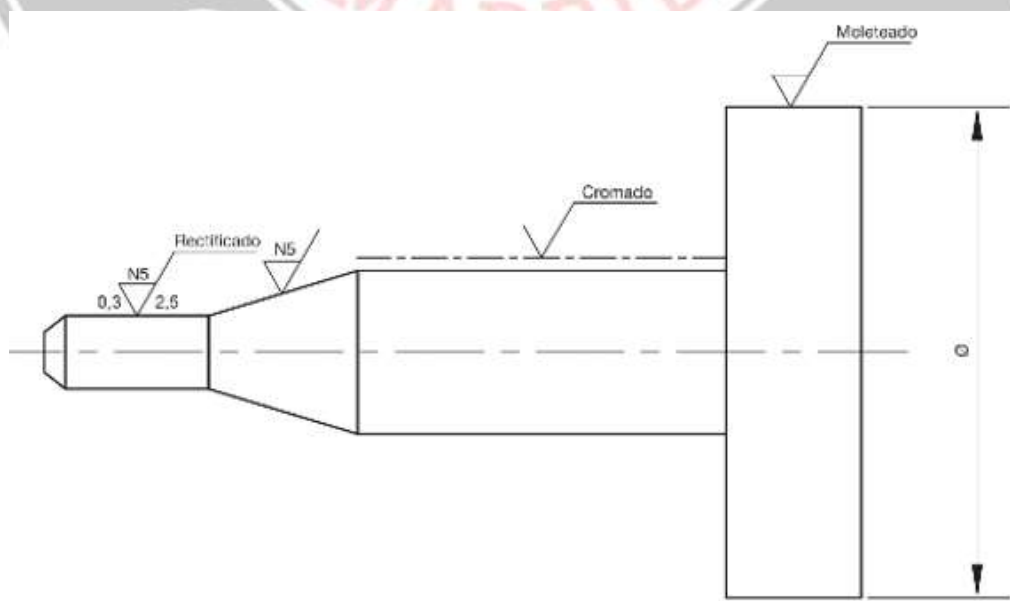
Además, existen símbolos complementarios que indican la **dirección del mecanizado**, como por ejemplo:

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
=	La dirección de mecanizado debe ser paralela al plano de proyección de la vista en la que se encuentra el símbolo.
⊥	La dirección de mecanizado debe ser perpendicular al plano de proyección de la vista en la que se encuentra el símbolo.
X	Tiene que tener dos direcciones de mecanizado oblicuas y cruzadas al plano de proyección de la vista en la que se encuentra el símbolo.
M	Las líneas de mecanizado pueden tener múltiples direcciones.
C	En círculos en relación al centro de la superficie a la cual se le aplica el símbolo.
R	Radial en relación al centro de la superficie a la cual se le aplica el símbolo.

- **Aplicación en los planos**

Cuando la indicación de rugosidad afecta a toda la pieza, se coloca el símbolo en una **línea de cota auxiliar**. Si afecta solo a una zona específica, el símbolo apunta directamente a la superficie correspondiente. En algunos casos se representa con una **línea discontinua paralela** a la superficie tratada.

Estas representaciones normalizadas aseguran una correcta **comunicación técnica entre diseño, fabricación y control de calidad**, evitando malentendidos y errores costosos en la producción.



11.11.6. REPRESENTACIÓN DE UNIONES

Elementos de uniones

En la fabricación de cualquier objeto técnico, las piezas que lo componen se ensamblan entre sí mediante distintos tipos de uniones. Estas pueden ser permanentes o desmontables, y la elección del tipo de unión dependerá de factores como el uso del producto, la necesidad de desmontaje, la resistencia requerida o las condiciones de trabajo.

Uniones desmontables

Son aquellas que permiten separar las piezas sin dañarlas, lo que facilita el mantenimiento o la sustitución de componentes. Los elementos más comunes utilizados en este tipo de uniones son:

- **Tornillos:** Vástagos con rosca exterior helicoidal. Pueden ser métricos (mm) o whitworth (pulgadas). La rosca puede tener diferentes perfiles según el sistema.
- **Espárragos:** Varillas roscadas por ambos extremos o en toda su longitud, sin cabeza.
- **Tuercas:** Piezas con rosca interior que se acoplan a tornillos o espárragos.
- **Pernos:** Conjunto formado por tornillo y tuerca que se utiliza para unir piezas taladradas.
- **Pernos de anclaje:** Similares a los pernos, pero con una garra en el extremo para fijarlos al hormigón.
- **Pasadores:** Varillas metálicas que evitan el desplazamiento de elementos unidos (cilíndricos, cónicos, elásticos).
- **Chavetas:** Piezas prismáticas que se alojan en ranuras del eje y el componente giratorio, permitiendo la transmisión de movimiento.

Uniones fijas

Una vez ensambladas, no se pueden desmontar sin romper el conjunto. Los procedimientos más habituales son:

- **Remachado o roblonado:** Uso de cilindros metálicos (remaches) que atraviesan las piezas y se deforman en sus extremos para asegurar la unión.
- **Soldadura:** Fusión de materiales para formar una unión sólida y permanente entre las piezas.

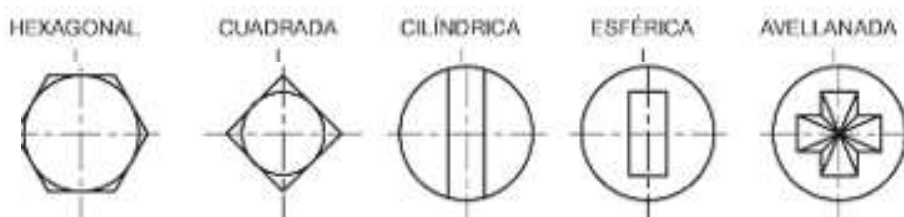
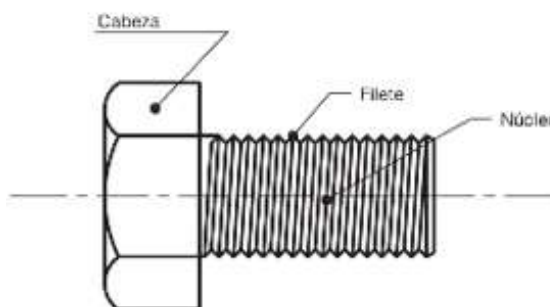
Representación de elementos de uniones desmontables

La representación gráfica de uniones desmontables está muy normalizada, tanto en normas ISO como UNE-EN.

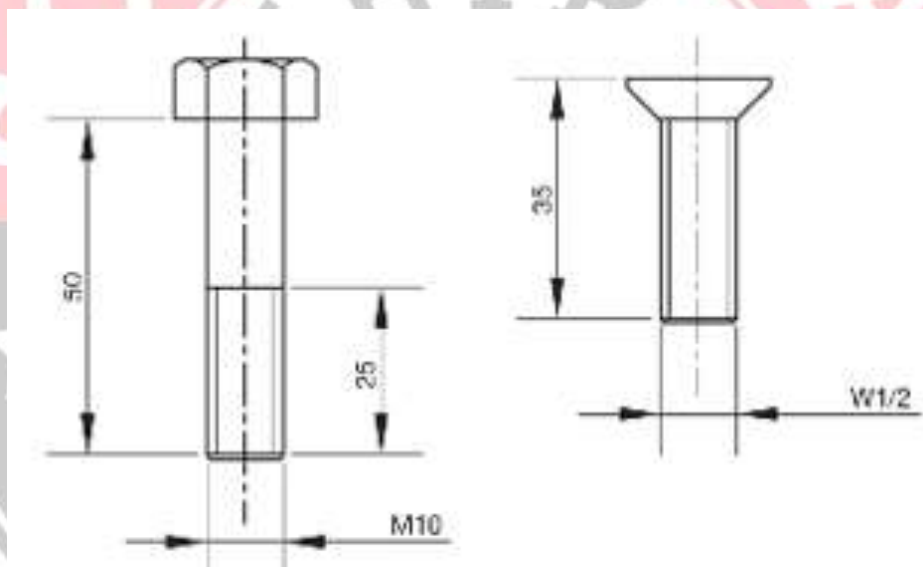


Representación de uniones roscadas

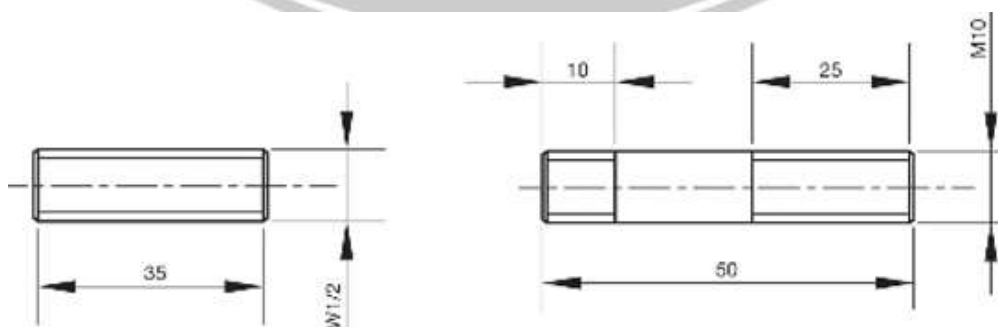
- **Tornillos:** Se representan mediante cilindros, sin dibujar los filetes. Se indican líneas paralelas de 0,2 mm y el final de la rosca con líneas de 0,4 mm. Las cabezas se dibujan (hexagonal, cuadrada, cilíndrica, esférica, avellanada, etc.).



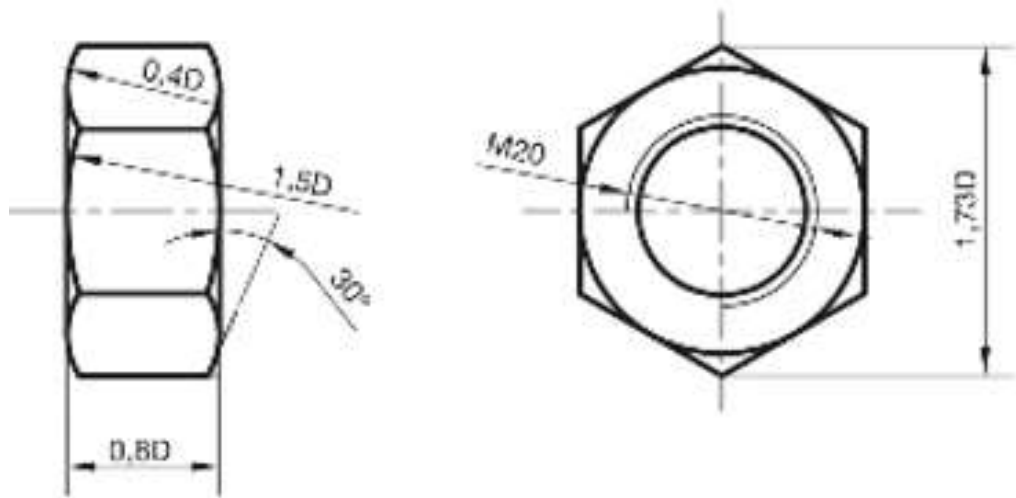
La acotación incluye el diámetro con “M” (si es métrico) o “W” (si es whitworth), y la longitud desde el vástago (salvo en tornillos avellanados).



- **Espárragos:** Son tornillos, pero sin cabeza pueden estar roscados en su totalidad o solo en las puntas. Se representan de la misma que un tornillo pero sin dibujar la cabeza.

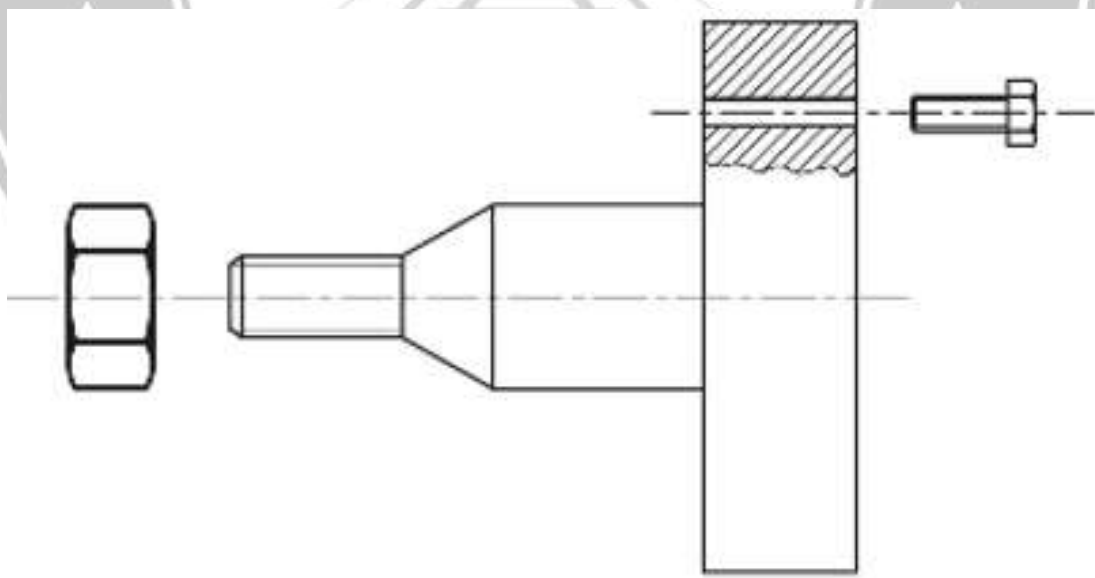


- **Tuercas:** Se representan con forma hexagonal (habitual) y rosca interior indicado con un círculo incompleto. El diámetro depende del tornillo al que se ajustan.



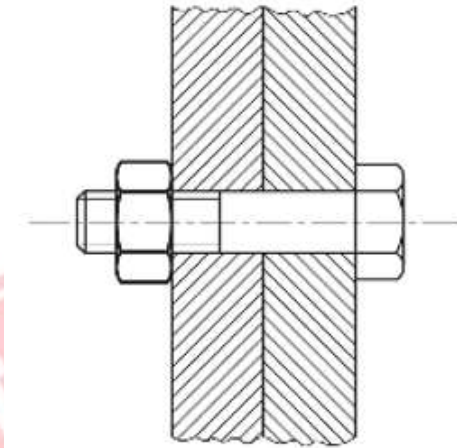
Tanto los pernos como las tuercas deben encajar en un componente roscado o en un eje con rosca del mismo tipo. En los planos, la representación de las roscas es idéntica a la que se utiliza para los tornillos o las tuercas.

Cuando una pieza presenta una rosca exterior, se representa gráficamente del mismo modo que un tornillo. Si, por el contrario, posee una rosca interior, se utiliza la simbología propia de las tuercas

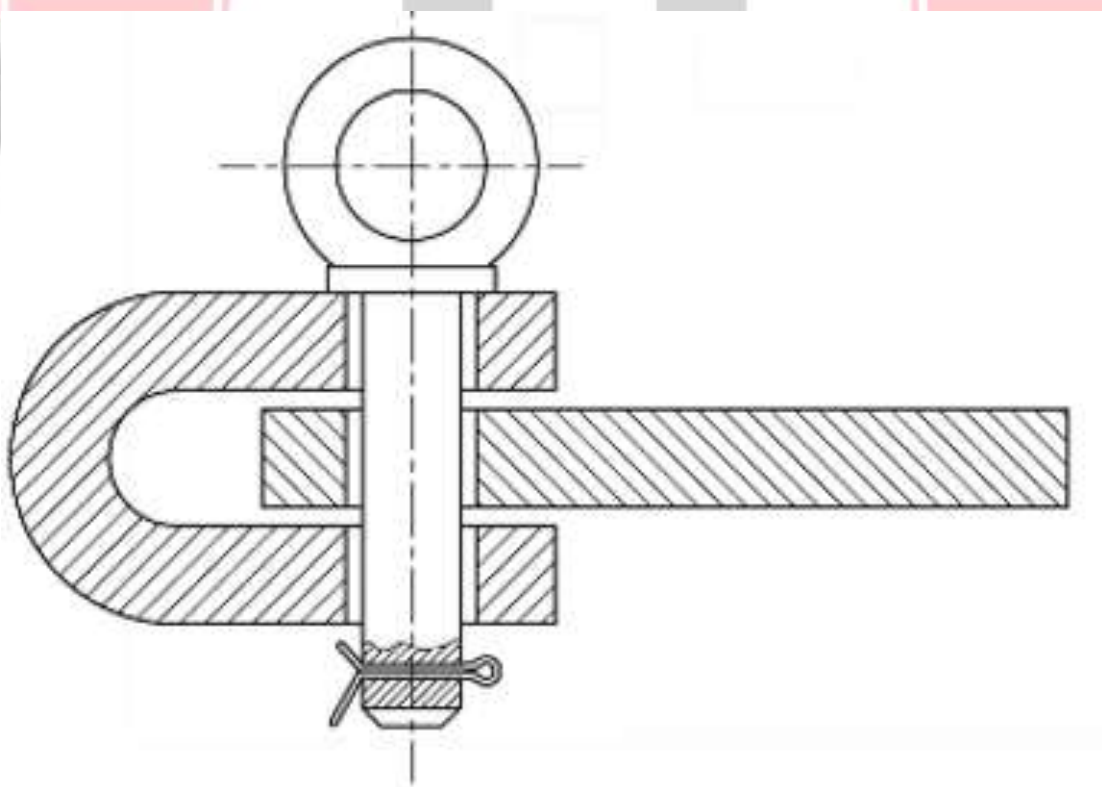


Representación de pernos

Un perno es el conjunto tuerca tornillo y así se representa. Si aparece en corte, no se secciona. Algunos pernos no van roscados y se fabrican con tolerancia para ser extraíbles, llevando pasadores en los extremos para fijación.



También hay otro tipo de perno que no va roscado que se utiliza para uniones provisionales, en metro se utiliza para la unión de vagones con dresinas de mantenimiento. En uno de los extremos suele llevar un taladro para colocar un pasador.



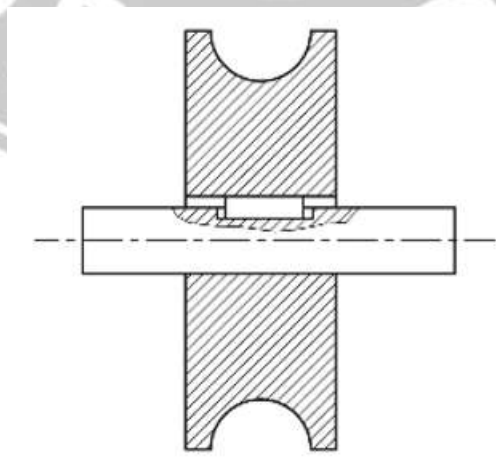
Representación de pasadores

Los pasadores evitan el desmontaje no deseado. Se dibujan según su forma: cilíndricos, cónicos, elásticos, de alambre o con anilla. Se representan tal como son.



Representación de chavetas

Se representan tal como se ven, normalmente con corte parcial para mostrar la parte oculta. Las formas más habituales son: rectangular, con extremos redondeados o biselados. Deben tener ajuste preciso y sus dimensiones están normalizadas.



11.11.7. REPRESENTACIÓN DE UNIONES FIJAS

Las uniones fijas no pueden desmontarse sin dañar la unión. A continuación, se detallan los tipos más utilizados:

Uniones zunchadas

Se emplean para montar un eje de mayor diámetro que el del agujero, aprovechando la dilatación térmica del material. Al calentar el agujero, este se expande permitiendo la inserción del eje. Luego, al enfriarse, se contrae y fija el eje en su lugar. Su representación gráfica es similar a la de los tratamientos superficiales y, según la norma ISO, indica que el montaje debe realizarse de esta manera.

Uniones a presión

Son similares a las uniones zunchadas, con la diferencia de que en este caso el eje se introduce mediante el uso de una prensa, aplicando fuerza mecánica que deforma el material para lograr la unión. Estas uniones se representan mediante la nomenclatura de ajustes ISO.

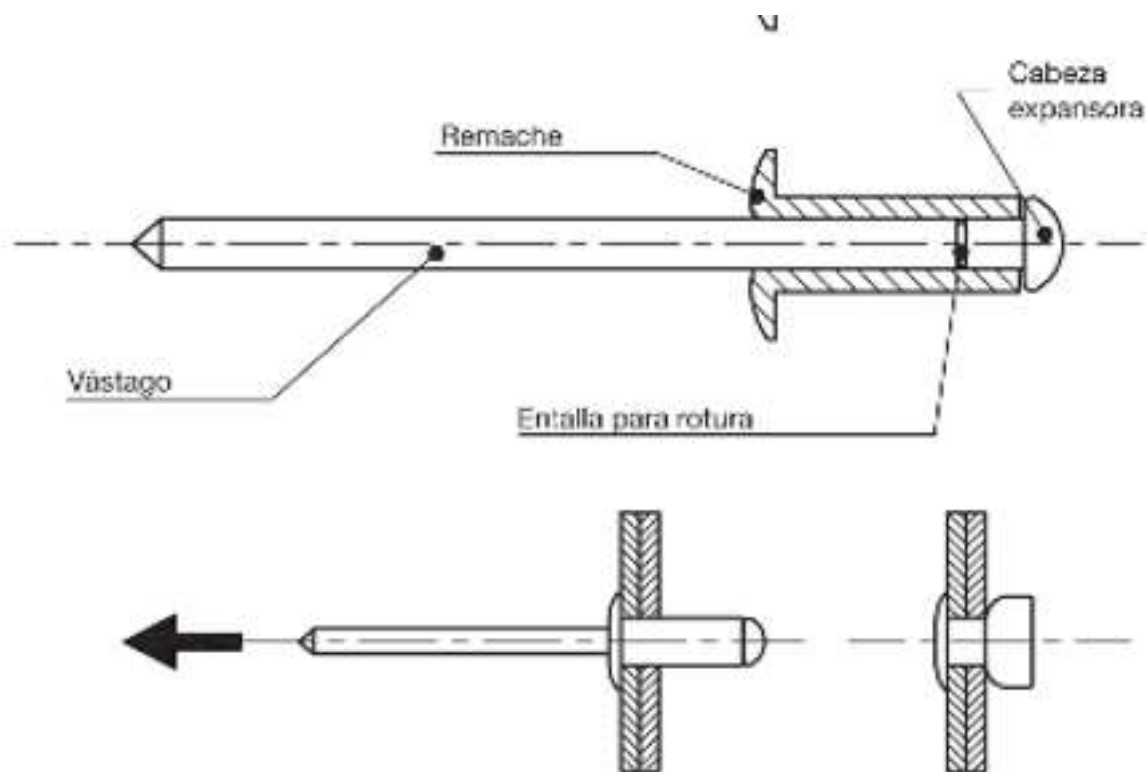
Uniones pegadas

El desarrollo de adhesivos ha permitido lograr uniones permanentes, resistentes y de alta calidad. Antiguamente se usaban solo con materiales plásticos o celulósicos, pero hoy en día permiten unir diversos materiales con gran eficacia. Su representación gráfica en los planos es la misma que en el caso del zunchado.

Ahora vamos a ver la representación de las uniones fijas más utilizadas:

Representación de uniones remachadas o roblonadas

El remache es un vástago metálico con cabeza, que se deforma para unir dos piezas. Los tipos de cabeza son variados. Se representa ya montado y no se corta en secciones. Existen normas UNE con simbología específica para representar remaches en estructuras.



- **Remaches tubulares:** Usados para chapas, son de aluminio y se colocan con remachadora. Su representación muestra el vástago, la cabeza expansora y la entalla de rotura.

Representación de uniones soldadas

La **soldadura** es uno de los métodos de unión fija más utilizados en la industria por su fiabilidad, rapidez de ejecución y posibilidad de automatización. Consiste en fundir los materiales a unir, generando un cordón que actúa como nexo entre las piezas. Existen múltiples tipos de soldadura, cada uno adecuado a distintos tipos de unión y materiales.

Dado que el cordón de soldadura a menudo no es visible o es de pequeño tamaño, su representación gráfica es esencial. Por ello, se ha desarrollado una simbología normalizada, recogida tanto en las normas **EN-UNE** europeas como en las **AWS (American Welding Society)**, siendo esta última la más utilizada a nivel internacional.

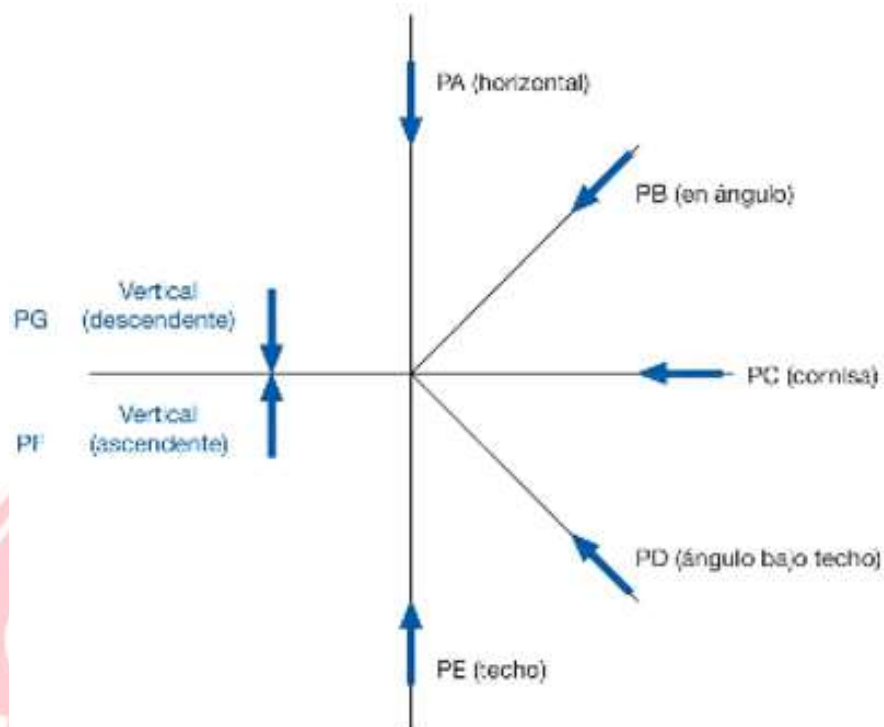
Nomenclatura de posiciones de soldadura

La **nomenclatura de las posiciones de soldadura** varía entre la norma europea (EN) y la americana (ASME):

- En **normativa europea**, las posiciones comienzan por la letra "**P**", seguida de otra que indica la posición concreta como se indica en la imagen siguiente.
 - PA: horizontal

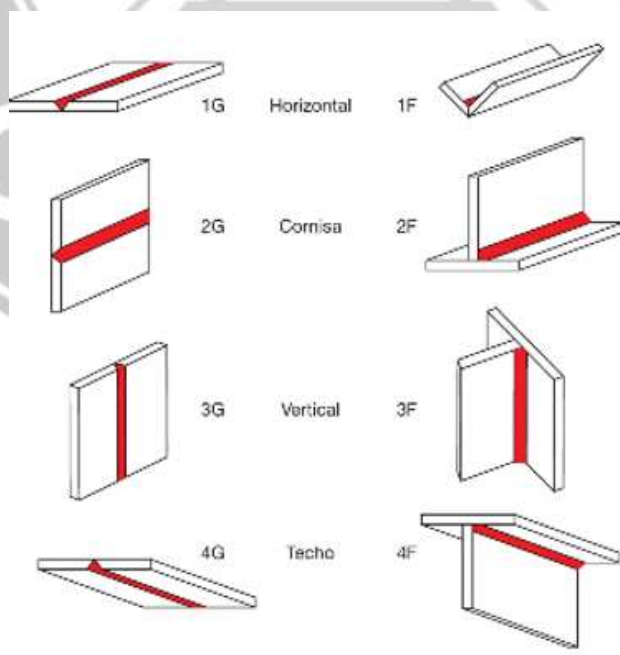


- PB: en ángulo
- PC: en cornisa
- etc.



- En **normativa americana** (AWS y ASME), se identifican dos tipos principales:
 - **G** para soldaduras a tope
 - **F** para soldaduras en ángulo

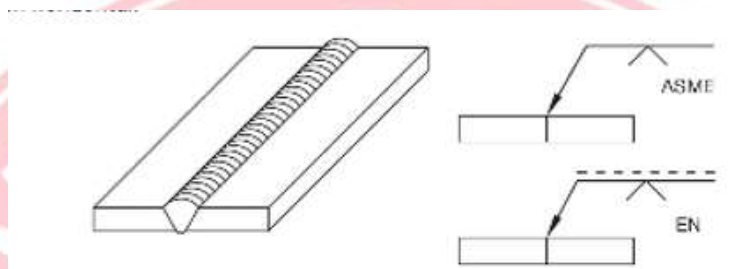
A estos se les añade un número del 1 al 6 que indica la posición.







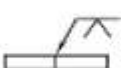
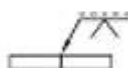

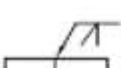
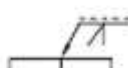




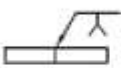

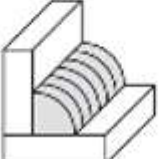
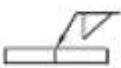
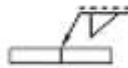
Simbología gráfica de la soldadura

La simbología del soldeo es extensa y utiliza letras, números y símbolos para describir cómo debe realizarse una soldadura. Dado que existen diferencias entre la norma americana y la europea, se recomienda consultar la normativa específica según el caso.

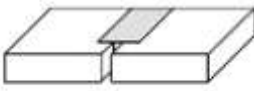

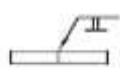



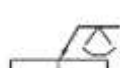
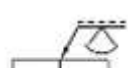
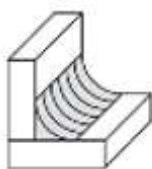



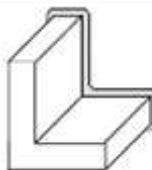



La representación gráfica se basa en una **línea de referencia** con una flecha que señala el punto donde se aplicará la soldadura. A continuación, se dibuja una línea paralela a la pieza y, sobre ella, se colocan los símbolos correspondientes al tipo de soldadura. Esta simbología permite representar de forma estandarizada todos los detalles técnicos necesarios para la ejecución correcta de la unión soldada.



Los **símbolos** hacen referencia a la preparación de los bordes de soldadura.

Soldadura	Símbolo	AWS	EN
			
	∨		
	∪		
	Y		
	Y		
	△		

El acabado del cordón de soldadura también se representa mediante simbología específica. Este acabado puede ser **plano**, **cóncavo** o **convexo**. Además, se puede indicar si la pieza debe soldarse completamente alrededor o si la soldadura debe realizarse **en campo**, es decir, fuera del taller, en el lugar de montaje. Esta simbología se añade junto a la correspondiente a la soldadura.

Soldadura	Simbolo	AWS	EN
			
			
			
			

11.12.DIBUJO ASISTIDO POR ORDENADOR

El ordenador y sus versiones más modernas, como las tabletas y los teléfonos móviles, se han integrado por completo en nuestras vidas. Esta revolución tecnológica también ha transformado la industria, donde el uso del ordenador es imprescindible. En este capítulo se aborda el dibujo técnico asistido por ordenador, conocido como CAD (*Computer-Aided Design*), y se presentan sus principales ventajas y programas más representativos.

11.12.1. DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR Y MÁQUINAS CNC

Desde finales del siglo XX, los ordenadores han pasado a ser herramientas imprescindibles tanto en la vida personal como profesional. Hoy en día, casi todos los procesos industriales, comerciales y de comunicación dependen de ellos. En dibujo técnico, el ordenador ha sustituido el dibujo manual gracias a programas potentes que permiten visualizar piezas en 2D o 3D, corregir errores y calcular parámetros como pesos y resistencias. Además, las máquinas modernas están conectadas al ordenador, formando un único sistema capaz de diseñar y fabricar con gran precisión.

11.12.2. VENTAJAS DEL DIBUJO ASISTIDO POR ORDENADOR

El CAD permite trabajar con formatos vectoriales, ideales para dibujo técnico, ya que definen objetos con gran precisión y escalabilidad. Al representar elementos como circunferencias, se parte de datos básicos (centro y diámetro), y el programa se encarga de completar la figura. Esto asegura la máxima resolución y la posibilidad de modificar cada elemento de forma independiente.

11.12.3. PROGRAMAS DE CAD

AutoCAD: Es el programa más conocido y utilizado en ingeniería y arquitectura. Comercializado por Autodesk desde 1982, destaca por su versatilidad, personalización y capacidad para trabajar en 2D y 3D. El formato DWG se ha convertido en estándar, y también permite trabajar con DXF, un formato de intercambio universal.

CorelDRAW: Desarrollado por Corel Corporation, es un programa vectorial enfocado más al diseño gráfico que al técnico, aunque también se usa para edición y montajes. Destaca por su capacidad para vectorizar imágenes de mapa de bits. Sus archivos se guardan con extensión .cdr y es compatible con muchos formatos gráficos.

SolidWorks: Introducido en 1995, este programa se centra en el diseño 3D de piezas y conjuntos mecánicos. Facilita la creación de planos técnicos directamente desde el modelo 3D. Es ideal para ingeniería mecánica y el desarrollo de mecanismos.

CATIA: Diseñado originalmente para el sector aeronáutico, este programa modular permite diseñar, calcular, programar CNC y gestionar presupuestos desde una misma plataforma. Es útil para proyectos con geometrías complejas como aviones, barcos o edificios singulares. Se adapta a las necesidades del usuario mediante módulos independientes.

LogiTRACE: Es un ejemplo de software específico para calderería industrial. Permite desarrollar piezas como codos, transiciones o conductos, generando automáticamente los planos a partir de los datos introducidos por el usuario.

Otros programas: Además de los mencionados, existen muchas más opciones. Algunas empresas desarrollan sus propios softwares adaptados a sus necesidades. También existen alternativas de software libre, como las disponibles para Linux, cada vez más populares.

12. TÉCNICAS DE SOLDADURA

12.1. SOLDADURA POR ARCO PROTEGIDO

La soldadura por arco eléctrico es uno de los procesos más utilizados para unir piezas metálicas mediante fusión. Consiste en aplicar un calor intenso que funde el metal en la zona de unión, permitiendo que ambas piezas se mezclen entre sí o, en la mayoría de los casos, junto con un material de aporte. Tras el enfriamiento y solidificación del material fundido, se obtiene una unión mecánicamente resistente, cuya resistencia a la tracción y rotura suele ser igual o superior a la del metal base.

Este calor necesario para fundir los metales se genera mediante un arco eléctrico, el cual se forma entre las piezas a soldar y un electrodo que puede ser movido manual o mecánicamente a lo largo de la unión. En algunos casos, el electrodo permanece fijo y es la pieza la que se desplaza.

El electrodo tiene como función principal trasladar la corriente eléctrica de forma puntual hacia la zona de soldadura. Según su naturaleza, puede ser consumible, fundiéndose para aportar material a la unión, o no consumible, en cuyo caso el aporte metálico debe añadirse por separado mediante una varilla. Para trabajos con hierro, aceros al carbono o aceros inoxidable, es habitual el uso de electrodos metálicos recubiertos.

En cuanto al equipo eléctrico necesario para la soldadura por arco, es fundamental considerar la relación entre la tensión aplicada y la corriente que circula durante el proceso. Existen dos tipos de tensión: la tensión en vacío, que se presenta cuando no se está soldando y suele oscilar entre 70 y 80 voltios, y la tensión bajo carga, es decir, durante la soldadura, que puede variar entre 15 y 40 voltios. Estas tensiones dependen directamente de la longitud del arco eléctrico: a mayor distancia entre el electrodo y la pieza, se obtiene menor corriente y mayor tensión, mientras que, a menor distancia, aumenta la corriente y disminuye la tensión.

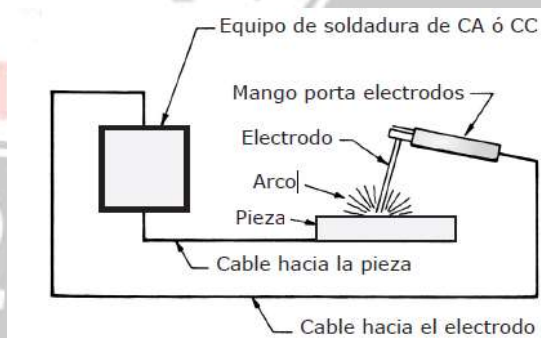


Fig. 2.1 Circuito básico para soldar por arco eléctrico

El arco se produce cuando la corriente eléctrica entre los dos electrodos circula a través de una columna de gas ionizado llamado “plasma”. La circulación de corriente se produce cumpliendo el mismo principio que en los semiconductores, produciéndose una corriente de electrones (cargas negativas) y una contracorriente de huecos (cargas positivas). El “plasma” es una mezcla de átomos de gas neutros y excitados. En la columna central del “plasma”, los electrones, iones y átomos se encuentran en un

movimiento acelerado, chocando entre sí en forma constante. La parte central de la columna de “plasma” es la más caliente, ya que el movimiento es muy intenso. La parte externa es más fría, y está conformada por la recombinación de moléculas de gas que fueron disociadas en la parte central de la columna.

Los primeros equipos para soldadura por arco eran del tipo de corriente constante. Han sido utilizados durante mucho tiempo, y aún se utilizan para Soldadura con Metal y Arco Protegido (SMAW, siglas del inglés Shielded Metal Arc Welding), y en Soldadura de Arco de Tungsteno con Gas (GTAW, siglas del inglés Gas-Tungsten Arc Welding), porque en estos procesos es muy importante tener una corriente estable.

Para lograr buenos resultados, es necesario disponer de un equipo de soldadura que posea regulación de corriente, que sea capaz de controlar la potencia y que resulte de un manejo sencillo y seguro. Podemos clasificar los equipos para soldadura por arco en tres tipos básicos:

Equipo de Corriente Alterna:

Consisten en un transformador. Transforman la tensión de red o de suministro (que es de 110 ó 220 Volt en líneas monofásicas, y de 380 Volt entre fases de alimentación trifásica) en una tensión menor con alta corriente. Esto se realiza internamente, a través de un bobinado primario y otro secundario devanados sobre un núcleo o reactor ferromagnético con entrehierro regulable.

Equipo de Corriente Continua:

Se clasifican en dos tipos básicos: los generadores y los rectificadores. En los generadores, la corriente se produce por la rotación de una armadura (inducido) dentro de un campo eléctrico. Esta corriente alterna trifásica inducida es captada por escobillas de carbón, rectificándola y convirtiéndola en corriente continua. Los rectificadores son equipos que poseen un transformador y un puente rectificador de corriente a su salida.

Equipo de Corriente Alterna y Corriente Continua:

Consisten en equipos capaces de poder proporcionar tanto CA como CC. Estos equipos resultan útiles para realizar todo tipo de soldaduras, pero en especial para las del tipo TIG ó GTAW.

Es importante en el momento de decidirse por un equipo de soldadura, tener en cuenta una serie de factores importantes para su elección. Uno de dichos factores es la corriente de salida máxima, la que estará ligada al diámetro máximo de electrodo a utilizar. Con electrodos de poco diámetro, se requerirá de menor amperaje (corriente) que con electrodos de mayor diámetro. Una vez elegido el diámetro máximo de electrodo, se debe tener en cuenta el Ciclo de Trabajo para el cual fue diseñado el equipo. Por ejemplo, un equipo que posee un ciclo de trabajo del 30 % nos está

indicando que, si se opera a máxima corriente, en un lapso de 10 minutos, el mismo trabajará en forma continua durante 3 minutos y deberá descansar los 7 minutos restantes. En la industria, el ciclo de trabajo más habitual es de 60 %.

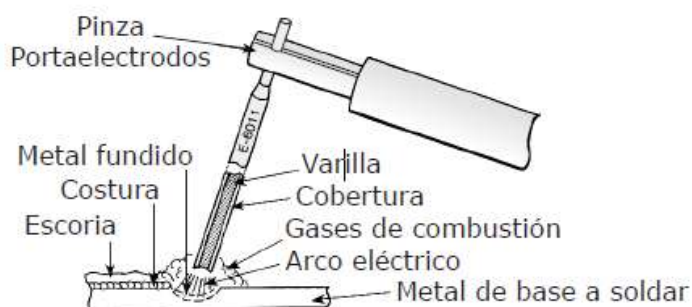


Fig. 2.2 Esquema de un electrodo revestido en plena tarea

Ignorar el Ciclo de Trabajo puede traer problemas de producción por excesivos tiempos muertos o bien terminar dañando el equipo por sobrecalentamiento excesivo. Se deberá tener en cuenta que al trabajar con bajas tensiones y muy altas corrientes, todos los posibles falsos contactos que existan en el circuito se traducirán en calentamiento y pérdida de potencia. Para evitar dichos inconvenientes, se mencionan posibles defectos a evitar, a saber:

1. Defectos en la conexión del cable del electrodo al equipo.
2. Sección del cable de electrodo demasiado pequeña, ocasionando sobrecalentamiento del mismo.
3. Fallas en el conductor (roturas, envejecimiento, etc.).
4. Defectos en la conexión del cable del equipo al portaelectrodo.
5. Portaelectrodo defectuoso (falso contacto).
6. Falso contacto entre el portaelectrodo y el electrodo.
7. Sobrecalentamiento del electrodo.
8. Longitud incorrecta del arco.
9. Falso contacto entre las partes o piezas a soldar.
10. Conexión defectuosa entre la pinza de tierra y la pieza a soldar.
11. Sección del cable de tierra demasiado pequeña.
12. Mala conexión del cable de tierra con el equipo.

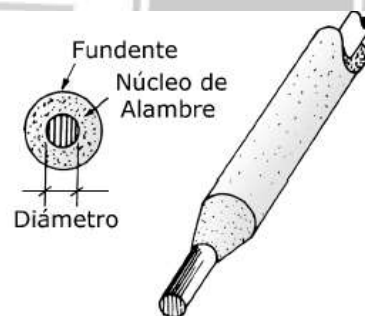


Fig. 2.3 Medidas de los electrodos

Una vez analizados hasta aquí los aspectos eléctricos, veremos ahora las características de los electrodos.

La medida del electrodo a utilizar depende de los siguientes factores:

1. Espesor del material a soldar.
2. Preparación de los bordes o filos de la unión a soldar.
3. La posición en que se encuentra la soldadura a efectuar (plana, vertical, horizontal, sobre la cabeza).
4. La pericia que posea el soldador.

El amperaje a utilizar para realizar la soldadura dependerá de:

1. Tamaño del electrodo seleccionado.
2. El tipo de recubrimiento que el electrodo posea.
3. El tipo de equipo de soldadura utilizado (CA; CC directa e inversa).
- 4.

Los electrodos están clasificados en base a las propiedades mecánicas del tipo de metal que conformará la soldadura (denominado como núcleo de alambre), del tipo de cobertura o revestimiento que posea, de la posición en que el mismo deba ser utilizado y del tipo de corriente que se le aplicará al mismo. Las especificaciones requieren que el diámetro del núcleo de alambre no deberá variar en más de 0,05 mm de su diámetro, y el recubrimiento deberá ser concéntrico con el diámetro del alambre central.

Durante años, el sistema de identificación fue utilizar puntos de colores cerca de la zona de amarre al portaelectrodo (zona sin recubrimiento). En la actualidad, algunas especificaciones requieren de un número clasificatorio o código, el que se imprime sobre el revestimiento de la cobertura, cerca del final del electrodo. (fig. 2.4).



Fig. 2.4 Electrodos con identificación de colores y códigos impresos

A pesar de ello, el código de colores se encuentra aún en uso en electrodos de poco diámetro, en los que no permite imprimir códigos por no tener el espacio suficiente, o en electrodos extrudados con alta velocidad de producción. Todos los electrodos para hierro, acero al carbono y acero aleado son clasificados con un número de 4 ó de 5 dígitos, antepuestos por la letra E. Los dos primeros números indican la resistencia al estiramiento mínima del metal depositado en miles de psi (del inglés *Pound per Square Inch*; libra por pulgada cuadrada). El tercer dígito indica la posición en la cual el electrodo es capaz de realizar soldaduras satisfactorias: (1) Cubre todas las posiciones posibles. (2) Para posiciones Plana y Horizontal únicamente.

El último dígito indica el tipo de corriente que debe usarse y el tipo de cobertura. Todos estos datos se detallan en forma grupal en la Tabla 2.1 y Tabla 2.2. Por ejemplo, un electrodo identificado con E7018 nos está indicando una resistencia al estiramiento de 70.000 psi mínimo, capaz de poderse utilizar en todas las posiciones de soldadura con CC (corriente positiva) o CA, teniendo una cobertura compuesta de polvo de hierro y bajo hidrógeno.

En el caso de números identificatorios de cinco cifras, daremos el ejemplo de E11018, en el cual los tres primeros números indican la resistencia al estiramiento mínima, que en este caso es de 110.000 psi. Se puede tener una terminación compuesta de una letra y un número (por ejemplo A1, B2, C3, etc.), la cual indica aproximadamente el contenido de la aleación del acero depositado mediante el proceso de soldadura. Este valor también se encuentra detallado en la Tabla 2.1.

La forma de clasificar los electrodos es la norma AWS A5.1. Esta norma utiliza medidas inglesas. La norma CSA W48-1M 1980 utiliza como medidas el sistema internacional SI. Por lo tanto, la resistencia a la tracción en el sistema CSA se expresa en kiloPascuales (kPa) o megaPascuales (MPa). En el caso del electrodo E7024, la resistencia a la tracción de 70.000 psi equivale a 480.000 kPa o 480 MPa.

TABLA 2.1 Especificaciones AWS A5.1-69 y A5.5-69	
a.	La letra E antepuesta a las cuatro o cinco cifras identifica a los electrodos aptos para soldadura por arco.
b.	Los primeros dos números de los cuatro o los tres números de los cinco indican la resistencia mínima a la tracción. <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>E60XX</div> <div>60.000 psi mínimo.</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>E70XX</div> <div>70.000 psi mínimo.</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>E110XX</div> <div>70.000 psi mínimo.</div> </div>
c.	El próximo dígito indica las posiciones posibles de soldadura. <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>EXX1X</div> <div>Todas las posiciones.</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>EXX2X</div> <div>Plana y horizontal solamente.</div> </div>
d.	La letra con un número final (por ejemplo EXXXX-A1) indica la aleación aproximada del metal depositado por soldadura. <ul style="list-style-type: none"> • A1 0,5% Mo • B1 0,5% Cr; 0,5% Mo • B2 1,25% Cr; 0,5% Mo • B3 2,25% Cr; 1% Mo • B4 2% Cr; 0,5% Mo • B5 0,5% Cr; 1% Mo • C1 2,5% Ni • C2 3,25 Ni • C3 1% Ni; 0,35% Mo; 0,15% Cr • D1 y D2 0,25-0,45% Mo; 1,75% Mn • G 0,5% ≤ Ni; 0,3% ≤ Cr; 0,2% ≤ Mo; 0,1% ≤ V; 1% ≤ Mn (sólo un elemento de la lista)

TABLA 2.2 Especificaciones AWS A5.1-69		
Código	Corriente	Cobertura
EXX10	CC (-) solamente	Orgánica
EXX11	CA ó CC (+)	Orgánica
EXX12	CA ó CC (-)	Rutilica
EXX13	CA ó CC (\pm)	Rutilica
EXX14	CA ó CC (\pm)	Rutilo-Hierro 30%
EXX15	CC (-) solamente	Bajo hidrógeno
EXX16	CA ó CC (+)	Bajo hidrógeno
EXX18	CA ó CC (+)	Bajo H ₂ -Hierro 25%
EXX20	CA ó CC (\pm)	Alto óxido férrico
EXX24	CA ó CC (\pm)	Rutilo-Hierro 50%
EXX27	CA ó CC (\pm)	Mineral-Hierro 50%
EXX28	CA ó CC (+)	Bajo H ₂ -Hierro 50%

Se podrá comprobar en la práctica que la cobertura del electrodo para soldadura por arco posee una gran influencia sobre los resultados obtenidos. El tercero y el cuarto dígito en una designación de electrodos de cuatro números (el cuarto y el quinto en una de cinco números) le informa al soldador experimentado sobre las características de uso. Las funciones de la cobertura de un electrodo son las siguientes, a saber:

- Proveer una máscara de gases de combustión que sirvan de protección al metal fundido para que no reaccione con el oxígeno y el nitrógeno del aire.
- Proveer un pasaje de iones para conducir corriente eléctrica desde la punta del electrodo a la pieza, ayudando al mantenimiento del arco.
- Proveer material fundente para la limpieza de la superficie metálica a soldar, eliminando a los óxidos en forma de escorias que serán removidas una vez terminada la soldadura.
- Controlar el perfil de la soldadura, en especial en las soldaduras de filete o esquineras.
- Controlar la rapidez con que el aporte del electrodo se funde.
- Controlar las propiedades de penetración del arco eléctrico.
- Proveer material de aporte, el cual se adiciona al que se aporta del núcleo del electrodo.
- Adicionar materiales de aleación en caso que se requiera una composición química determinada.

Algunos de los componentes de la cobertura del electrodo que producen vapores o gases de protección bajo la acción del calor del arco eléctrico son materiales celulósicos, como algodón de celulosa o madera en polvo. Los gases producidos son dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno y vapor de agua.

Los componentes de la cobertura que tienen por finalidad evitar los óxidos en la soldadura son el manganeso, el aluminio y el silicio. Las coberturas son aprovechadas para incluir elementos en aleación con el material de aporte o de relleno. De hecho, el polvo de hierro es muy utilizado en las coberturas de los electrodos para soldadura por arco. Dando otro ejemplo, la cobertura de un electrodo puede ser el proveedor de



metales tales como manganeso, cromo, níquel y molibdeno, los que una vez fundidos y mezclados con el alma de acero del electrodo forman una aleación durante el proceso de soldadura.

Debido a las composiciones químicas que los electrodos poseen en su superficie, pueden absorber humedad del ambiente. Por dicho motivo, es recomendable almacenar los mismos en lugares secos, libres de humedad. Igualmente, existen hornos eléctricos para el secado previo de los electrodos, para asegurarse de esta forma que las condiciones del aporte son las óptimas.

Antes de iniciar el arco eléctrico, Ud. debe conocer qué sucederá en la punta del electrodo. Se generará una temperatura en el orden de los 3.300 y 5.550 °C entre el electrodo y la pieza a soldar. El “flux” o fundente del revestimiento se calentará transformándose en sales fundidas y en vapor. Estas protegerán al metal fundido de la acción de la atmósfera. De allí el nombre de SMAW, proveniente de las siglas en inglés, ya explicado al comienzo de este capítulo. El gas de protección generado evita la acción de los gases de la atmósfera sobre la soldadura, los que habitualmente causarían incorporación de hidrógeno y porosidad, entre otros defectos. Una vez que el metal fundido se solidificó, la escoria también lo hará, formando una cascarilla por encima de la soldadura. Esta se podrá retirar con la ayuda de un pequeño martillo con sus terminaciones en punta, llamado piqueta.

Se deberá tener muy en cuenta lo siguiente: donde se apunte o apoye la varilla de soldadura es donde irá el metal fundido. El calor junto con el metal fundido saldrán del electrodo dirigidos hacia la pieza en forma de “spray”. Por ello, el electrodo se deberá dirigir donde se desea aportar metal, manteniendo a su vez el arco.

La soldadura con arco protegido (SMAW) es un tipo de soldadura de uso muy común. Si bien no resulta difícil de ejecutar, requiere de mucha paciencia y práctica para poder adquirir la pericia necesaria. En gran parte, los resultados obtenidos dependerán de la habilidad del soldador para controlar y llevar a cabo el proceso de soldadura. La calidad de una soldadura, además, dependerá de los conocimientos que este posea. La pericia solo se obtiene con la práctica.

Hay seis factores importantes a tener en cuenta. Los dos primeros están relacionados con la posición y la protección del operario, y los cuatro restantes con el proceso de soldadura en sí. Los mismos están detallados a continuación, a saber:

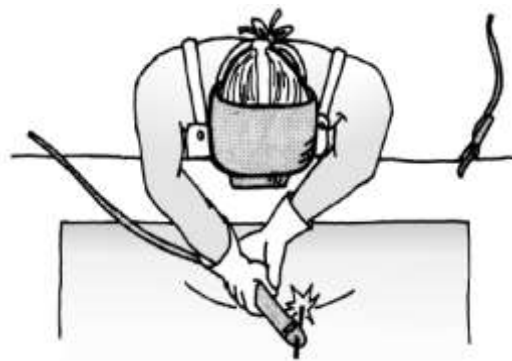
- Posición correcta para ejecutar la soldadura.
- Protección facial (se debe usar máscara o casco).
- Longitud del arco eléctrico.
- Ángulo del electrodo respecto a la pieza.
- Velocidad de avance.
- Corriente eléctrica aplicada (amperaje).



Cuando se menciona que el soldador esté en la posición correcta, nos referimos a que se deberá estar en una posición estable y cómoda, preferentemente de pie y con libertad de movimientos.

La metodología indica que los pasos correctos a seguir, a manera de práctica, son los detallados a continuación:

1. Colocar el electrodo en el portaelectrodo.
2. Tomar el mango portaelectrodo con la mano derecha en una posición cómoda.
3. Sujetarse la muñeca derecha con la mano izquierda.
4. Apoyar el codo izquierdo sobre el banco de soldadura.
5. Alinear el electrodo con el metal a soldar.
6. Usar el codo izquierdo como pivote y practicar el movimiento del electrodo a lo largo de la unión a soldar.



Cuando se menciona que el soldador deberá tener protección facial, nos referimos al uso de máscara o casco con lentes protectores. El mismo deberá cubrir perfectamente la cara y los ojos. Existen infinidad de modelos, sin embargo, para poder disponer de las dos manos en el proceso de soldadura, resultan ideales los cascos abisagrados, los que pueden colocarse en su posición baja con un ligero cabeceo, lo que permite no alterar la posición del electrodo (de las manos) ante la pieza, previo al inicio de la soldadura.

Ahora definiremos los cuatro factores importantes antes mencionados:

- **Longitud del arco eléctrico:** es la distancia entre la punta del electrodo y la pieza de metal a soldar. Se deberá mantener una distancia correcta y lo más constante posible.
- **Ángulo del electrodo respecto a la pieza:** el electrodo se deberá mantener en un ángulo determinado respecto al plano de la soldadura. Este ángulo quedará definido según el tipo de costura a realizar, por las características del electrodo y por el tipo de material a soldar.
- **Velocidad de avance:** para obtener una costura pareja, se deberá procurar una velocidad de avance constante y correcta. Si la velocidad es excesiva, la costura quedará muy débil, y si es muy lenta, se cargará demasiado material de aporte.

- **Corriente eléctrica:** este factor es un indicador directo de la temperatura que se producirá en el arco eléctrico. A mayor corriente, mayor temperatura. Si no se aplicada la corriente apropiada, se trabajará fuera de temperatura. Si no se alcanza la temperatura ideal (por debajo), el aspecto de la costura puede ser bueno, pero con falta de penetración. En cambio, si se trabaja con una corriente demasiado elevada, provocará una temperatura superior a la óptima de trabajo, produciendo una costura deficiente con porosidad, grietas y salpicaduras de metal fundido.

Para formar el arco eléctrico entre la punta del electrodo y la pieza se utilizan dos métodos: el de raspado o rayado y el de golpeado. El de rayado consiste en raspar el electrodo contra la pieza metálica ya conectada al potencial eléctrico del equipo de soldadura (pinza de tierra conectada). El método de golpeado es, como lo indica su denominación, dar golpes suaves con la punta del electrodo sobre la pieza en sentido vertical. En ambos casos, se formará el arco cuando al bajar el electrodo contra la pieza, se produzca un destello lumínico. Una vez conseguido el arco, deberá alejarse el electrodo de la pieza unos 6 mm para así poder mantenerlo. Luego disminuir la distancia a 3 mm (distancia correcta para soldar) y realizar la soldadura. Si el electrodo no se aleja lo suficiente, se fundirá con la pieza, quedando pegado a ella.

Ahora explicaremos cómo realizar costuras, ya que resultan básicas e imprescindibles en la mayor parte de las operaciones de soldadura. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Ubicar firmemente las piezas a soldar en la posición correcta.
2. Tener a mano varios electrodos para soldar. Colocar uno en el portaelectrodo.
3. Colocarse la ropa y el equipo de protección.
4. Regular el amperaje correcto en el equipo de soldadura y encenderlo.
5. Ubicarse en la posición de soldadura correcta e iniciar el arco.
6. Mover el electrodo en una dirección manteniendo el ángulo y la distancia a la pieza.
7. Se notará que conforme avance la soldadura, el electrodo se irá consumiendo, acortándose su longitud. Para compensarlo, se deberá ir bajando en forma paulatina la mano que sostenga el portaelectrodo, manteniendo la distancia a la pieza.
8. Tratar de mantener una velocidad de traslación uniforme. Si se avanza muy rápido, se tendrá una soldadura estrecha. Si se avanza muy lento, se depositará demasiado material.

Resulta imprescindible realizar la máxima práctica posible sobre las técnicas de costuras o cordones. Una forma de autoevaluar si se consiguió tener un dominio del sistema de soldadura es realizar costuras paralelas sobre una chapa metálica. Si se logran costuras rectas que conserven el paralelismo sin realizar trazados previos sobre la chapa, se puede decir que ya se ha conseguido un avance apreciable sobre este tema. Se debe tener un total dominio de las costuras paralelas para poder realizar trabajos de relleno

(almohadillado) y/o reconstrucción, los que detallaremos más adelante en este mismo capítulo.

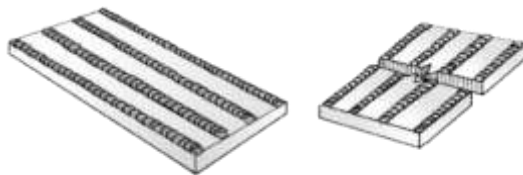


Fig. 2.7 Ilustración esquemática de cordones y costuras paralelas

Cuando se aporta metal aplicando el sistema de arco protegido, resulta común querer realizar una soldadura más ancha que un simple cordón (sólo movimiento de traslación del electrodo). Para ello, se le agrega al movimiento de avance del electrodo (movimiento de traslación) un movimiento lateral (movimiento oscilatorio). Existen varios tipos de oscilaciones laterales. Cualquiera sea el movimiento elegido o aplicado, deberá ser uniforme para conseguir con ello una costura cerrada, y así facilitar el desprendimiento de la escoria una vez finalizada la soldadura. En la figura correspondiente se detallan los cuatro movimientos clásicos. De los movimientos ilustrados, el de aplicación más común es el mencionado con la letra A, aunque los movimientos C y D resultan más efectivos para realizar soldaduras en metales de mayor espesor.

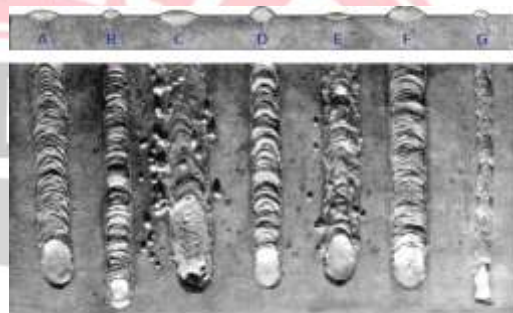


Fig. 2.9 Pruebas de costuras (Gentileza de The Lincoln Electric Co.)

Hasta ahora detallado, podemos describir las técnicas de relleno (almohadillado) o reconstrucción. Es importante tener un dominio de las técnicas explicadas hasta aquí porque el relleno y reconstrucción requiere de capas sucesivas de soldadura. Para que el trabajo quede bien realizado, se deberá procurar evitar poros en las costuras en donde pueden quedar atrapados restos de escoria de la capa anterior.

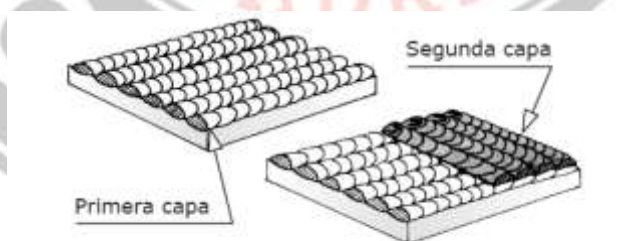


Fig. 2.10 Etapas de relleno o reconstrucción con soldadura por arco

Esta técnica se utiliza en el relleno o reconstrucción de partes gastadas (ejes, vástagos, pistones, etc.). Se van sumando capas sucesivas de soldadura hasta llegar a la altura de relleno necesaria. Las capas entre sí deberán estar rotadas 90°, y de esta forma se logra una superficie más lisa y se limita la posibilidad de que queden poros en la capa de relleno. Cuando se realiza el relleno en las cercanías de los bordes de la pieza, el aporte

de soldadura tiende a “derramarse”. Para evitar este efecto, se utilizan como límites placas de cobre o grafito sujetas al borde a rellenar. La placa puesta como límite no interviene ni se funde por los efectos del calor producido en el proceso de soldadura.

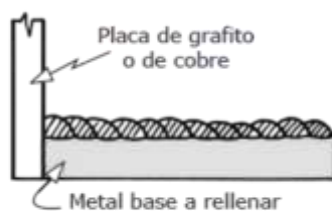


Fig. 2.11 Forma de limitar el relleno de soldadura

Este método resulta de suma utilidad para lograr bordes de relleno rectos, ahorrando bastante trabajo de mecanizado posterior.

12.1.1. UNIONES BÁSICAS CON ARCO PROTEGIDO (SMAW)

Ahora que ya hemos explicado los procedimientos para depositar cordones y costuras, y para realizar reconstrucciones y rellenos, podemos aplicar estos conocimientos para realizar las uniones típicas en soldadura metálica con arco protegido. Estas son cinco: A) la unión a tope, B) la unión en T, C) la traslapada, D) la unión en escuadra, y E) la de canto.

Además de las uniones detalladas, existen cuatro posiciones diferentes para realizarlas. Estas son la plana, la vertical, la horizontal y sobre la cabeza. Estas posiciones se evidencian en la figura correspondiente, en la que además se ilustran todas las variantes intermedias.

A la soldadura que se deposita en una unión en T se la llama soldadura de filete. También frecuentemente, se le da este nombre a la unión.



Fig. 2.12 (izquierda). Ilustraciones sobre los cinco tipos de uniones para SMAW

Fig. 2.13 (derecha). Ilustraciones de las cuatro posiciones básicas y sus variantes

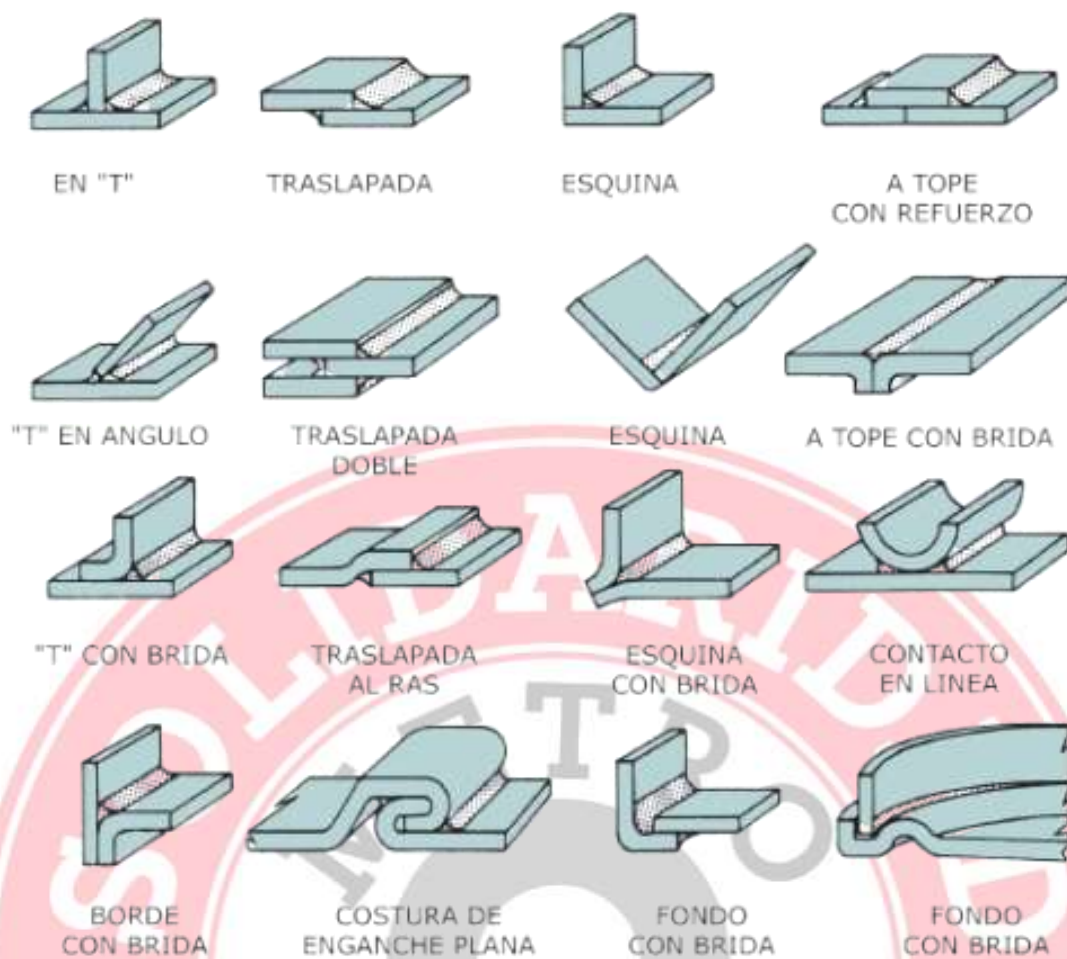
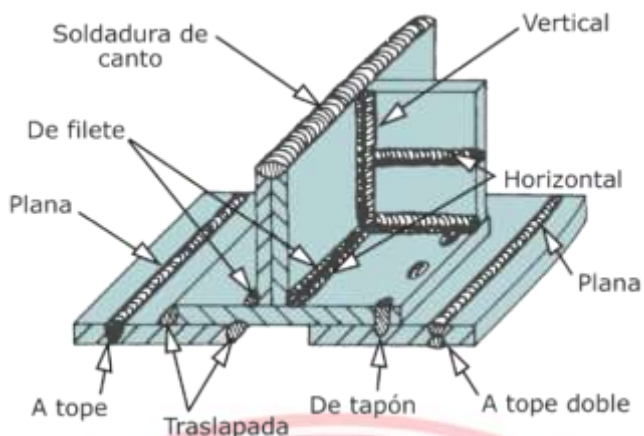


Fig. 2.14 Diseños de uniones habituales en soldadura

Hay dos clases de soldadura de filete de este tipo: la horizontal y la plana. Ambas son de uso frecuente en la industria. Siempre que sea posible, se colocan las piezas a soldar de tal forma que queden en posición plana. En esta posición se puede soldar con más rapidez, ya que así se pueden utilizar electrodos de mayor diámetro y trabajar con corrientes más elevadas.

Los pasos a seguir para realizar una soldadura de filete horizontal son:

1. Ubicar las piezas para efectuar una unión en T o una unión traslapada.
2. Preparar el equipo para soldar (electrodos, elementos de seguridad, vestimenta, regulación de corriente, etc.).



3. Sustener el electrodo de forma tal que apunte hacia la esquina de la unión a un ángulo de 45° con respecto a la placa horizontal.
4. El electrodo se debe inclinar de 15° a 20° en la dirección del movimiento.
5. Soldar a lo largo de toda la unión.
6. Observar con atención si el cordón está muy alto o socavado. Aumentar la velocidad o cambiar el ángulo del electrodo para corregir, de existir, los posibles defectos.

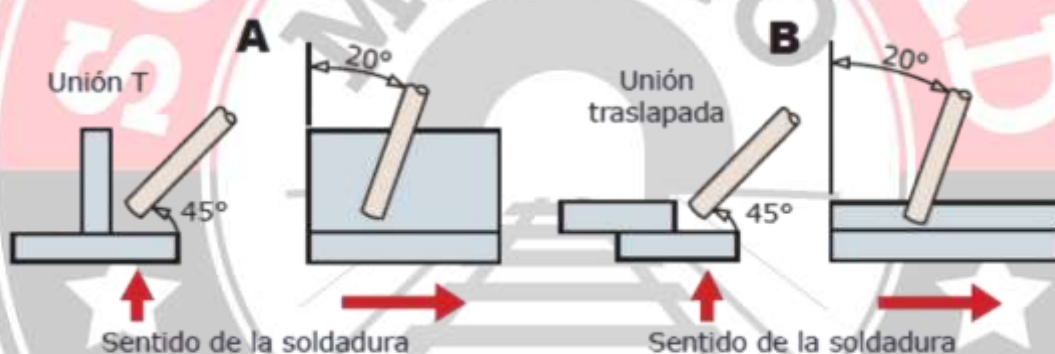


Fig. 2.16 Ángulos de los electrodos para soldadura de filete

Fuera de las soldaduras efectuadas en las posiciones plana y horizontal, las que se deban ejecutar en otra posición (vertical y sobre la cabeza) resultarán bastante más complicadas de realizar si no se experimenta y practica. Siempre que se pueda, tratar de ubicar las piezas en posición plana. De no ser esto posible, se deberá soldar en la posición en que las piezas se encuentren.

Para soldar verticalmente, se deberá experimentar con práctica intensiva para que la fuerza de gravedad no haga caer o derramar el metal fundido. Teniendo en cuenta esto, y sabiendo —como ya dijimos— que la punta del electrodo empuja, se deberá poner éste en un ángulo ligeramente negativo respecto a la horizontal. Si la soldadura a realizar es vertical ascendente, el electrodo se moverá hacia arriba, alejándolo y acercándolo de

la pieza cada 10 o 15 mm de recorrido. Esto se realiza para permitir que el metal fundido se solidifique.

Si la soldadura a realizar es vertical descendente, resulta más fácil de controlar que la ascendente, ya que el efecto de “spray” del electrodo mantiene al material fundido en posición. En este caso, se observa menor penetración que en la soldadura vertical ascendente. Por este motivo, este tipo de soldadura no es la más recomendable para uso industrial.

Cuando se suelda en la posición de cabeza, se debe aplicar la misma metodología que en la soldadura vertical ascendente. Resultará necesario realizar la soldadura en varias etapas, para evitar que se eleve demasiado la temperatura del conjunto y permitiendo que el metal de aporte se solidifique.

12.1.2. SOLDADURA DE ARCO CON CORRIENTE CONTINUA (CC)

Cuando se realizan las soldaduras con corriente alterna (CA), no se tiene polaridad definida de ninguno de los dos electrodos. En cambio, al realizarla con corriente continua (CC), existe un sentido único de circulación de corriente y los efectos de la polaridad sobre la soldadura son muy evidentes.

Por lo general, la polaridad que se adopta en CC es la inversa, la cual polariza al electrodo positivamente (+) respecto a la pieza. Con esta polaridad, el electrodo toma más temperatura que la pieza, el arco comienza más prontamente, y permite utilizar menor amperaje y un arco más corto. Con la polarización inversa se tiene menor penetración que con la polarización directa.

La polarización directa polariza negativamente el electrodo respecto a la pieza. Se utiliza sólo para algunos procesos particulares. Existen algunos electrodos que pueden ser utilizados en CC con polarización directa o inversa indistintamente (llamados CA/CC), mientras que otros son aptos solo para corriente continua directa.

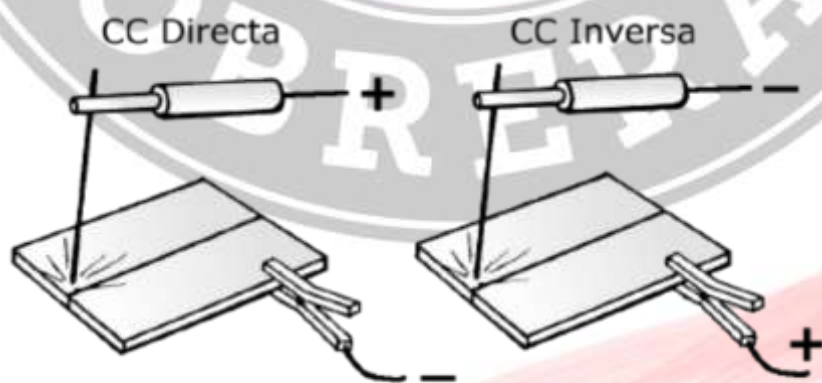


Fig. 2.17 Polaridades en la soldadura por arco con CC

En la tabla 2.3 se describen algunos de los electrodos aptos para ser usados con CC, detallando para que metal son aplicables.

TABLA 2.3		
Material	Polaridad	Electrodos
Acero Inoxidable	CC (+) solamente	E30815; E31015
	CA	E30816; E34716
Bronce	CC (+) solamente	E-CuSn-C
Aluminio	CC (+) solamente	AL-43
Hierro fundido	CC (+) solamente	ESt
Acero de alta dureza	CC (+) solamente	E7010-A1; E8018-C3
	CA	E7027-A1; E8018-C1
Acero común	CA	E6011; E7014; E7018
	CC (+) solamente	E6010; 5P; E7018

Se darán a continuación indicaciones sobre las condiciones de trabajo para efectuar soldaduras de diversos materiales mediante arco protegido. Comenzaremos por los *aceros al carbono*. Por lo general resultan difíciles de soldar por arco las láminas de acero, ya que, por tener poco espesor, Suelen perforarse o quemarse. A continuación daremos una serie de indicaciones puntuales para hacer este trabajo más sencillo, a saber:

- Soldar con valores de corriente bajos. Intentar con una corriente de 60 a 75 Ampere con electrodo de \varnothing 3 mm, o con una corriente de 40 a 60 Ampere con \varnothing 2,5 mm.
- Mantener un arco corto (poca distancia entre la punta del electrodo y la pieza). Esto permite lograr el calor necesario para fundir el material de aporte con el de base sin excesos.
- Realizar puntos de soldadura para evitar quemar o perforar el material. Esto ayudará, además, a evitar deformaciones u ondulaciones por exceso de temperatura.
- Usar pinzas de anclaje, sargentos o elementos de fijación de gran superficie, permitiendo esta característica aumentar la disipación de temperatura de todo el conjunto y evitando así un “shock” térmico que pueda producir mayores deformaciones sobre el material a soldar.
- Si todo esto falla, utilizar tiras de cobre como respaldo de la soldadura a realizar. La soldadura no se adherirá a las tiras o placas de cobre, las que podrán ser removidas una vez que la costura se haya enfriado.

Para soldar con el sistema de arco protegido el acero aleado (refiriéndonos a los aceros aleados con cromo-molibdeno), se emplea una metodología similar a la utilizada con el acero al carbono. Por lo general, las costuras y los cordones realizados sobre acero aleado son propensos al agrietamiento cuando se enfrían. Esto se debe a la estructura granular que poseen los cristales de este acero. A continuación, se dan algunas indicaciones para obtener buenos resultados en la soldadura por arco protegido (SMAW) del acero aleado 4130 utilizando corriente alterna (CA) para su ejecución, a saber:



- Cuanto más grande sea la pieza, más importante deberá ser el precalentamiento que reciba la misma previo al trabajo de soldadura. Siempre se debe tratar de soldar a una temperatura no inferior a 20 °C, y además, se debe precalentar la zona afectada a la soldadura a una temperatura entre 90 y 150 °C.
- Precalentar la pieza con un soplete de oxiacetileno o, si el tamaño de la misma lo permite, precalentar en horno eléctrico.
- Utilizar siempre electrodos E7018 para efectuar la soldadura de acero aleado tipo 4130.
- Asegúrese de que la superficie a soldar esté limpia y libre de óxido, pintura y grasa. De descuidar este aspecto, se producirá sin lugar a dudas una soldadura defectuosa.
- De ser posible, por los espesores que la pieza posea, desbastar los bordes de la unión a soldar formando una V (llamada unión en V). Esto favorecerá la penetración de la soldadura.

Aunque no resulte común su empleo, es posible efectuar soldaduras por arco en todo tipo de aluminio (laminado, trefilado o fundido) mediante el empleo de corriente continua. El aspecto de la soldadura una vez realizada es rugoso comparado con las costuras realizadas sobre acero con este mismo sistema. Como en la soldadura de acero aleado, resulta indispensable el precalentado de la pieza entre 150 y 200 °C previo a la soldadura. Los electrodos a utilizar deberán ser especiales para realizar este tipo de tarea. La resistencia obtenida en las soldaduras hechas por arco es de apenas un 50% de la obtenida con los sistemas de arco de tungsteno protegido por gas (TIG).

Para efectuar soldaduras en acero inoxidable, no existe en particular ningún problema, y la metodología a emplear es similar a la utilizada en los procesos para aceros al carbono y aceros aleados. Las costuras obtenidas se verán con un buen aspecto siempre y cuando no tengan ningún contacto con la atmósfera. Por lo general, el revés de la soldadura aparece ennegrecido y rugoso. Este aspecto puede ser evitado mediante el uso de “flux” o fundente en pasta para que la soldadura no tenga contacto con el oxígeno de la atmósfera. Los mejores procesos para soldar acero inoxidable son el TIG y el MIG (detallados en los próximos capítulos), pero cuando no se dispone de los equipos mencionados para su realización, se pueden hacer buenos trabajos mediante la soldadura por arco protegido de corriente alterna (CA). En este caso, no es necesario realizar precalentamiento sobre la zona a soldar.

Para efectuar soldaduras en hierro fundido o de colada, existen problemas para evitar las fisuras luego de la realización de la soldadura. La razón de ello es la gran rigidez que posee el material. Cuando se desea realizar una soldadura en una pieza de hierro fundido, se calienta un área pequeña, provocando su expansión. El área que no toma temperatura con el proceso de soldadura resiste dicha expansión, pero desafortunadamente, al enfriarse la zona de trabajo, pierde la batalla, ya que el material es más resistente en compresión que en expansión. Por lo detallado, el área menos



caliente (la que no recibe calentamiento directo por efecto de la soldadura) es la que se fisura.

Por ello, resulta indispensable precalentar la pieza a soldar para, de esta forma, evitar fisuras en zonas cercanas a la soldadura. La temperatura deberá estar por encima de los 200 °C (no sobrepasar los 650 °C). Los electrodos a utilizar deberán ser los especificados para fundición. Según la American Welding Society, la codificación para los electrodos a utilizar es Est y ENI-CI. A pesar de ello, y sólo a modo de comentario, el método de “Brazing” resulta mejor para ser aplicado en la soldadura de hierro colado o fundido, pero no se realiza mediante los sistemas de soldadura por arco, sino que se realiza por calentamiento a gas combustionado con oxígeno (oxiacetileno) o en horno.

12.2. SOLDADURA TIG O GTAW

12.2.1. DESCRIPCIÓN

El proceso GTAW, TIG o Heliarco es por fusión, en el cual se genera calor al establecerse un arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno no consumible y el metal de base o pieza a soldar. Como en este proceso el electrodo no aporta metal ni se consume, de ser necesario realizar aportes metálicos se harán desde una varilla o alambre a la zona de soldadura utilizando la misma técnica que en la soldadura oxiacetilénica. La zona de soldadura estará protegida por un gas inerte, evitando la formación de escoria o el uso de fundentes o “flux” protectores.

El Helio fue el primer gas inerte utilizado en estos procesos. Su función era crear una protección sobre el metal fundido y así evitar el efecto contaminante de la atmósfera (Oxígeno y Nitrógeno). La característica de un gas inerte desde el punto de vista químico es que no reacciona en el proceso de soldadura. De los cinco gases inertes existentes (Helio, Argón, Neón, Kriptón y Xenón), solo resultan aptos para ser utilizados en esta aplicación el Argón y el Helio.

Para una misma longitud de arco y corriente, el Helio necesita un voltaje superior que el Argón para producir el arco. El Helio produce mayor temperatura que el Argón, por lo que resulta más efectivo en la soldadura de materiales de gran espesor, en particular metales como el cobre, el aluminio y sus aleaciones. El Argón se adapta mejor a la soldadura de metales de menor conductividad térmica y de poco espesor, en particular para posiciones de soldadura distintas a la plana. En la Tabla 3.1 se describen los gases apropiados para cada tipo de material a soldar.

TABLA 3.1 Gases inertes para GTAW	
<i>Metal a soldar</i>	<i>Gas</i>
Aluminio y sus aleaciones	Argón
Latón y sus aleaciones	Helio o Argón
Cobre y sus aleaciones (menor de 3 mm)	Argón
Cobre y sus aleaciones (mayor de 3 mm)	Helio
Acero al carbono	Argón
Acero Inoxidable	Argón

Cuanto más denso sea el gas, mejor será su resultado en las aplicaciones de soldadura con arco protegido por gas. El Argón es aproximadamente 10 veces más denso que el Helio, y un 30% más denso que el aire. Cuando el Argón se descarga sobre la soldadura, esta forma una densa nube protectora, mientras que la acción del Helio es mucho más liviana y vaporosa, dispersándose rápidamente. Por este motivo, en caso de usar Helio, serán necesarias mayores cantidades de gas (puro o mezclas que contengan mayoritariamente Helio) que si se utilizara Argón.

En la actualidad, y desde hace bastante tiempo, el Helio ha sido reemplazado por el Argón, o por mezclas de Argón-Hidrógeno o Argón-Helio. Ellos ayudan a mejorar la generación del arco eléctrico y las características de transferencia de metal durante la soldadura; favorecen la penetración, incrementan la temperatura producida, el ancho de la fusión, la velocidad de formación de soldadura, reduciendo la tendencia al socavado. Además, estos gases proveen condiciones satisfactorias para la soldadura de la gran mayoría de los metales reactivos tales como aluminio, magnesio, berilio, columbio, tantalio, titanio y zirconio.

Las mezclas de Argón-Hidrógeno o Helio-Hidrógeno sólo pueden ser usadas para la soldadura de unos pocos metales como, por ejemplo, algunos aceros inoxidables y aleaciones de níquel.

En las uniones realizadas aplicando el sistema TIG, el metal se puede depositar de dos formas:

1. Por transferencia en forma de “spray”.
2. Por transferencia globular.

La transferencia de metal en forma de spray es la más indicada y deseada. Esta produce una deposición con gran penetración en el centro de la unión y decreciendo hacia los bordes. La transferencia globular produce una deposición más ancha y de menor penetración a lo largo de toda la soldadura.

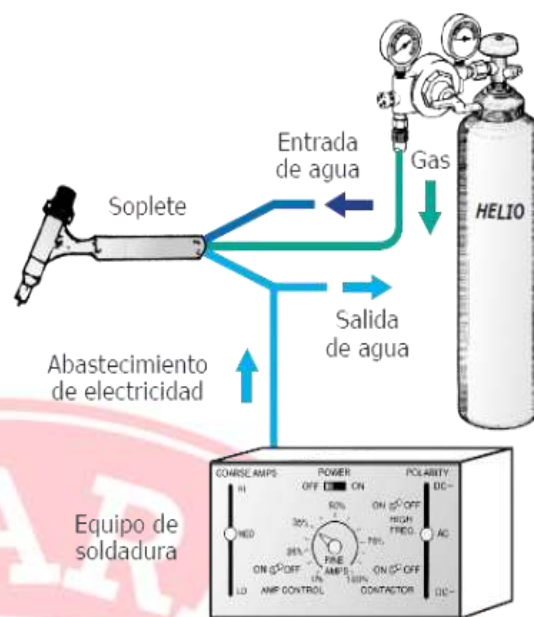
Por lo general, el Argón promueve una mayor transferencia en spray que el Helio con valores de corriente menores. A su vez, posee la ventaja de generar fácilmente el arco, una mejor acción de limpieza en la soldadura sobre aluminio y magnesio (trabajando con CA) con una resistencia mayor a la tracción.

12.2.2. EQUIPO BÁSICO PARA TIG O GTAW

El equipamiento básico necesario para ejecutar este tipo de soldadura está conformado por:

1. Un equipo para soldadura por arco con sus cables respectivos.

2. Provisión de un gas inerte, mediante un sistema de mangueras y reguladores de presión.
3. Provisión de agua (solo para algunos tipos de sopletes).
4. Soplete para soldadura TIG. Puede poseer un interruptor de control desde el cual se comanda el suministro de gas inerte, el de agua y el de energía eléctrica.



En el esquema correspondiente se observa un equipo básico de GTAW, en el cual se ilustra la alimentación y salida de suministro de agua. Este esquema, en algunos casos, puede darse sin el suministro de agua correspondiente. El mismo es utilizado como método de

3.1 Esquema de un sistema para soldadura de arco TIG.

Para soldar con SMAW, el tipo de corriente o polaridad que se utilicen dependerá del recubrimiento que posea el electrodo. En cambio, en GTAW (TIG), la corriente o su polaridad se determina en función del metal a soldar. Es posible utilizar CA y CC (inversa o directa). Los equipos para soldar con GTAW poseen características particulares, pero admiten ser utilizados también con SMAW.

Los equipos para soldadura GTAW poseen:

- Una unidad generadora de alta frecuencia (oscilador de AF) que hace que se forme el arco entre el electrodo y el metal a soldar. Con este sistema, no es necesario tocar la pieza con el electrodo.
- El equipo posee un sistema de electroválvulas de control, las cuales permiten controlar el accionamiento en forma conjunta del agua y el gas.
- Sólo algunos equipos poseen un control mediante pedal o gatillo en el soplete.

Al efectuar la soldadura con CC, se observa que en el terminal positivo (+) se desarrolla el 70% del calor y en el negativo (-) el 30% restante. Esto significa que, según la polaridad asignada, directa o inversa, los resultados obtenidos serán muy diferentes.

Con polarización inversa, el 70% del calor se concentra en el electrodo de tungsteno. De lo antedicho se deduce que, con el mismo valor de corriente (amperaje), pero cambiando la polarización a directa, se puede utilizar un electrodo de tungsteno de menor tamaño, favoreciendo ello a lograr un arco más estable y una mayor penetración en la soldadura efectuada.

Sin embargo, la corriente continua directa no posee la capacidad de penetrar la capa de óxido que se forma habitualmente sobre algunos metales (ej. aluminio). La corriente alterna (CA) tiene capacidad para penetrar la película de óxido superficialmente sobre algunos metales, pero el arco se extingue cada vez que la forma sinusoidal pasa por el valor cero de tensión o corriente, por lo que lo consideramos inadecuado.

Se encontró una solución a dicho problema superponiendo una corriente alterna de alta frecuencia (AF), la cual mantiene el arco encendido aún con tensión cero. A continuación, en la Tabla 3.2, se detallan las características de corriente necesarias para la soldadura TIG de diversos metales.

TABLA 3.2		
<i>Metal a soldar</i>	<i>Fuente de potencia</i>	
	<i>Preferida</i>	<i>Opcional</i>
<i>Aluminio</i>	CA (alta frecuencia)	CC inversa
<i>Latón y aleaciones</i>	CC directa	CA (alta frecuencia)
<i>Cobre y aleaciones</i>	CC directa	-
<i>Acero al carbono</i>	CC directa	CA (alta frecuencia)
<i>Acero inoxidable</i>	CC directa	CA (alta frecuencia)

Como el proceso de GTAW es por arco eléctrico, los primeros sopletes que se utilizaron resultaban de una adaptación de las pinzas portaelectrodo de la soldadura de arco convencional (SMAW) con un electrodo de tungsteno y un tubo de cobre suministrando el gas inerte sobre la zona de soldadura. El soplete actual consta de un mango, un sistema de collar para la sujeción del electrodo de tungsteno y un sistema de tobera a través del cual se eyecta el gas inerte. Pueden poseer sistema de enfriamiento por aire o por agua. Cuando se utilizan corrientes por debajo de 150 Ampere, se emplea la refrigeración por aire. En cambio, cuando se utilizan corrientes superiores a 150 Ampere, se emplea refrigeración por agua. El agua puede ser recirculada mediante un sistema cerrado con un tanque de reserva, una bomba y un enfriador.

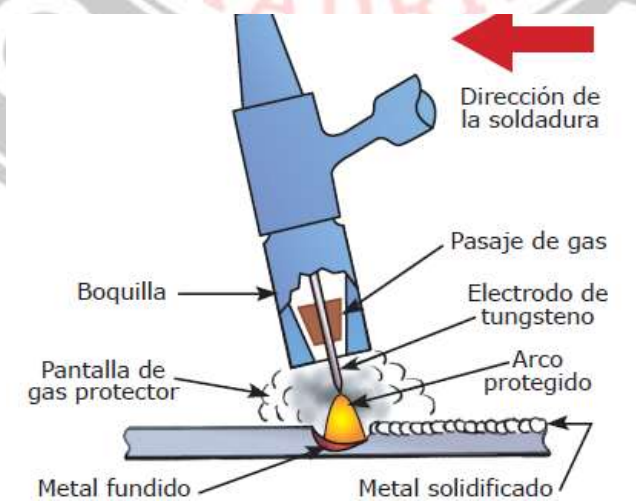


Fig. 3.2 Esquema de un soplete para soldadura TIG

Los electrodos originalmente no poseen forma. Antes de ser usados se les debe dar forma mediante mecanizado, desbaste o fundido. Los formatos pueden ser tres: en punta, media caña y bola (fig. 3.3).

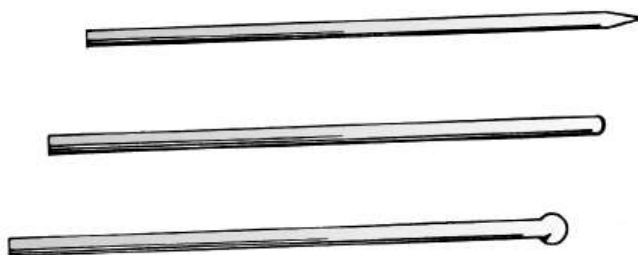


Fig. 3.3 Formas posibles para electrodos de tungsteno

Los diámetros de los electrodos de tungsteno se seleccionan en función de la corriente empleada para la realización de la soldadura. En la Tabla 3.4 se dan los rangos de corriente admisibles para cada diámetro de electrodo.

TABLA 3.4		
Corriente [Ampere]	Diámetro del electrodo	
	Ø Pulgadas	Ø Milímetros
Hasta 15 A	0,010	0,25
5 a 20 A	0,020	0,51
15 a 80 A	0,040	1,02
70 a 150 A	1/16	1,59
150 a 250 A	3/32	2,38
250 a 400 A	1/8	3,17
350 a 500 A	5/32	3,97
500 a 750 A	3/16	4,76
750 a 1.000 A	1/4	6,35

Las *boquillas* o *toberas* cumplen con dos funciones: la de dirigir el gas inerte sobre la zona de la soldadura, y la de proteger al electrodo. Las *boquillas* o *toberas* pueden ser de dos materiales diferentes: de *cerámica* y de *metal*.

Las *boquillas de cerámica* son utilizadas en los sopletes con enfriamiento por *aire*, mientras que las *metálicas* son las utilizadas en los sopletes con enfriamiento por *agua*.

12.2.3. COMENZANDO A USAR UN SISTEMA TIG O GTAW

Este sistema de soldadura (arco de tungsteno protegido por gas) no posee diferencias significativas con lo visto hasta ahora respecto a lo que ocurre en el punto de soldadura con los sistemas por arco, aunque posee mucho de los sistemas de soldadura por gas. Igualmente, daremos una descripción de los puntos principales a tener en cuenta, a saber:

- Previo a la realización de cualquier operación de soldadura con TIG, la superficie deberá estar perfectamente limpia. Esto es muy importante ya que en este

sistema no se utilizan fundentes o “fluxes” que realicen dicho trabajo y separen las impurezas como escoria.

- Cortar la varilla de aporte en tramos de no más de 450 mm. Resultan más cómodas para maniobrar. Previamente a su utilización, se deberán limpiar trapeando con alcohol o algún solvente volátil. Aún el polvillo contamina la soldadura.
- Si se es diestro, deberá sostener el soplete o torcha con la mano derecha y la varilla de aporte con la mano izquierda. Si es zurdo, se deberán intercambiar los elementos de mano.
- Tratar de adoptar una posición cómoda para soldar, sentado, con los brazos afirmados sobre el banco o mesa de trabajo. Se debe aprovechar que este sistema no produce chispas que vuelen a su alrededor. Utilizar los elementos de protección necesarios (casco, lentes, guantes, etc.). A pesar de que la luz producida por la soldadura TIG no parezca peligrosa, en realidad lo es. Ella posee una gran cantidad de peligrosa radiación ultravioleta.
- Se deberá estimar el diámetro del electrodo de tungsteno a utilizar en aproximadamente la mitad del espesor del metal a soldar.
- El diámetro de la tobera deberá ser lo mayor posible para evitar que restrinja el pasaje de gas inerte a la zona de soldadura.
- Deben evitarse corrientes de aire en el lugar de soldadura. La más mínima brisa hará que la soldadura realizada con TIG se fisure. Además, puede ser que por efecto del viento, se sople o desvanezca el gas inerte de protección.



Fig. 3.4 Forma correcta de comenzar el arco con un sistema TIG

- Para comenzar la soldadura, el soplete deberá estar a un ángulo de 45° respecto al plano de soldadura. Se acercará el electrodo de tungsteno a la pieza mediante un giro de muñeca. Se deberá mantener una distancia entre el electrodo y la pieza a soldar de 3 a 6 mm (1/8" a 1/4"). Nunca se debe tocar el electrodo de tungsteno con la pieza a soldar. El arco se generará sin necesidad de ello.
- Calentar con el soplete hasta generar un punto incandescente. Mantener alejada la varilla de aporte hasta tanto no se haya alcanzado la temperatura de trabajo correcta. Una vez logrado el punto incandescente sobre el material a soldar, adicionar aporte con la varilla metálica, realizando movimientos hacia adentro y hacia fuera de la zona de soldadura (llamado picado). No se debe tratar de fundir el metal de aporte con el arco. Se debe dejar que el metal fundido de la pieza lo

absorba. Al sumergir el metal de aporte en la zona de metal fundido, ésta tenderá a perder temperatura, por lo que se debe mantener una cadencia en la intermitencia empleada en la varilla de aporte. Si a pesar de aumentar la frecuencia de “picado” la zona fundida pierde demasiada temperatura, se deberá incrementar el calentamiento.

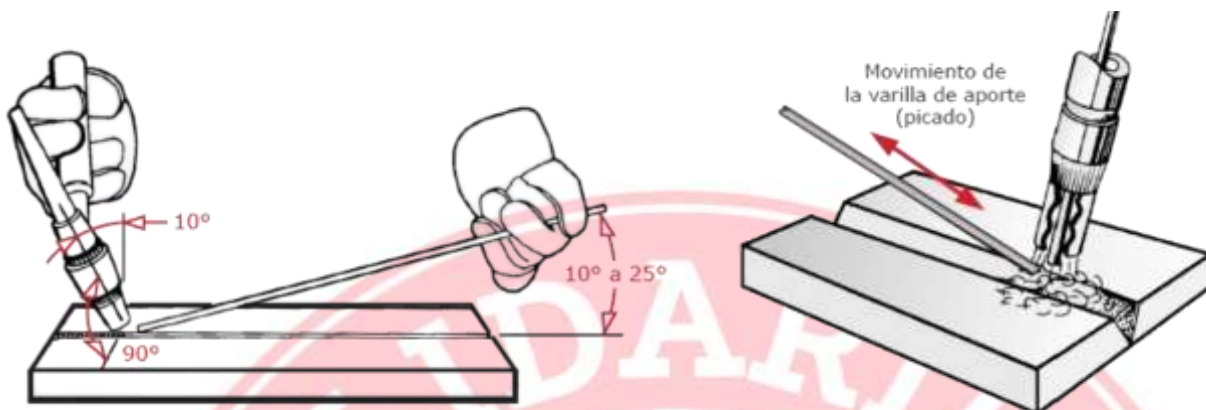


Fig. 3.6 Angulos de la varilla de aporte y del soplete

3.5 Esquema ilustrando la ubicación de la varilla de aporte

- Previo a la realización de la costura definitiva, es aconsejable hacer puntos de soldadura en varios sectores de las piezas a soldar. De esta forma se evitarán desplazamientos en la unión por dilatación.
- El material de aporte deberá ser alimentado en forma anticipada al arco (fig. 3.6), respetando un ángulo de 10° a 25° respecto al plano de soldadura, mientras el soplete deberá tener un ángulo de 90° respecto al eje perpendicular al sentido de la soldadura y ligeramente caído en el eje vertical (aproximadamente 10°). Es muy importante que el ángulo de alimentación del aporte sea lo menor posible. Esto asegura una buena protección del gas inerte sobre el metal fundido y reduce el riesgo de tocar la varilla con el electrodo de tungsteno.

Antes de pasar a otro tema, describiremos en forma esquemática las distintas corrientes que se pueden emplear con este tipo de soldadura.

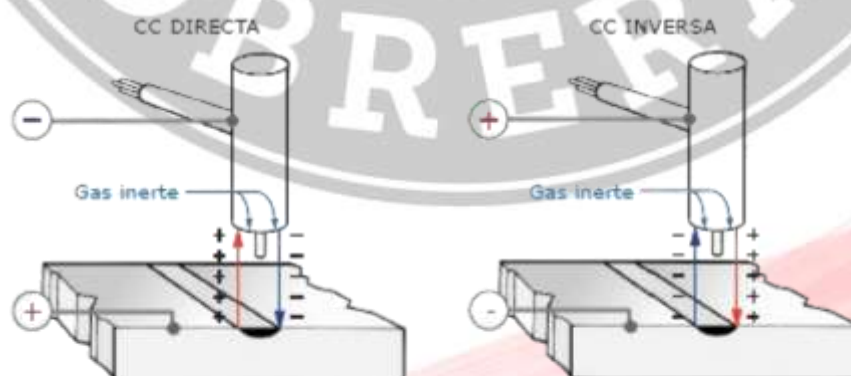


Fig. 3.7 Esquemas ilustrando las dos polaridades posibles de CC

En la figura 3.7 se pueden observar las dos polaridades posibles en corriente continua: la directa y la inversa. En la misma se distinguen la dirección de los iones desde y hacia la pieza.

En la figura 3.8 se puede observar la misma circunstancia ilustrada en el esquema anterior, pero con una tensión alterna aplicada. En dichas condiciones, se cumplirá en el semiciclo positivo y en el negativo lo ya explicado para corriente continua, reiterándose en forma alternativa.

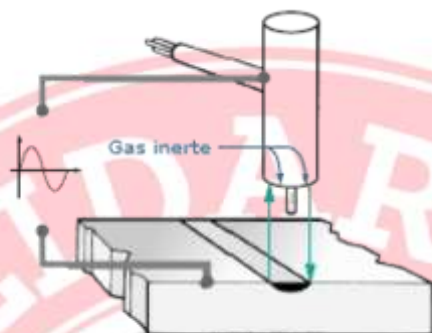


Fig. 3.8 Esquema ilustrando un sistema TIG con CA

Ahora, detallaremos la información específica necesaria para efectuar soldaduras del tipo TIG en diversos metales.

Hierro y Acero al Carbono:

Como ambos pueden ser soldados con TIG utilizando el mismo procedimiento, se detallan en una sola especificación. El procedimiento a seguir deberá ser el detallado:

1. Utilizar una varilla de aporte apropiada.
2. Utilizar CC directa.
3. Utilizar, si se dispone, el equipo de alta frecuencia.
4. Utilizar, si se dispone, el sistema de refrigeración por agua.
5. Ajustar el control de corriente a 75 Ampere para espesores de acero de 1,6 mm.
6. Comenzar a soldar.

Acero Inoxidable:

El procedimiento TIG utilizado para la soldadura de aceros inoxidable es similar al detallado para hierro y acero al carbono. La única diferencia radica en la necesidad de realizar una purga de oxígeno del lado trasero del material a soldar. Ello es indispensable para evitar que el metal fundido se cristalice en contacto con la atmósfera. Este efecto debilita considerablemente la soldadura y el metal de base cercano a la unión.

Para lograr desplazar al oxígeno de la parte trasera de la soldadura, se pueden utilizar dos sistemas. Uno consiste en utilizar un *flux* especial para este tipo de situaciones. El

otro sistema consiste en desplazar el oxígeno mediante el uso de gas inerte. Para ello, se deberá acondicionar la pieza a soldar según lo ilustrado en la figura 3.9.

La cámara trasera para purga de oxígeno puede ser realizada con cartón y cinta de enmascarar. Se deberá alejar esta construcción auxiliar de las zonas de alta temperatura.

Titanio:

Para lograr hacer soldaduras con TIG sobre titanio, se deberá utilizar el mismo procedimiento descrito para hierros y aceros. A pesar de ello, no todas las aleaciones conteniendo titanio pueden ser soldadas con este sistema. Ello se debe a la gran susceptibilidad que el titanio posee ante posibles contaminantes. A su vez, el titanio caliente reacciona con la atmósfera causando fragilidad en su estructura cristalina.

Si las cantidades de carbono, oxígeno y nitrógeno presentes en el metal son altas, el grado de contaminación será el causante de que no se pueda realizar la unión deseada sobre el titanio.

El punto fundamental a tener en cuenta es que el titanio, desde una temperatura ambiente normal (25 °C) hasta los 650 °C, reacciona absorbiendo nitrógeno y oxígeno del aire. Para lograr fundir el titanio a unir, se deberá alcanzar una temperatura cercana a los 1.800 °C.

Con lo explicado, es evidente que el metal adquirirá suficientes agentes contaminantes como para que la soldadura falle sin lugar a dudas. El sistema a aplicar para desplazar los gases de la atmósfera deberá ser similar al del acero inoxidable, pero será importante el ciclo de enfriamiento. Se deberá aguardar, antes de suprimir el flujo de gas inerte, que la temperatura del metal haya descendido naturalmente por debajo de los 400 °C.

Aluminio:

La metodología para la soldadura con TIG del aluminio resulta ligeramente distinta a la del acero. Los ajustes del equipo son diferentes, y la característica más difícil de controlar es que el aluminio no cambia de coloración cuando llega a su temperatura de fusión. Los pasos a seguir para lograr soldar sobre aluminio son:

1. El área a soldar deberá estar lo más limpia posible, y deberá estar libre de óxido de aluminio. Esta limpieza se deberá efectuar un momento antes de realizar la soldadura. El óxido de aluminio se forma sobre la superficie del aluminio muy rápidamente, y no se percibe su existencia a simple vista. La limpieza se puede realizar mecánicamente (cepillo de cerdas de acero inoxidable, tela esmeril o fibra abrasiva) o químicamente (inmersión en soda cáustica al 5% durante 5 minutos). Luego lavar con agua jabonosa, enjuagar con abundante agua y secar el área a soldar con alcohol, acetona o algún solvente volátil.

2. Para la unión de piezas de aluminio forjado o fundido, realizar una unión con borde achaflanado con forma de V, para lograr una mejor penetración. Si se suelda chapa laminada de más de 1,5 mm, también se recomienda realizar el mismo tipo de unión.
3. Antes de tratar de soldar cualquier tipo de aleación de aluminio, asegurarse de que la aleación en cuestión permite dicha operación.
4. Se deberá trabajar con CA, con alta frecuencia.
5. De disponerse, se deberá habilitar la refrigeración por agua.
6. Ajustar la corriente a 60 Ampere.
7. Se deberá utilizar electrodo de Tungsteno Puro o con un 2% como máximo de Thorio. El Thorio contamina la costura en las soldaduras de aluminio.
8. Se deberá utilizar varilla de aporte 4043 (material de aporte desnudo, sin flux, para soldadura TIG de aluminio).
9. En casos de piezas de gran tamaño, se recomienda el precalentamiento ya que facilita la realización de la soldadura. Esto no resulta indispensable, ya que el calor que se produce en la zona de la soldadura es suficiente para mantener la pieza caliente.

Magnesio:

El magnesio arde y puede soportar su propia combustión. El agua o los matafuegos de polvo no extinguen el incendio provocado por magnesio. En términos prácticos, la única forma en que se puede extinguir el fuego es dejar que se consuma todo el metal.

Por lo expuesto, cuando se requiera soldar magnesio, realizarlo en un lugar abierto, lejos de todo material inflamable. Si por cualquier circunstancia este se incendia, aléjese y déjelo consumir, ya que es probable que no se pueda suprimir su combustión.

Como con otros metales, el magnesio se deberá limpiar para eliminar todo resto de suciedad y corrosión en la zona a soldar con TIG. Utilizar para remover el óxido blanquecino característico un cepillo de acero inoxidable o bien una viruta de aluminio o de acero. Si esto resultara insuficiente, se usarán productos químicos para su decapado.

Habitualmente se utiliza la siguiente proporción (Tabla 3.5), a saber:

TABLA 3.5	
Productos y Condiciones	Cantidades y Datos
Acido Crómico	200 gramos
Nitrato Férrico	38 gramos
Fluoruro de Potasio	0,45 gramos
Agua	1.000 cm ³
Temperatura	20 a 30°C
Tiempo	3 minutos

Se deberá sumergir en la solución de decapado y luego lavar por inmersión en agua caliente. Dejar que la pieza se seque al aire previo al trabajo de soldadura. No soplear con aire comprimido, puesto que puede llegar a contaminarse con suciedad, agua o aceite.

En los casos en que el magnesio se encuentre aleado con aluminio, se produce un fenómeno de fisurado y de corrosión en forma espontánea. Para evitar este inconveniente, las aleaciones, luego de soldadas, deberán ser tratadas térmicamente para eliminar el *stress* generado por efecto de la soldadura. De no realizar este procedimiento, se sucederán irremediamente los efectos de la corrosión y del fisurado.

En la **Tabla 3.6** se dan algunas indicaciones sobre los valores óptimos para la soldadura TIG del magnesio, mientras que en la **Tabla 3.7** se dan indicaciones sobre los tratamientos térmicos a realizar sobre piezas de laminación y fundidas confeccionadas con magnesio aleado. En dicha tabla se especifican los códigos de los materiales citados.

TABLA 3.6			
<i>Espesor</i> [mm]	<i>Corriente</i> [Ampere]	<i>Ø Electrodo</i> [mm]	<i>Ø Aporte</i> [mm]
1,00	35	1,6	1,6
1,60	50	1,6	1,6
2,00	75	2,4	2,4
2,50	100	2,4	2,4
3,20	125	3,2	2,4
6,35	175	3,2	3,2
Los valores detallados son aproximados.			

TABLA 3.7		
Magnesio laminado		
<i>Aleación</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Tiempo (minutos)</i>
AZ31B-0	130	15
AZ31B-H24	65	60
HK31A-H24	160	30
HM21A-T8	190	30
HM21A-T81	205	30
ZE10A	110	30
ZE10A-H24	40	60
Los valores detallados son aproximados		
Magnesio fundido		
<i>Aleación</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Tiempo (minutos)</i>
AM100A	130	60
AZ63A	130	60
AZ81C	130	60
AZ91C	130	60
AZ92A	130	60
Los valores detallados son aproximados		

Las condiciones de tratamiento especificadas en la Tabla 3.7 se pueden realizar mediante cualquier sistema de calentamiento, preferentemente en un horno o mufla.

12.3. SOLDADURA GMAW – MIG/MAG

En la soldadura MIG/MAG el calor necesario para la fusión del electrodo y los bordes de la pieza se genera por medio de un arco voltaico que funde el metal. La protección del arco se consigue gracias a un gas protector suministrado de forma externa que protege el proceso de fusión, el metal líquido de la contaminación atmosférica y ayuda a estabilizar el arco (figura 11.17).

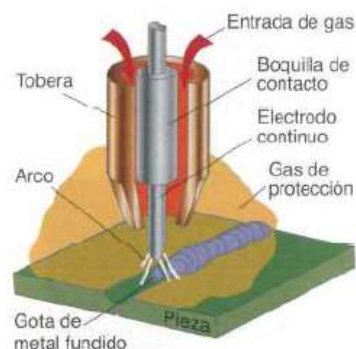


Figura 11.17. Proceso de soldadura MIG-MAG.

La soldadura MIG-MAG no emplea como material de aportación un electrodo revestido. Esta utiliza un alambre que es alimentado mediante un sistema de alimentación e impulsado de forma automática y a una velocidad regulada hacia el baño de fusión.

En este tipo de soldaduras el gas protector necesario para soldar se suministra desde una botella que dispone el equipo.

La **soldadura MIG** (*Metal Inert Gas*) emplea un gas inerte como protección (argón, helio o mezclas de ambos).

La **soldadura MAG** (*Metal Active Gas*) utiliza un gas activo (dióxido de carbono).

La soldadura más utilizada para soldar aceros es la que emplea dióxido de carbono: no MAG.

La soldadura MIG/MAG no produce escoria en el cordón. Facilita las soldaduras de poco espesor sin calentar en exceso las piezas y dependiendo del gas utilizado, permite soldar en una u otra posición.

El principal inconveniente es la falta de penetración de la soldadura. En espacios exteriores con corrientes de aire, resulta muy difícil soldar.

12.3.1. EQUIPO DE SOLDADURA

El sistema **MIG/MAG** está compuesto por los siguientes componentes (figura 11.18):

- Fuente de alimentación.
- Mecanismo de alimentación del alambre-electrodo.
- Pistola de soldadura.
- Manorreductor y caudalímetro.
- Botella de gas de protección.



Figura 11.18. Equipo de soldadura MIG-MAG.

Fuente de alimentación

La fuente de alimentación se conecta a la tensión de red, que puede ser de 230 o 400 V. Consiste en un transformador-rectificador de corriente continua y tensión regulable (entre 15 y 40 V), cuya intensidad puede oscilar entre los 60 y 500 A, dependiendo del equipo.

POTENCIA NOMINAL DE SALIDA		
Factor de marcha	Corriente de salida	Tensión de arco
10 %	170 A	22,5 V
20 %	140 A	21 V
60 %	100 A	19 V
100 %	75 A	18 V

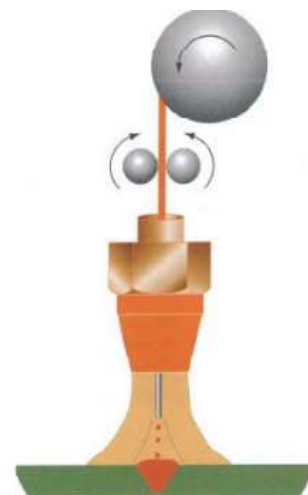
Mecanismo de alimentación del alambre-electrodo

El mecanismo de alimentación del alambre-electrodo (figura 11.20) puede estar integrado en la máquina o ser independiente.

Consta de las siguientes partes:

Devanadera o soporte del carrete:

Consiste en un eje que aloja la bobina de hilo. Por medio de un muelle regulable se frena la bobina para evitar que gire por la inercia después de haber terminado de soldar. Puede soportar bobinas de hilo de entre 15 y 25 kg de peso.



↑ Figura 11.21. Mecanismo de alimentación del alambre-electrodo.

Guía del alambre:

Facilita el centrado del alambre hasta la entrada de los rodillos del sistema de arrastre.

Sistema de tracción del alambre:

Está formado por un motor eléctrico de velocidad constante que realiza el giro de los rodillos de empuje del alambre hacia la salida de la pistola. Los rodillos disponen de un canal que facilita el ajuste del alambre en función de su grosor.

Sistema de guiado y conector de la pistola:

El sistema de guiado evita que el alambre se quede enredado o frenado a la salida de los rodillos de empuje. Para ello, el sistema dispone de una guía-alambre desde la salida de los rodillos hasta el conector de la pistola.

El conector de la pistola transmite la **corriente eléctrica positiva (+)** a la pistola. Dispone de las entradas de alambre y gas de protección (en algunos equipos, también dispone de un orificio para el agua de refrigeración).

Alambre – electrodo:

El alambre-electrodo es el material de aportación y se presenta en forma de bobinas. Debe ser de la misma naturaleza que las piezas a soldar: acero suave, acero inoxidable, aluminio, etc. Los diámetros de hilo oscilan entre 0,4 y 1,6 mm. Los más empleados son los de 0,6 y 0,8 mm.

El diámetro del hilo que se emplea en un proceso de soldadura es proporcional al espesor de las piezas a soldar. Por ejemplo,



↑ Figura 11.22. Bobinas de alambre electrodo.

para espesores de 0,8 mm se debe emplear un alambre de 0,6 mm y así progresivamente.

El alambre electrodo, en su exterior, lleva un tratamiento de cobrizado, que asegura un mejor contacto eléctrico en el tubo y lo protege de la oxidación (figura 11.22).

Pistola de soldadura:

La pistola de soldadura es el elemento que expulsa el hilo de aportación y el gas para la realización del arco eléctrico. Hay de dos tipos principalmente: de cuello de cisne y de tipo antorcha, y pueden ir o no refrigeradas por agua.

Constan de las siguientes partes:

- **Cuerpo**

Es la parte metálica, aislada eléctricamente, que permite un fácil acceso del hilo al baño. Debe ser ligera, resistente al calentamiento y a los golpes.

- **Canalizaciones**

A la pistola de soldadura le llegan las siguientes canalizaciones:

- Una camisa flexible (sirga) que permite el deslizamiento del hilo. Puede ser de acero o teflón.
- Un cable de corriente flexible, de diámetro suficiente para aguantar la intensidad de la soldadura.
- Un conducto flexible para el gas.
- Unos cables de corriente auxiliar de mando.

Estos elementos se llevan refrigeración a través de conductos de entrada y salida de líquido refrigerante.

- **Tubo de contacto**

Está fabricado en cobre y se ubica en el extremo interior. Es un poco mayor que el hilo. Recibe la corriente eléctrica y la transmite al hilo en el momento de la soldadura. Debe colocarse correctamente y ser sustituido con frecuencia para asegurar un buen estado y evitar desgastes excesivos (véase caudillo).

Ø de tubo (mm)	Ø de hilo (mm)
0,65	0,6
0,9	0,8
1,1	1
1,35	1,2
1,75	1,6

↑ Tabla 11.6. Relación entre el hilo y el tubo de contacto.

- Boquilla

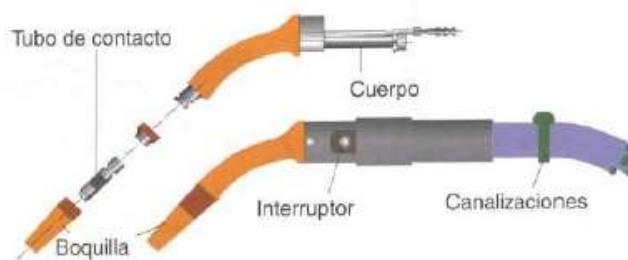
Es metálica, resiste al calor y a los golpes. No debe deformarse. Rodea el tubo de contacto y asegura la dirección del gas. Debe estar bien ajustada.

- Interruptor de puesta en marcha:

Se encuentra en el cuerpo de la pistola. Al pulsarlo se inicia el avance del hilo, el encendido del gas protector y la activación del sistema.



↑ Figura 11.23. Manómetro y caudalímetro.



↑ Figura 11.24. Partes de la pistola MIG/MAG.

Manorreductor y caudalímetro:

El equipo dispone de un manómetro que informa de la presión interna de los gases de la botella y de un caudalímetro que permite regular el caudal necesario del gas de protección (litros/minuto).

En condiciones normales de soldeo, el caudal de gas debe ser aproximadamente tres veces el diámetro del hilo de aportación (por ejemplo, para un alambre de 1 mm el caudal de gas sería de 10 L/min). Una correcta regulación del caudal de gas garantiza una buena protección del baño de fusión y una soldadura de calidad.



↑ Figura 11.25. Manómetro y caudalímetro.

Botella de gas de protección:

Dependiendo del tipo de soldadura MIG o MAG, se utilizan diferentes tipos de gases cuya misión es proteger el baño de fusión.

La soldadura MIG, utilizada principalmente para metales no ferrosos como aluminio, magnesio y sus aleaciones, emplea gases inertes como el argón o el helio, o mezclas de ambos:

- **Argón:** Gas de alta densidad que proporciona buena protección a la soldadura. Permite un fácil cebado y buena estabilidad del arco. Debido a su reducida

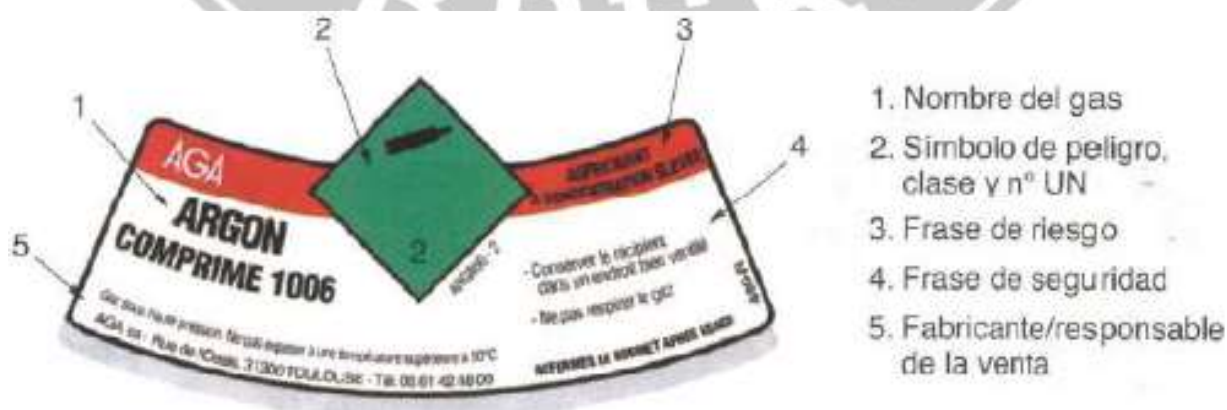
conductividad térmica, genera cordones estrechos y con poca penetración. La ojiva de la botella de argón es de color amarillo.

- **Helio:** Gas de baja densidad que protege el arco con mayor dificultad. Su alta energía de ionización y buena conductividad térmica permiten una penetración profunda y cordones amplios. Es útil en aplicaciones que requieren mayor aporte térmico. En la soldadura MAG, el helio se emplea mezclado con dióxido de carbono en gases tipo "ATAL" o "ATAL+".
- **Dióxido de carbono (CO₂):** Es un gas activo, incoloro, inodoro, no tóxico ni inflamable, más pesado que el aire. Su alta densidad y bajo coste lo convierten en una opción muy utilizada para soldadura MAG. Ofrece buena penetración y cordones amplios. La ojiva de la botella de CO₂ es de color gris.

• Nueva normativa para la identificación de botellas de gas

Hasta hace poco, los colores convencionales más utilizados identificaban los gases visualmente, lo cual implicaba un riesgo si no coincidía con el contenido del cilindro.

Actualmente, los colores se refieren a los contenidos y se utilizan para cumplir las normativas internacionales. La etiqueta de la botella se considera ahora el método primario para identificar con precisión los gases contenidos en cada cilindro.



12.3.2. FACTORES Y PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA SOLDADURA MIG/MAG

Intensidad de corriente

La intensidad está relacionada directamente con la velocidad de salida del hilo. A mayor velocidad de hilo, mayor intensidad. Las máquinas disponen de un sistema de autorregulación de la intensidad.

Si la intensidad de corriente es muy pequeña, el tamaño de las gotas de soldadura es muy grande; y si la intensidad de corriente es grande, el tamaño de las gotas es pequeño.

Tensión de salida

La elección de la tensión influye directamente sobre la longitud del arco y sobre la penetración. Al aumentar la tensión, aumenta la longitud del arco y también la penetración. Se selecciona en el cuadro de mandos de la máquina.

Se elegirá en función de los siguientes parámetros:

- Grueso de la chapa.
- Diámetro del hilo.
- Posición de la soldadura.
- Penetración que se desea conseguir.

Velocidad de arrastre de hilo

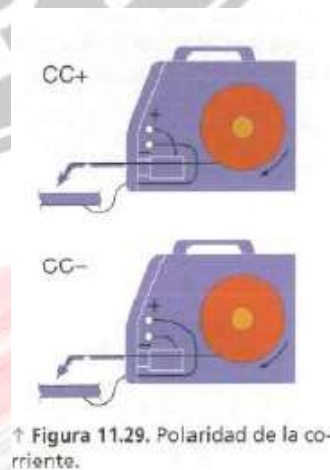
Debe elegirse de acuerdo con la soldadura que deba realizarse, teniendo en cuenta la posición, el tipo de soldadura, el electrodo consumible y la tensión seleccionada.

La velocidad del hilo es proporcional a la intensidad de salida. A grandes velocidades de hilo corresponden grandes intensidades de corriente. Las velocidades oscilan entre 2 y 10 m/min.

Polaridad de la corriente

La polaridad de la corriente puede ser de dos tipos:

- **Corriente continua + (CC+):** se conectará el negativo a la pieza y el positivo al hilo.
- **Corriente continua – (CC–):** se conecta el positivo a la pieza y el negativo al hilo. Este tipo de polaridad se emplea en las soldaduras de aluminio.



↑ Figura 11.29. Polaridad de la corriente.

Caudal de gas

El caudal de gas recomendado debe ser aproximadamente **diez veces el diámetro del hilo**.

Para saber si el gas está regulado correctamente, el cordón de soldadura debe tener buena presentación. Si su aspecto es de color gris oscuro y hay grietas, indicará que hay una mala regulación del caudal.

Longitud del arco

La longitud del arco (d) será aproximadamente de **3 a 6 mm**. Cuando aumenta la longitud del arco, aumenta la tensión de soldadura y disminuye la intensidad. De esta manera, disminuye la penetración de la soldadura.

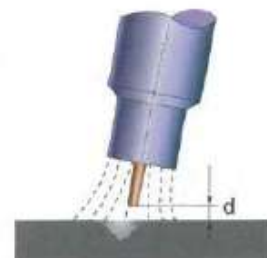


Figura 11.30. Longitud del arco.

12.3.3. PROCESO DE SOLDEO

El soldeo con la soldadura MIG/MAG se puede realizar en dos sentidos: a izquierdas o a derechas.

La soldadura a izquierdas o de empuje forma unos cordones de soldadura de penetración baja, anchos y planos, mientras que en la soldadura a derechas o de arrastre los cordones producidos son de mayor penetración, estrechos y abultados.

Antes de iniciar la soldadura, se deben preparar las superficies de las piezas a soldar; para ello, limpiaremos con disolvente, sujetaremos y alinearemos los bordes para una correcta soldadura.

Se realizará el ajuste de los parámetros de la máquina de soldar: la tensión, la velocidad de hilo y el caudal de gas, ajustando estos valores hasta lograr la variable apropiada.

El soldador, protegido con el EPI, se colocará en una posición cómoda que le permita ver el baño de fusión.



Figura 11.31. Panel de mandos de regulación.

Para conseguir una buena protección gaseosa del baño de fusión, se inclinará la pistola unos 10° con respecto a la vertical de la pieza, manteniendo una distancia adecuada entre la pieza y la pistola, debiendo asegurarse de que cuanto mayor sea el diámetro del hilo, mayor debe ser la distancia entre el tubo de contacto y la pieza.

En primer lugar, se realizará un punteado de las piezas y el posterior soldeo de bordes. En el avance de la soldadura, el movimiento de la pistola podrá ser lineal, en círculos o en zigzag.

Proceso de soldeo de cordón continuo a intervalos

Para evitar que el calor aportado en la soldadura aumente considerablemente y perjudique las piezas soldadas produciendo deformaciones, se recurre a la soldadura de cordón continuo a intervalos.

Los cordones se hacen por agrupación de pequeños puntos de soldadura.

Este proceso se puede realizar manualmente o por medio de una regulación de la máquina, que ajusta los tiempos de soldadura y enfriamiento, produce la soldadura de una forma automática.

La soldadura por puntos continuos se recomienda en los trabajos de carrocería del automóvil y en estructuras de instalaciones parciales.

Proceso de soldeo por puntos a tapón

Se utiliza en zonas de difícil acceso. El procedimiento consiste en soldar dos chapas una de ellas ya taladrada previamente, que se solapa a la otra a través del agujero.

Proceso de soldeo por puntos de calado

Los puntos de calado se utilizan para soldar chapas sin necesidad de agujero previo. El punto de calado se produce soldando sobre la chapa superior, hasta soldar el cordón metálico con la chapa inferior.

Al producirse una gran intensidad en el proceso de soldeo se aporta una gran cantidad de energía, lo que puede perjudicar determinadas chapas en las carrocerías (chapas de alto límite elástico).

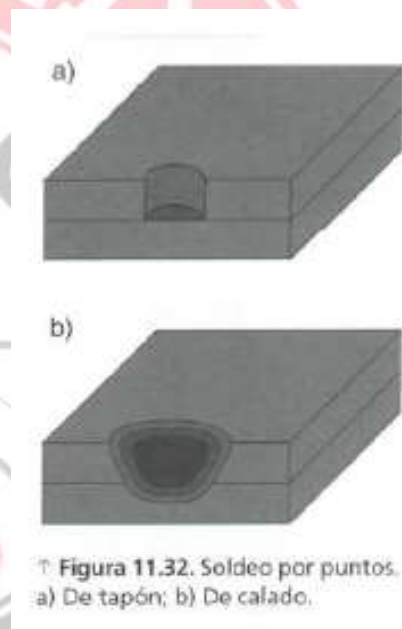












Figura 11.32. Soldero por puntos.
a) De tapón; b) De calado.

12.3.4. DEFECTOS DE SOLDADURA

En la realización de soldaduras con el equipo MIG/MAG se pueden originar defectos por distintos motivos. Principalmente pueden ser ocasionados por tres grandes causas:

- La preparación inadecuada de las piezas.
- La regulación incorrecta de los parámetros del equipo.
- La realización de una técnica o proceso inadecuado de soldeo.

Los defectos más comunes en la soldadura MIG/MAG son los siguientes:

Defecto	Causa	
Porosidad en el cordón	Varilla oxidada o con grasa. Piezas a soldar con pintura o sucias. Excesiva longitud de la varilla. Excesiva inclinación de la pistola. Corrientes de aire.	
Cordón irregular	Intensidad excesiva. Tensión muy baja. Movimiento de avance lento o irregular. Arco muy largo. Excesiva inclinación de la pistola.	
Falta de penetración	Intensidad de corriente baja. Excesiva inclinación de la pistola. Avance irregular de la pistola. Velocidad de avance incorrecta (ya sea por defecto o por exceso).	
Mordeduras	Intensidad excesiva. Diámetro del electrodo demasiado grueso. Excesiva inclinación de la pistola. Tensión demasiado elevada.	
Fisuras	Material de base sucio de grasas o aceites. Intensidad demasiado elevada. Material con elevado contenido en azufre o carbono. Velocidad de enfriamiento demasiado rápida.	
Proyecciones	Humedad en el gas. Arco demasiado largo. Intensidad o tensión demasiado elevada. Inclinación excesiva de la pistola.	
Agujeros	Intensidad muy elevada. Tensión del arco muy baja. Movimiento de avance lento. Bordes de las chapas muy separados.	
Exceso de metal aportado	Diámetro del electrodo demasiado grueso. Velocidad de avance muy lenta.	
Falta de fusión de bordes	Velocidad y dirección de soldadura incorrecta. Incorrecta inclinación de la pistola. Mal ajuste de los parámetros del equipo.	
Cráteres	Interrupción brusca del arco. Concentración de tensiones en el material.	

13. TÉCNICAS DE TRAZADO, CORTE Y CONFORMADO

13.1. CONCEPTO Y OBJETIVOS DEL TRAZADO

Trazar o el trazado en sí, es la operación por la cual se realizan líneas sobre una pieza para que sirvan de referencia a la hora de realizar los distintos procesos de mecanizado sobre esta. Las herramientas y útiles con los que se realizan estas líneas son variados.

13.1.1. TIPOS DE TRAZADOS SOBRE LAS PIEZAS:

Trazado en plano

Sobre una parte **plana** (de una chapa) que no representa complicación. Como se muestra en las imágenes, con una **punta de trazar y una regla**, trazamos una línea recta sobre un metal



Trazado al aire o espacial

Trazado sobre varias caras de una pieza, que representa una mayor complicación.

Como se muestra en las imágenes, **un gramil con una plataforma se desliza sobre un mármol**. La plataforma tiene una regla graduada y un nonio con una punta para trazar líneas sobre el metal. Con tan solo ajustar la altura aproximar la punta, presionar un poco y deslizar la plataforma obtenemos una línea trazada sobre el metal (ya sea en superficie plana curva o circular)



El mecanizado moderno exige un nivel de precisión cada vez más elevado. Esta exigencia no solo se aplica en los procesos de fabricación, sino también durante la reparación o sustitución de piezas. Para alcanzar estos niveles de exactitud, es imprescindible un control riguroso de los datos y valores proporcionados por los fabricantes.

La metrología —la ciencia de la medición— proporciona las normas necesarias para establecer, comparar y verificar dichas medidas con fiabilidad. Gracias a estas normas, es posible garantizar la calidad, la intercambiabilidad y la funcionalidad de los componentes mecanizados.

Hoy en día, existe una gran variedad de instrumentos de medición capaces de registrar múltiples magnitudes: longitudes, ángulos, presiones, velocidades, entre otras. En este apartado, nos centraremos en algunos de los instrumentos más relevantes, fundamentales para el trabajo en el entorno del mecanizado.

En el caso de las **mediciones lineales**, los instrumentos empleados cuentan con escalas graduadas en milímetros o pulgadas, proporcionando directamente el valor de una longitud. Estos instrumentos pueden clasificarse según su nivel de precisión:

- **Instrumentos de medición aproximada**, como el metro plegable o las reglas graduadas.
- **Instrumentos de precisión**, capaces de medir hasta centésimas de milímetro, como los calibres (pie de rey) o los micrómetros.

El conocimiento profundo de estos instrumentos y su correcta utilización es esencial para garantizar la calidad del mecanizado y cumplir con las tolerancias requeridas.

13.2. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

13.2.1. METRO O FLEXOMETRO

Se trata de instrumentos formados por cintas o varillas graduadas en centímetros y milímetros, fabricadas en distintos materiales. En el entorno del taller mecánico, el más utilizado es el **flexómetro**, una cinta de acero flexible con una longitud habitual de 1 o 2 metros.

Este tipo de metro se presenta enrollado en una carcasa metálica o plástica, lo que facilita su uso, transporte y conservación. Además del flexómetro, existen otros modelos compuestos por varillas articuladas, generalmente de acero o madera, con segmentos de 10 o 20 centímetros de longitud. Estos metros articulados, aunque menos comunes hoy en día, siguen empleándose en determinados trabajos donde se requiere rigidez durante la medición.

13.2.2. REGLAS GRADUADAS

Existen también **reglas metálicas** fabricadas en forma de flejes o varillas de acero, disponibles en distintas secciones rectangulares y graduadas habitualmente en milímetros y pulgadas. Su uso es común para la **verificación precisa de medidas**, aprovechando la nitidez y exactitud de las divisiones grabadas sobre su superficie.

Entre las variantes más utilizadas destacan:

- **Regla de tacón:** Incorpora una escuadra fija en el extremo del cero, lo que permite medir de forma perpendicular al plano de apoyo.
- **Regla angular:** Diseñada específicamente para el control dimensional de superficies cilíndricas.
- **Regla vertical:** Empleada para la medición de alturas en piezas apoyadas sobre una superficie plana.



13.2.3. ESCUADRA UNIVERSAL O COMBINADA

La escuadra universal es un instrumento de medición angular versátil que permite comprobar ángulos con gran precisión. Su disco principal está graduado en grados ($^{\circ}$), y cada grado se divide en 60 minutos ($'$). El nonio o vernier del aparato está dividido en 12 partes iguales, distribuidas a lo largo de una longitud de 23 grados. Esto implica que cada división del nonio equivale a:

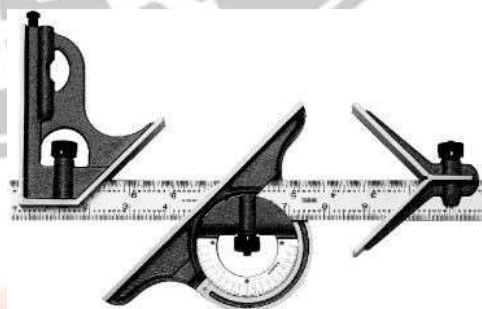
$$23^{\circ} \times 60' = 1.380' \rightarrow 1.380' / 12 = 115' \text{ por división del nonio}$$

Para realizar una lectura:

1. Se avanza el disco del nonio hasta hacer coincidir la **primera línea del disco principal** con la **primera del nonio (0)**.
2. Se observa que la **segunda línea del nonio** no coincide con la **tercera línea del disco principal**, existiendo una diferencia de 5 minutos:

$$120' (\text{dos divisiones del disco principal}) - 115' (\text{una división del nonio}) = 5' \text{ de diferencia}$$

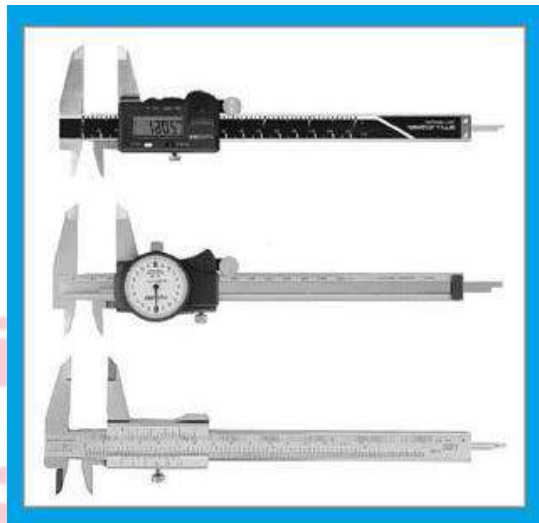
Este procedimiento permite realizar mediciones angulares con una precisión muy elevada, útil especialmente en tareas de verificación o montaje donde los ángulos deben controlarse de forma estricta.



13.2.4. CALIBRES

Los calibres, también conocidos como pies de colisa, **son instrumentos de medición muy utilizados en talleres** debido a su facilidad de uso y precisión.

El calibre consta de una **regla fija graduada** en milímetros en su parte inferior, la cual incorpora una boca fija (escuadra de origen). Sobre esta se desliza **una regla móvil** denominada nonio o vernier, que está graduada en décimas de milímetro. El punto de origen del nonio coincide con la boca móvil, lo que **permite tomar lecturas precisas de longitudes interiores, exteriores y de profundidades**.



13.2.5. MICRÓMETROS

Los micrómetros son **instrumentos de medición de alta precisión**, especialmente diseñados para medir dimensiones lineales con una exactitud de hasta centésimas de milímetro.

Están formados por un **cilindro fijo** (también llamado *tambor fijo*)

graduado en milímetros, sobre el cual se desplaza un **cilindro exterior o manguito móvil**, también conocido como *tambor móvil*. Ambos componentes están unidos mediante un sistema de **tornillo-tuerca de gran precisión**, que transforma el giro del tambor en un pequeño desplazamiento lineal del husillo.



Gracias a este mecanismo, los micrómetros permiten realizar mediciones muy precisas, siendo fundamentales en trabajos de verificación dimensional y control de calidad.

13.2.6. COMPARADOR

El **comparador**, también conocido como **indicador de carátula**, es un instrumento de medición indirecta que se utiliza para detectar **desviaciones o desplazamientos muy pequeños** en una pieza respecto a una referencia.



Se caracteriza por tener una **alta sensibilidad**, con una apreciación típica de **centésimas de milímetro**, aunque su **amplitud de medición** suele ser limitada, habitualmente entre **5 y 10 mm**.

En el entorno del taller, el comparador es especialmente útil durante operaciones de **mecanizado en el torno**, ya que permite comprobar si una pieza está **descentrada respecto al eje de rotación**. Con esta información, el operario puede realizar los ajustes necesarios para corregir el centrado y garantizar la precisión del mecanizado.

13.2.7. NIVEL DE GOTA

Los **niveles de burbuja** o **niveles de gota** son instrumentos comúnmente utilizados para comprobar la **horizontalidad o verticalidad** de una superficie, así como para evaluar pequeñas desviaciones respecto a su posición nominal.

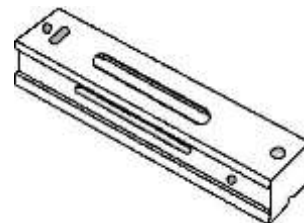
Su funcionamiento se basa en la posición de una burbuja de aire dentro de un **tubo de vidrio ligeramente curvado**, que se desplaza según la inclinación de la superficie sobre la que se apoya el instrumento.

Clasificación y sensibilidad

Los niveles se clasifican en tres clases —**1, 2 y 3**— según su **sensibilidad**, la cual depende directamente de la **curvatura del tubo de vidrio**. Cuanto mayor es la curvatura, menor es la sensibilidad, y viceversa.

Clase	Sensibilidad	Grados
1	0.02 mm/1m = 4	Grado A Grado B
2	0.05 mm/1m = 10	
3	0.1 mm/1m = 20	

Los niveles de mayor precisión están equipados con un **tubo recto**, cuyo interior ha sido **esmerilado con un radio específico** para obtener la sensibilidad deseada. Este tipo de nivel permite detectar desviaciones mínimas en la inclinación, siendo indispensable en tareas de verificación de maquinaria o elementos de precisión.



13.3. HERRAMIENTAS Y UTILIZADAS EN EL TRAZADO

13.3.1. ROTULADORES PERMANENTES DISTINTOS TIPOS Y LÁPICES DE PUNTA GRUESA

Estos instrumentos permiten realizar **marcajes rápidos** sobre superficies metálicas. Sin embargo, su uso **no es recomendable** en trabajos de precisión, ya que las marcas realizadas tienden a **borrarse con facilidad** durante el manipulado o mecanizado posterior.

Aunque pueden resultar útiles en tareas preliminares o de referencia visual rápida, no ofrecen la **durabilidad ni la nitidez** necesarias para trazados técnicos exigentes.

13.3.2. PUNTA DE TRAZAR O SEÑALAR

Consiste en una **varilla redonda de acero con las puntas afiladas** en sus extremos. Su función principal es **rayar o arañar** la superficie de materiales más blandos que el propio acero, como paso previo al mecanizado o montaje.

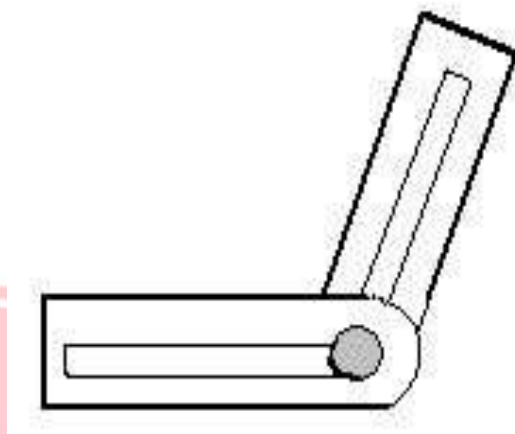
Se trata de la **herramienta fundamental** para trazar y marcar metales, ya que permite realizar líneas finas, precisas y permanentes sobre la superficie de la pieza. En superficies muy limpias o pulidas, el rayado puede no ser visible con claridad. En estos casos, es recomendable **oxidar ligeramente la superficie** para mejorar el contraste del trazo. Esta oxidación superficial puede acelerarse mediante el uso de productos como el **sulfato de cobre**, que genera una coloración que resalta las líneas trazadas.



13.3.3. FALSA ESCUADRA

La falsa escuadra es una herramienta que permite **trazar y comprobar ángulos** entre caras y lados de una superficie metálica, especialmente cuando estos **no forman ángulos rectos**.

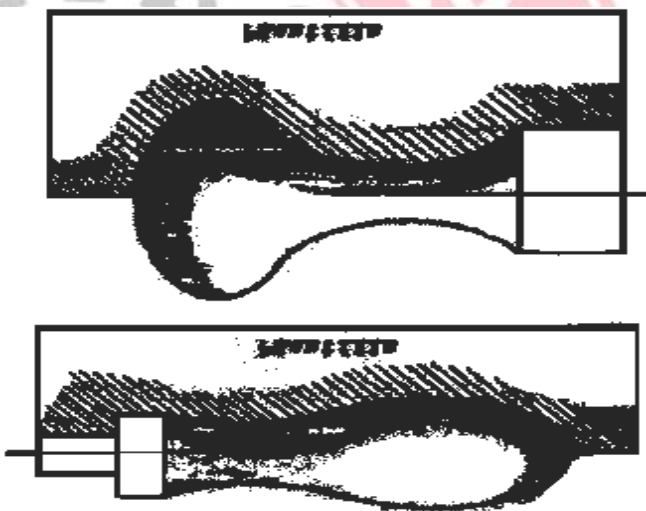
En calderería, se emplea con gran frecuencia durante la **fabricación de tolvas, conductos y componentes** que presentan caras inclinadas o con **ángulos variables**. Gracias a su diseño ajustable, permite **reproducir y trasladar ángulos irregulares** con precisión, tanto en la fase de trazado como en la de verificación.



13.3.4. PLANTILLA

Las plantillas son herramientas utilizadas para **controlar y reproducir formas irregulares** en procesos de fabricación y verificación. Están construidas a partir de **láminas delgadas de acero**, que permiten adaptarse con precisión al perfil de la pieza.

Su aplicación es fundamental tanto durante el **trazado y fabricación**, como en la **fase de control dimensional**, especialmente en curvas complejas o contornos no estándar.



Existen múltiples tipos de plantillas, entre las más comunes se encuentran las **plantillas de ángulo, de radio, de rosca**, así como otras diseñadas para usos específicos en diferentes sectores del mecanizado.

13.3.5. GUIAS

Las guías son utensilios utilizados para **dirigir y apoyar los útiles de trazado**, garantizando la **precisión en la ejecución de líneas y marcas** sobre las superficies de trabajo. Se colocan directamente sobre la pieza que se va a trazar y permiten mantener la herramienta de marcado en la posición y dirección correctas.

Entre las guías más empleadas en el taller destacan:

- **Reglas**
- **Escuadras**
- **Transportador de ángulos**

Estos elementos permiten reproducir líneas rectas, ángulos definidos y curvas con gran exactitud, siendo indispensables en cualquier operación de trazado técnico.

13.3.6. TRANSPORTADOR

El transportador es un **instrumento de medición angular** que permite determinar y trazar ángulos en grados. Su escala está dividida en grados sexagesimales y puede encontrarse en dos presentaciones principales:



- **Transportador semicircular**, de **180°**, común en tareas básicas de trazado.
- **Transportador circular completo**, de **360°**, utilizado cuando es necesario medir o transferir ángulos en cualquier dirección.

Este instrumento es muy útil en trabajos de trazado donde se requiere precisión en el marcado o comprobación de ángulos, especialmente en piezas con geometrías no perpendiculares o inclinadas.

13.3.7. GONIÓMETRO

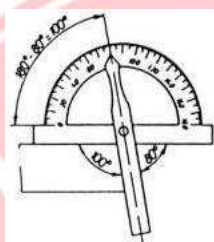
El goniómetro es un **instrumento de medición angular** de alta precisión, empleado para determinar y transferir ángulos con exactitud en tareas de trazado, montaje y control dimensional.

Para realizar una lectura correcta con el goniómetro:



1. Se toma como referencia el **cero (0) de la escala goniométrica**, que indica la **lectura principal en grados**.
2. A continuación, se observa si ese cero de la escala goniométrica ha quedado **a la derecha o a la izquierda del cero del círculo graduado**.
3. Una vez determinada la posición, se busca **una línea de graduación en la escala goniométrica** que coincida con **una línea del círculo graduado** en el mismo sentido (derecha o izquierda).
4. La graduación que coincide indica el número de minutos que deben **sumarse a la lectura principal**.

Este procedimiento permite obtener medidas angulares precisas, especialmente útiles en la verificación de piezas con ángulos complejos o inclinaciones especiales.



13.3.8. GRAMIL

El gramil es un **instrumento de trazado y control dimensional** compuesto por una **base torneada o cepillada**, sobre la cual se monta una **varilla vertical**, que puede ser fija u orientable. A lo largo de esta varilla se desliza un **bloque ajustable con tornillo**, que permite fijar una **punta metálica**, generalmente con la extremidad ligeramente doblada.

Su principal función es el **trazado de líneas paralelas** a la base sobre superficies planas, aunque también se utiliza para la **verificación del paralelismo** entre caras opuestas de una pieza.

Para comprobar el paralelismo con un gramil:

1. Se apoya la pieza sobre una **superficie plana de referencia** (habitualmente una placa de mármol).
2. Se realiza un deslizamiento suave de la **punta del gramil sobre la cara opuesta** a la que ha sido previamente aplanada.
3. El **ruido o el roce de la punta** al contactar con la superficie indica posibles diferencias de altura o falta de paralelismo.



Este método, al igual que otros instrumentos de contacto como el **compás de espesores**, requiere **habilidad y sensibilidad táctil** por parte del operario para interpretar correctamente la presión y detectar desviaciones mínimas.

13.3.9. GRANETES Y BOTADORES

Los **granetes** son herramientas manuales que poseen una **punta cónica** en uno de sus extremos. Su función principal es **marcar un punto de referencia** sobre una superficie, normalmente metálica, mediante un golpe seco en la base opuesta a la punta. Al impactar, la punta se clava ligeramente, generando una **marca visible** que sirve como **guía o apoyo inicial para una broca**, evitando que esta se desplace durante el inicio del taladrado.



Por su parte, el **botador** es una herramienta de aspecto similar al granete, pero con la **punta plana** o lisa. No se utiliza para marcar, sino como **elemento de empuje**, por ejemplo, para **expulsar pasadores, ejes o remaches** de sus alojamientos mediante pequeños golpes controlados.

Ambas herramientas son básicas en trabajos de montaje, mecanizado y mantenimiento, y se diferencian principalmente por la forma de su extremo activo y su función específica.

13.3.10. GRANETE AUTOMÁTICO

El **granete automático** es una variante del granete tradicional que incorpora un **mecanismo interno de resorte**. Este mecanismo permite **generar el impacto de forma automática**, sin necesidad de utilizar un martillo.



Al presionar el extremo del granete contra la superficie, el resorte se comprime hasta liberar una pequeña percusión controlada, que produce una **marca precisa y uniforme** sobre el material. Esta característica permite trabajar con mayor **comodidad y seguridad**, ya que **absorbe parte del impacto**, evitando esfuerzos innecesarios y reduciendo el riesgo de deslizamientos o golpes imprecisos.

Es especialmente útil en trabajos donde se requiere **marcado rápido y repetitivo** sin comprometer la calidad ni la regularidad de las marcas.

13.3.11. MARCADORES

Los **marcadores de golpe** son herramientas empleadas para **grabar letras, números o símbolos** sobre superficies metálicas de forma permanente. Están compuestos por pequeños punzones de acero endurecido que tienen grabado en relieve el carácter correspondiente en uno de sus extremos.

Para realizar el marcado, se coloca el punzón de forma **perpendicular y bien alineada** sobre la superficie de la pieza, y se aplica un **único golpe seco** con un martillo en la parte superior del marcador. Esto deja impresa la forma del carácter deseado en el metal.

Estos marcadores son útiles para **identificar piezas, lotes, series o medidas**, y se utilizan habitualmente en operaciones de trazado, control de calidad o mantenimiento.

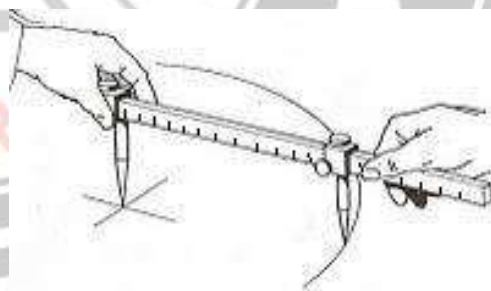


13.3.12. EL COMPÁSES DE TRAZADO

Los **compases de trazado** son herramientas versátiles utilizadas tanto para **marcar arcos y circunferencias** sobre superficies metálicas como para **medir y comparar distancias** entre puntos, especialmente en piezas de forma circular o irregular.



Existen distintos tipos de compases en función de su uso. Los más comunes cuentan con **puntas afiladas**, lo que permite **trazar líneas precisas** sobre la superficie del material. Sin embargo, también existen modelos con **puntas sin filo**, diseñados específicamente para **tomar medidas, trasladar referencias o realizar comparaciones dimensionales** entre piezas sin rayar la superficie.



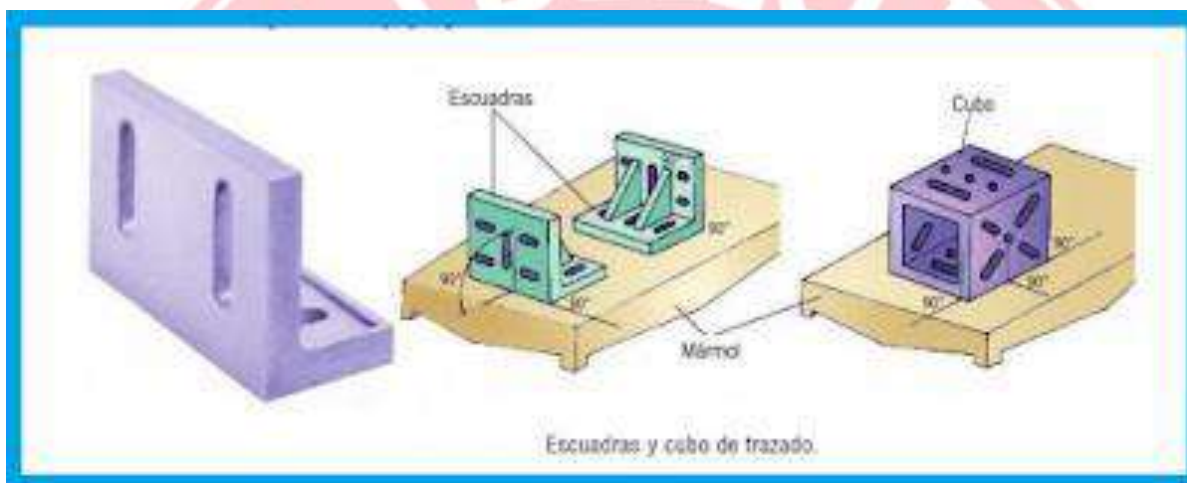
Estas herramientas son muy útiles en tareas de trazado interior (como en diámetros) y resultan fundamentales en procesos donde la **precisión y repetibilidad** son esenciales.

13.3.13. SOPORTES, ESCUADRAS, APOYOS O CALZOS Y CUBOS DE TRAZADO

En las operaciones de trazado, es fundamental contar con **elementos auxiliares** que permitan **sujetar, posicionar o elevar** las piezas de forma estable y precisa. Entre los más utilizados se encuentran:

- **Soportes:** Permiten fijar o mantener en posición determinadas herramientas o piezas durante el trazado, garantizando estabilidad.
- **Escuadras metálicas:** Se emplean para comprobar y mantener ángulos rectos durante el trazado, montaje o verificación de piezas.
- **Apoyos y calzos:** Sirven para **nivelar o elevar piezas** que presentan irregularidades o desniveles, facilitando un apoyo plano y seguro sobre la superficie de trabajo (normalmente el mármol de trazado).
- **Cubos de trazado:** Elementos de acero rectificado que se utilizan como **referencia de escuadra, apoyo o nivel**, especialmente en la colocación y sujeción de piezas durante operaciones de marcado y verificación.

Estos accesorios son indispensables para **garantizar la precisión, repetibilidad y calidad** del trabajo de trazado, especialmente en piezas de formas complejas o con geometrías irregulares.



13.4. PRODUCTOS QUE CONTRIBUYEN AL TRAZADO Y COMPROBACIÓN DE PIEZAS.

13.4.1. BARNICES DE TRAZADO

Los **barnices de trazado** se utilizan para **cubrir las superficies metálicas** que van a ser trazadas. Su función principal es **crear un fondo opaco** sobre el que los rayados realizados con punteros o gramiles sean claramente visibles y duraderos, especialmente en superficies metálicas **brillantes o pulidas**, donde el trazo puede pasar desapercibido.

Actualmente, estos barnices se presentan en forma de **productos sintéticos**, almacenados en frascos o botes de spray, y se aplican fácilmente sobre la pieza utilizando un **pincel, algodón o pulverizador**. Sin embargo, antiguamente se empleaban **pastas colorantes preparadas manualmente**, que se diluían en agua o alcohol y se aplicaban de forma artesanal.

Entre los barnices más utilizados se encuentran:

- **Diluciones de colores** comerciales, listas para su aplicación directa.
- **Sulfato de cobre en polvo** diluido en agua, que deja una coloración superficial que mejora el contraste del trazado.
- **Blanco de España** (carbonato cálcico en polvo) mezclado con cola y diluido en agua.
- **Azul de Prusia** disuelto en alcohol y mezclado con goma laca, muy utilizado para trazados finos de alta visibilidad.

Estos productos permiten obtener **trazos precisos y bien definidos**, lo que facilita el trabajo posterior de mecanizado y montaje.

13.4.2. SUPLEMENTOS PARA TRAZAR

Mármol de trazado

El llamado **mármol de trazado** es una **base de trabajo plana** utilizada como **superficie de referencia** para realizar operaciones de trazado y verificación dimensional. Aunque comúnmente se denomina "mármol", este puede estar fabricado en diferentes materiales:

- **Hierro fundido**
- **Acero rectificado**
- **Roca natural (mármol o granito)**



Independientemente del material, se caracteriza por tener una **estructura sólida y resistente a la deformación**, diseñada para mantener su **planitud absoluta** incluso bajo condiciones de uso intensivo. Su superficie ha sido **rectificada y alisada con gran precisión**, lo que la convierte en una herramienta indispensable para:

- Comprobar la **planitud de piezas**.
- Servir como **plano base** para trazados precisos.
- Actuar como **superficie de apoyo para instrumentos** como gramiles, escuadras, comparadores, entre otros.

El mármol de trazado debe estar correctamente nivelado, limpio y libre de golpes o imperfecciones para garantizar su fiabilidad en el trabajo diario.

Bloques en V o sujeción uve

Los **bloques en V** son elementos auxiliares fabricados en **hierro fundido o acero**, generalmente sometidos a **tratamientos térmicos** para mejorar su dureza y estabilidad dimensional. Están mecanizados con una **ranura en forma de "V" de 90°** en su parte

superior, y en algunos modelos también en la parte inferior, lo que les confiere versatilidad en distintas posiciones de trabajo.

Su principal función es **sujetar y posicionar piezas cilíndricas o redondas** de forma segura y estable durante operaciones de trazado, verificación o mecanizado. Gracias a su forma, permiten mantener la pieza **alineada y centrada**, evitando desplazamientos y facilitando el trabajo de medición o marcado.

Se utilizan habitualmente en combinación con mármoles de trazado, comparadores, gramiles o fijaciones mecánicas.



Placas angulares

Las **placas angulares** son herramientas de precisión con forma de "L", fabricadas en **hierro fundido o acero endurecido**, y **mecanizadas con exactitud a un ángulo de 90°**.

Su función principal es **sujetar piezas de trabajo** de forma que queden perfectamente **alineadas en ángulo recto** respecto a una superficie de referencia, como un mármol de trazado o una mesa de trabajo. Se utilizan habitualmente en operaciones de **trazado, montaje o verificación**, donde se requiere asegurar la **perpendicularidad entre caras**.



Gracias a su diseño robusto y su alta precisión, permiten mantener la pieza inmóvil y correctamente posicionada durante trabajos que exigen **exactitud geométrica**.

Placas paralelas

Las **placas paralelas** son elementos auxiliares utilizados en trabajos de trazado y verificación dimensional. Su función principal es **eleva la pieza de trabajo** hasta una **altura adecuada** respecto a la superficie de referencia (como el mármol de trazado), permitiendo así una **posición cómoda y precisa** para el marcado o la medición.



Además de facilitar el acceso visual y físico a determinadas zonas de la pieza, también actúan como **asiento firme y estable**, garantizando que la base de la pieza quede **perfectamente nivelada y paralela** al plano de trabajo.

Estas placas suelen estar fabricadas en **acero rectificado o hierro fundido** y se presentan en pares, con superficies planas y paralelas entre sí, lo que asegura la **exactitud en la colocación de la pieza**.

Prensas y grapas

Las **prensas y grapas** son sistemas de sujeción utilizados en trabajos de trazado y mecanizado para **mantener firmemente las piezas en su posición**, evitando movimientos durante el proceso de marcado, medición o verificación.



- Las **prensas** permiten ejercer una **presión uniforme y regulable** sobre la pieza, asegurando su estabilidad sin deformarla. Se utilizan sobre todo en operaciones que requieren precisión o cuando la pieza debe permanecer completamente inmóvil durante el trabajo.
- Las **grapas**, por su parte, son elementos más simples y compactos que se fijan mediante tornillos o pernos, permitiendo una **sujeción rápida y eficaz** sobre mesas de trazado, bloques en V, placas angulares u otros accesorios.

Ambos elementos son fundamentales para garantizar la **seguridad, precisión y repetibilidad** en los trabajos de trazado, especialmente cuando se trabaja con piezas irregulares o de gran tamaño.

Martillo

El **martillo de peña** es una **herramienta de precisión y uso general**, ampliamente utilizada en actividades industriales, talleres mecánicos y trabajos de trazado o montaje.

Está compuesto por una **cabeza de acero al carbono templado**, fijada firmemente a un **mango de madera** —habitualmente de fresno o haya— que proporciona buen agarre y



absorción de impactos. Las zonas de golpeo del martillo (la cara y la peña) están **templadas** para resistir la deformación y el desgaste por uso continuado.

Se emplea para una gran variedad de tareas, como **ajustes, marcado con granete, ensamblajes, fijaciones o colocación de piezas**, siendo el **martillo de peña** el modelo más común en trabajos de precisión por su versatilidad y resistencia.



Yunque

El **yunque** es un **elemento macizo de acero forjado**, utilizado como **superficie de apoyo resistente** para trabajar piezas mediante golpes o impactos. Su función principal es servir como **base sólida** sobre la que se colocan piezas que deben ser **enderezadas, ajustadas o deformadas** con herramientas de percusión, como martillos o botadores.



Gracias a su **gran masa y dureza**, absorbe y distribuye la energía del golpe sin deformarse, proporcionando estabilidad durante el trabajo. Suele contar con superficies planas y zonas curvas, adaptadas a diferentes tipos de operaciones según la forma y el tipo de pieza a trabajar.

Es una herramienta esencial en operaciones de calderería, forja, ajuste y montaje mecánico.

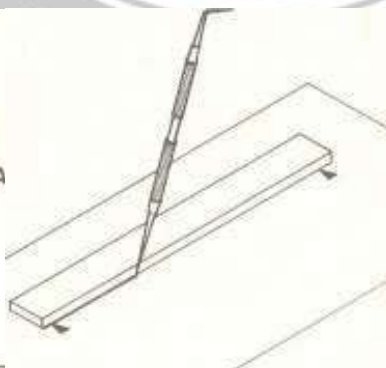
13.5. TECNICAS DE TRAZADO

POSICIÓN CORRECTA DEL RAYADOR

USO DEL RAYADOR

POSICION CORRECTA

POSICION INCORRECTA

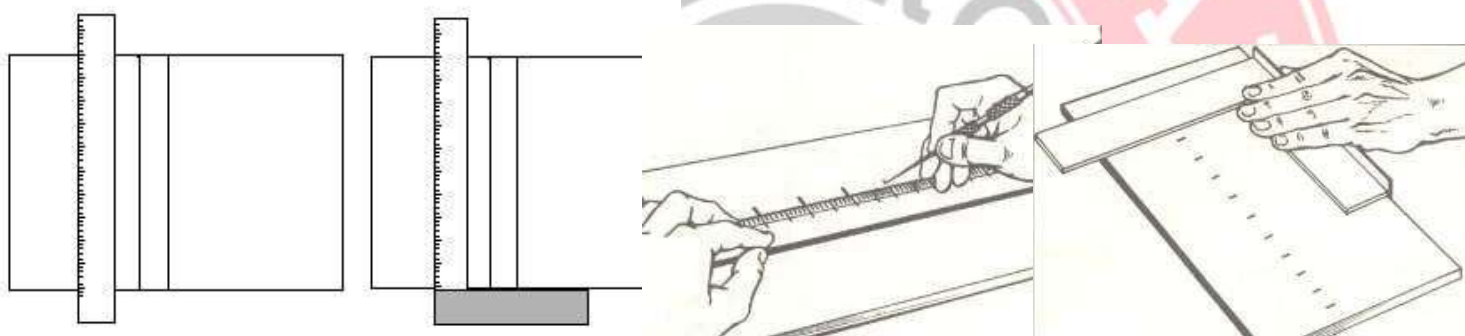


13.5.1. TECNICA DE TRABAJO PARA TRAZAR LINEAS RECTAS

En el proceso de trazado de líneas rectas sobre superficies metálicas, se deben seguir una serie de pasos para garantizar la **precisión y visibilidad del marcado**:

1. **Limpieza y preparación de la superficie:** Se debe **limpiar cuidadosamente** la zona a trazar, eliminando polvo, grasa o impurezas. A continuación, se aplica una **capa de barniz de trazado**, como **azul de Prusia** u otro líquido contrastador, con el fin de mejorar la **visibilidad del rayado**.
2. **Trazado de la línea:** Utilizando una **regla metálica y un rayador (punzón de trazado)**, se procede a marcar la línea deseada. En caso de no disponer de una regla, puede emplearse una **escuadra de 90°**, especialmente cuando se necesita asegurar la **perpendicularidad de la línea** con respecto a una referencia existente en la pieza.

Este procedimiento es básico pero esencial en cualquier trabajo de trazado, ya que una línea mal alineada o mal visible puede afectar directamente a la **precisión del mecanizado posterior**.



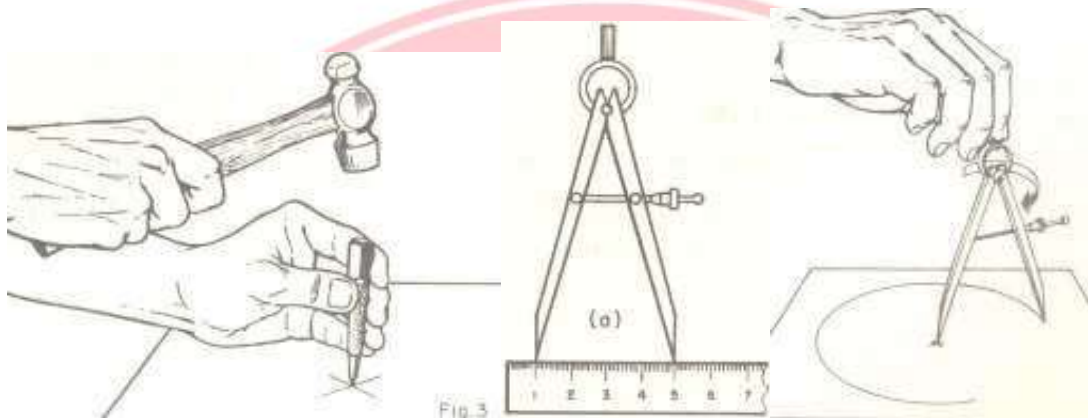
13.5.2. TÉCNICA DE TRABAJO PARA LINEAS OBLICUAS

Para el trazado correcto de **líneas oblicuas** o figuras inclinadas sobre superficies metálicas, es necesario seguir una secuencia ordenada de pasos que garantice **precisión y limpieza** en el trabajo:

1. **Preparación de la superficie:** Limpiar la zona a trazar eliminando cualquier suciedad, óxido o grasa. Aplicar una capa de **azul de Prusia** u otro **líquido contrastador** para mejorar la visibilidad del trazado.
2. **Marcado de los ejes de referencia:** Trazar las **líneas de eje** que definen el centro de la figura. Es importante **puntear la intersección** de las dos rectas con un granete, ya que este punto servirá de referencia para la colocación del compás u otros instrumentos.

3. **Trazado de arcos de referencia:** Marcar los **arcos de radio necesarios** que delimitan los puntos de inicio y final de la figura oblicua. Estos arcos permiten establecer las proporciones y orientación de las líneas inclinadas.
4. **Trazado de la figura oblicua:** Con ayuda de un **compás** o, en su defecto, una **plantilla de curvas**, se procede a trazar la figura definitiva. Se recomienda verificar ángulos y radios antes de marcar con el rayador para evitar errores.

Este procedimiento es fundamental en piezas que requieren formas inclinadas o complejas, como canalizaciones, soportes estructurales, tolvas o componentes de calderería.



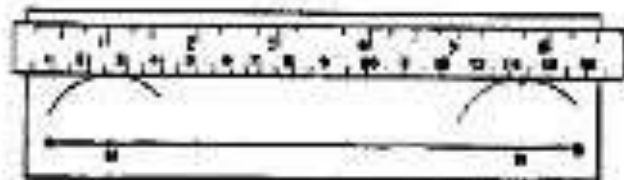
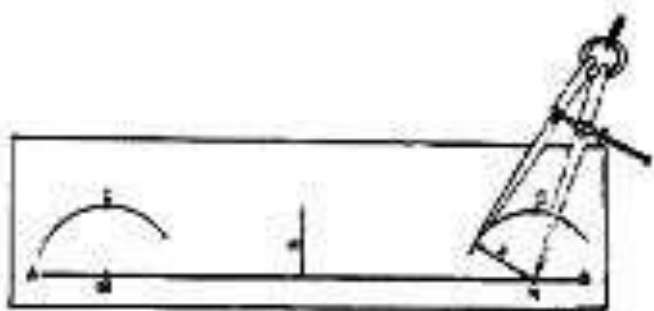
13.5.3. TÉCNICA DE TRABAJO PARA LINEAS PARALELAS

Se denomina **paralelas** a dos o más **líneas rectas situadas en un mismo plano**, que mantienen una **distancia constante entre sí** y que, al prolongarse indefinidamente, **nunca se cruzan**.

Para realizar su trazado de forma precisa, se deben seguir los siguientes pasos:

1. **Marcado de puntos sobre la línea de referencia:** Seleccionar y marcar **dos puntos cualquiera**, denominados "M" y "m", sobre la línea de referencia "a-b".
2. **Trazado de arcos con compás:** Con un **compás de puntas abiertas**, ajustado a una apertura determinada (longitud **h**), se apoya la punta fija en los puntos M y m, y se **describen dos arcos** hacia el lado donde se desea trazar la paralela.
3. **Unión de los puntos de intersección de los arcos:** Utilizando una **regla**, se hace coincidir visualmente los **puntos de intersección de los arcos**, denominados "C" y "D". Al unir estos dos puntos, se obtiene una **línea paralela a la línea original a-b**.

Este método geométrico es sencillo y eficaz, y se emplea frecuentemente en trabajos de trazado técnico donde se requiere mantener **uniformidad en las distancias** o replicar estructuras lineales con exactitud.



13.5.4. TÉCNICA DE TRABAJO ARCO DE CIRCUNFERENCIA

El **trazado de arcos de circunferencia**, también conocido como **trazado con compás**, es una técnica habitual en el trabajo de trazado geométrico sobre superficies metálicas. Este procedimiento permite representar **curvaturas precisas** y dividir una circunferencia en partes iguales o complementarias. Para su correcta ejecución, se siguen los siguientes pasos:

1. **Tomar dimensiones con regla graduada:** Utilizar una **regla metálica** para llevar las dimensiones necesarias al compás, tomando como referencia el **número 1 de la escala graduada** para ajustar la apertura.
2. **Trazar arcos o circunferencias sobre las paralelas de los extremos:** Comenzar por los **arcos de mayor radio**, marcando sobre las **líneas paralelas de referencia** en los extremos de la figura.
3. **Repetir la operación en el extremo opuesto:** Ejecutar el mismo trazado de arcos en el **otro extremo**, manteniendo simetría y proporcionalidad.
4. **Trazar líneas tangentes a los arcos:** Con ayuda de la **regla graduada**, trazar **líneas tangentes** que conecten los extremos de los arcos, formando transiciones suaves entre curvas y líneas rectas.
5. **Dibujar una línea oblicua:** Finalmente, trazar una **línea oblicua** que complete la figura, si así lo requiere el diseño geométrico.

Este procedimiento se aplica cuando se desea **dividir una circunferencia en partes iguales** o representar **pequeños arcos** que, en conjunto, **complementan un círculo de mayor diámetro**, como ocurre en conductos, tolvas, piezas semicirculares o elementos decorativos metálicos.

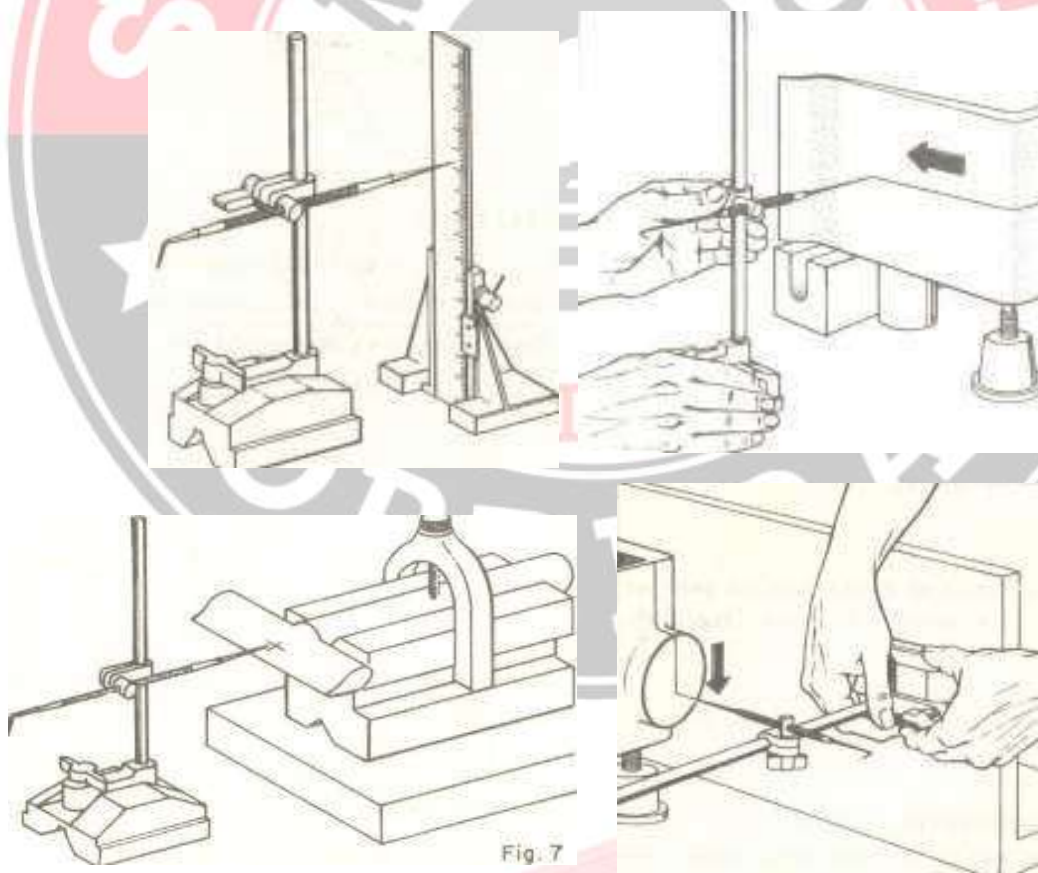
13.5.5. TRAZADO EN EL AIRE

El **trazado en el aire** es una técnica que se emplea cuando no es posible realizar el marcado directamente sobre una superficie plana, ya sea por la **forma compleja de la pieza**, su **posición de montaje** o por tratarse de **estructuras ensambladas** en las que no se puede apoyar el útil de trazado de manera convencional.

En estos casos, el operario debe realizar el marcado **guiando visualmente las referencias geométricas**, utilizando herramientas como el **gramil**, **compás**, **escuadras** o **punzones**, apoyándose en medidas previas y proyecciones imaginarias.

Este tipo de trazado requiere una **alta destreza técnica y experiencia**, ya que no se dispone de una superficie plana de referencia. Es común en trabajos de **calderería**, **estructuras metálicas** o **mantenimiento industrial**, donde las condiciones del entorno no permiten utilizar mármoles de trazado ni mesas de trabajo.

A pesar de sus limitaciones, el trazado en el aire permite **resolver situaciones prácticas** y adaptarse a geometrías especiales, garantizando la continuidad del trabajo incluso en contextos poco favorables.



13.5.6. GRANETEADO DE PIEZA METÁLICA

El **graneteado** es un proceso que consiste en **realizar pequeñas marcas o punteados** sobre una superficie metálica previamente trazada, con el objetivo de **resaltar las líneas o zonas de trabajo**. Estas marcas permiten **visualizar con mayor claridad** las áreas que serán **cortadas, dobladas o mecanizadas**, incluso cuando se han borrado parcialmente los trazos originales durante la manipulación de la pieza.

Además de este uso principal, el graneteado también cumple otras funciones importantes:

- **Sirve como punto de apoyo para el compás**, facilitando el trazado de arcos o circunferencias con mayor precisión.
- **Actúa como guía de centrado para brocas**, mejorando la exactitud del inicio de una perforación y evitando deslizamientos sobre superficies lisas.

Para llevar a cabo esta operación se utilizan herramientas como el **granete o centro punto**, y un **martillo de bola o de peña**, aplicando golpes secos y controlados sobre las marcas trazadas.

El graneteado es una técnica sencilla pero esencial para asegurar la **precisión y la seguridad** en el trabajo con láminas y superficies metálicas.

13.5.7. EJECUCION DE TRAZADOS DE LA PIEZA

Aspectos a considerar

Para realizar el **trazado de un dibujo sobre una chapa** metálica o cualquier otra superficie técnica, es fundamental disponer de los **útiles adecuados**, capaces de marcar con precisión sobre el material específico con el que se trabaja: **acero, aluminio, plásticos técnicos, latón, entre otros**.

Los **tipos de trazos más comunes** incluyen:

- **Puntos de referencia**
- **Líneas rectas o curvas**
- **Círculos y arcos**

En el caso de **chapas de acero**, debido a su dureza y a que suelen presentar capas superficiales de **óxido, grasa o suciedad**, es necesario utilizar instrumentos que **dejen una marca permanente** y claramente visible, incluso después del manipulado en taller.

Herramientas y técnicas habituales:

- **Granetes:** Utilizados para marcar **puntos clave**, como **centros de círculos, ubicaciones de taladros o referencias geométricas**. Están fabricados en acero y tienen forma similar a un lápiz, con una **punta cónica endurecida**. Para su uso, se apoya la punta en el lugar deseado y se **golpea con un martillo** (de bola o peña), generando una **marca permanente** en la chapa.
- **Puntas de trazado:** Son herramientas similares a lápices metálicos, con una **punta muy fina y dura** que permite **rayar directamente la superficie del metal**. Se utilizan para marcar **líneas rectas o curvas**, y normalmente se emplean junto con **reglas metálicas, escuadras o plantillas**, que sirven como guías durante el trazado.
- **Compases de trazado:** Diseñados específicamente para metales, disponen de una **punta de trazado metálica** en lugar de grafito. Se utilizan para **marcar arcos o circunferencias**, apoyando una de las puntas sobre un **punto previamente graneteado**, y ajustando el radio con precisión para realizar el trazo deseado.

Este conjunto de herramientas y técnicas permite **transferir con exactitud el diseño técnico a la pieza real**, garantizando un mecanizado posterior seguro y preciso.

Proceso de ejecución

El trazado es una fase previa fundamental en la fabricación de piezas mecánicas. Consiste en **transferir con precisión las dimensiones y formas de un plano técnico a la superficie de la pieza**, utilizando instrumentos adecuados. A continuación, se detallan las etapas del proceso.

- Preparación de la pieza para el trabajo de trazado
 1. **Seleccionar la pieza a trabajar:** Asegurarse de que la pieza seleccionada es la adecuada para el tipo de trazado a realizar, tanto en forma como en dimensiones.
 2. **Limpiar la superficie:** Eliminar cualquier residuo de grasa, óxido, aceite o suciedad que pueda interferir con el proceso. La superficie debe estar limpia y seca.
 3. **Aplicar un recubrimiento de contraste:** Para mejorar la visibilidad del trazado, se cubre la superficie con un material contrastante. Los más utilizados son:
 - **Tinte o azul de Prusia:** económico, de fácil aplicación (en spray o brocha) y muy común.
 - **Tiza ordinaria:** rápida de aplicar, pero con poca adherencia.
 - **Blanco de España:** ideal para superficies fundidas o forjadas.
 - **Sulfato de cobre (vitriolo azul):** ofrece un buen contraste sobre metales ferrosos.





- **Oxidación térmica:** se calienta la superficie hasta que adquiere un tono azulado. No se recomienda para todos los metales ni en piezas terminadas.
- 4. **Seleccionar los instrumentos de trazado adecuados:** Escoger las herramientas necesarias según el tipo de líneas o figuras a trazar. Las más comunes son:
 - Punta de trazar
 - Escuadra
 - Compás
 - Goniómetro
 - Plantillas y reglas
 - Gramil y granete

● **Ejecución del trazado manual de líneas rectas**

Este procedimiento consiste en marcar **líneas rectas sobre una superficie**, tomando como base una cara o arista de referencia. Su correcta ejecución es clave para garantizar la exactitud del mecanizado posterior.

Pasos a seguir:

1. **Preparar la superficie de trazado:**
 - Asegurarse de que esté limpia y libre de restos de grasa o impurezas.
 - Aplicar el recubrimiento elegido para mejorar la visibilidad del trazado.
 - Marcar los **puntos guía** por donde pasará la línea.
2. **Colocar la escuadra:** Apoyar firmemente la escuadra sobre la cara de referencia de la pieza para asegurar una alineación correcta.
3. **Trazar las líneas:**
 - Usar una **punta de trazar** para marcar líneas finas, rectas y continuas.
 - Para **líneas oblicuas**, utilizar el **goniómetro** o una falsa escuadra.
 - Si se prevé que la pieza sufrirá **desbaste o manipulación posterior**, reforzar la línea con un **graneteado intermitente**, mejorando así su visibilidad y permanencia.

13.6. OPERACIONES DE SUJECCIÓN DE PIEZAS Y HERRAMIENTAS

13.6.1. ¿QUÉ SON LAS HERRAMIENTAS DE SUJECCIÓN?

Las **herramientas de sujeción** son dispositivos diseñados para **fijar firmemente piezas** durante la ejecución de operaciones mecánicas, de montaje, trazado o mecanizado. Su función principal es **evitar desplazamientos, caídas o giros no deseados** de la pieza, garantizando así la **precisión, seguridad y estabilidad** del trabajo.

Estas herramientas se utilizan para **inmovilizar las piezas** sobre bancos de trabajo, mesas de máquinas, mármoles de trazado u otras superficies, permitiendo que el operario trabaje con ambas manos libres y sin riesgo de movimiento accidental.

Aunque su uso es común en el ámbito **industrial y mecánico**, también se emplean en otros sectores como la **carpintería, electrónica e incluso en cirugía**, donde la fijación precisa de los elementos es fundamental.

13.6.2. TIPOS O CATEGORÍAS DE HERRAMIENTAS DE SUJECCIÓN

Las herramientas de sujeción se pueden clasificar en **tres grandes categorías**, en función de su diseño, aplicación y sistema de accionamiento. Aunque existen múltiples formas y variantes, la mayoría de estas herramientas cuentan con **mordazas dentadas o superficies rugosas**, diseñadas para **impedir el deslizamiento** de la pieza una vez ha sido fijada.

A continuación, se presentan algunos ejemplos representativos:

- **Tornillos de banco:** Fijados a bancos de trabajo, permiten inmovilizar piezas de forma estable mediante un sistema de rosca. Son ampliamente utilizados en tareas de limado, corte, marcado y montaje.
- **Sargentos (o gatos de apriete):** Herramientas portátiles que permiten sujetar temporalmente piezas entre sí o contra una superficie. Son ajustables y se utilizan en procesos de ensamblaje, pegado o soldadura.
- **Prensas mecánicas o hidráulicas:** Sistemas que aplican fuerza de sujeción mediante mecanismos manuales, neumáticos o hidráulicos. Se emplean en tareas de conformado, ensamblaje o fijación de componentes que requieren **gran presión y precisión**.

Cada una de estas herramientas cumple una función específica dentro del taller y su elección dependerá del **tipo de pieza, la operación a realizar y el nivel de precisión requerido**.

13.7. HERRAMIENTAS DE SUJECCIÓN



Herramientas de sujeción -II



Herramientas de sujeción -III

Llaves para tubos



13.7.1. ¿CÓMO ES LA OPERACIÓN DE SUJECION DE PIEZAS Y HERRAMIENTAS?

La **sujeción correcta de piezas y herramientas** es fundamental para garantizar la seguridad del operario, la estabilidad del trabajo y la precisión de las operaciones. A continuación, se indican las principales recomendaciones y buenas prácticas que deben seguirse durante este proceso:

1. **Evitar un apriete excesivo en materiales frágiles:** Cuando se trabaja con **materiales quebradizos o delicados**, como aluminio, plásticos o piezas delgadas, es importante **no apretar en exceso las mordazas**, ya que podrían **deformarse o fracturarse**.
2. **Proteger las piezas blandas con mordientes:** Si la pieza a sujetar es de un material blando, se recomienda colocar **mordientes protectores** (chapa en forma de escuadra o material intermedio) entre las mordazas y la pieza, para **evitar marcas o daños** durante el apriete.
3. **Fijación del tornillo de banco al banco de trabajo:** El **tornillo de banco** debe estar firmemente **atornillado a la mesa de trabajo**, garantizando su estabilidad durante el uso.
4. **Uso correcto de la manivela:** La apertura y cierre del tornillo se realiza mediante una **manivela giratoria**, que permite aplicar fuerza de sujeción con eficiencia, aprovechando el **efecto de palanca**.
5. **Altura adecuada del tornillo de banco:** La altura óptima del tornillo de banco es aquella que sitúa su parte superior **a la altura del codo del operario**, lo que permite trabajar **con mayor ergonomía y precisión**.
6. **Mantenimiento de las herramientas de sujeción:** Es fundamental mantener las herramientas limpias, secas y **ligeramente engrasadas**, para **evitar la oxidación** y asegurar su correcto funcionamiento.
7. **Aflojar las mordazas al finalizar el trabajo:** Al terminar, se debe **aflojar siempre el tornillo de banco**, dejando las mordazas sin presión. Esto evita el **desgaste prematuro de las estrías** y prolonga la vida útil del mecanismo.

13.8. CENTRADOS Y TOMA DE REFERENCIAS EN PROCESOS DE CORTE, CONFORMADO Y TALADRADO DE PIEZAS MECÁNICAS METÁLICAS DE MENOR TAMAÑO

El **centrado de una pieza** es el procedimiento mediante el cual se posiciona su **eje coincidente con el eje de la máquina-herramienta**, ya sea el **husillo de una fresadora** o el **plato de un torno paralelo**. Esta alineación precisa es fundamental cuando se va a trabajar sobre un **taladro existente** o una **parte cilíndrica** de la pieza.

El centrado garantiza que todas las operaciones de mecanizado posteriores —como **corte, taladrado, roscado o conformado**— se realicen con la **máxima precisión**, evitando errores dimensionales, desalineaciones y desgastes prematuros en herramientas o en la propia pieza.



Mandrinado de precisión por coordenadas

Este procedimiento puede realizarse de forma **manual o con instrumentos auxiliares**, como comparadores, palpadores o centradores ópticos, dependiendo del tipo de máquina, de la forma de la pieza y del nivel de precisión requerido.

13.8.1. CENTRADOS EN TORNO

Para realizar el **centrado de una pieza en el torno**, se utiliza habitualmente un **reloj comparador**, herramienta que permite detectar con precisión **desviaciones del eje** respecto al punto de referencia.



Centrado de pieza en el torno mediante reloj comparador

El procedimiento básico es el siguiente:

1. Se **coloca el reloj comparador** apoyado sobre la **superficie cilíndrica** que se desea centrar.
2. Se **gira manualmente el plato del torno** y se observa el **comportamiento de la aguja** del reloj.
 - Si la aguja se mueve, indica que la pieza **no está centrada**.
3. Para corregir:
 - En platos de **garras concéntricas**, se ajusta la posición **golpeando suavemente la pieza con un mazo de nailon**, hasta que la aguja del reloj permanezca inmóvil durante el giro.
 - En platos de **cuatro garras independientes**, no es necesario golpear. En su lugar, se **afloja ligeramente una garra** y se **aprieta la opuesta**, consiguiendo así un **desplazamiento controlado** que permite ajustar la posición hasta lograr el centrado perfecto.

Este proceso es fundamental para **garantizar concentricidad y precisión** en las operaciones posteriores de mecanizado.

13.8.2. CENTRADOS EN FRESADORA

Cuando se necesita centrar una pieza en la **fresadora**, se recurre habitualmente al uso de un **reloj comparador de palanca** montado en el **husillo de la máquina**. El proceso consiste en alinear el comparador con el **borde interior del taladro o superficie cilíndrica** de la pieza.



Reloj comparador de palanca

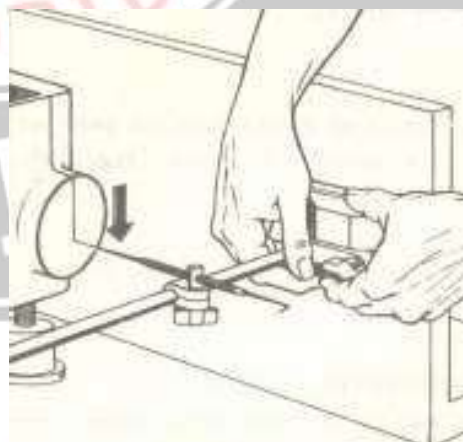
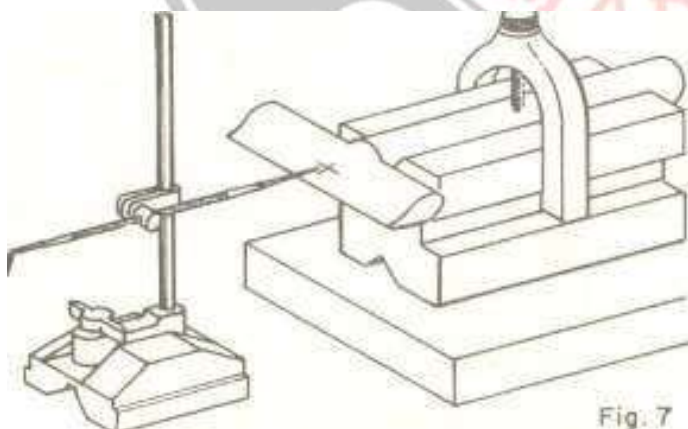
A medida que se **gira manualmente el cabezal**, se observa el comportamiento de la **aguja del reloj**. Si la aguja **permanece inmóvil** durante toda la rotación, significa que el **eje de la máquina coincide con el eje del taladro**, y por tanto, la pieza está correctamente centrada.

Otra técnica habitual es la utilización de un **palpador de contacto**, asegurándose de que el **diámetro de la bola del palpador sea inferior al diámetro del taladro**. Esta opción es muy útil en casos como:

- **Reparación de agujeros dañados**
- **Ajuste o mecanizado de alojamientos de rodamientos**
- **Trazado de coordenadas tomando como origen el centro de un taladro**

Estas operaciones requieren **máxima precisión**, ya que cualquier desalineación puede comprometer la funcionalidad final de la pieza.

Importante: El centrado de una pieza en fresadora, al igual que en torno, implica **alinear el eje de la herramienta con el eje geométrico de la pieza**, ya sea para mecanizar, perforar, reparar o referenciar con exactitud.



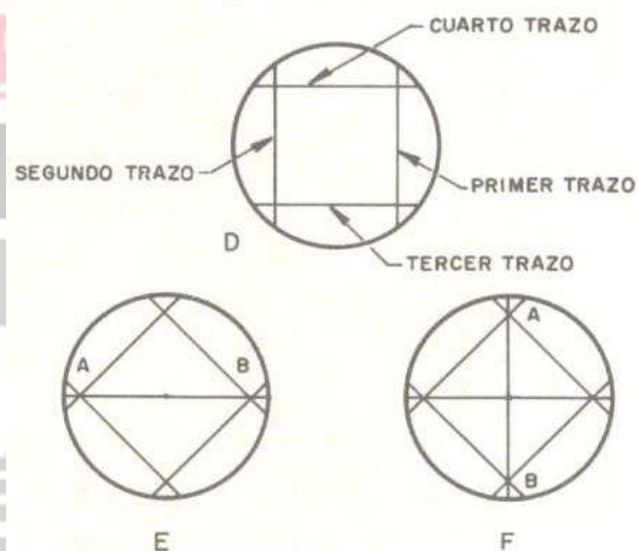
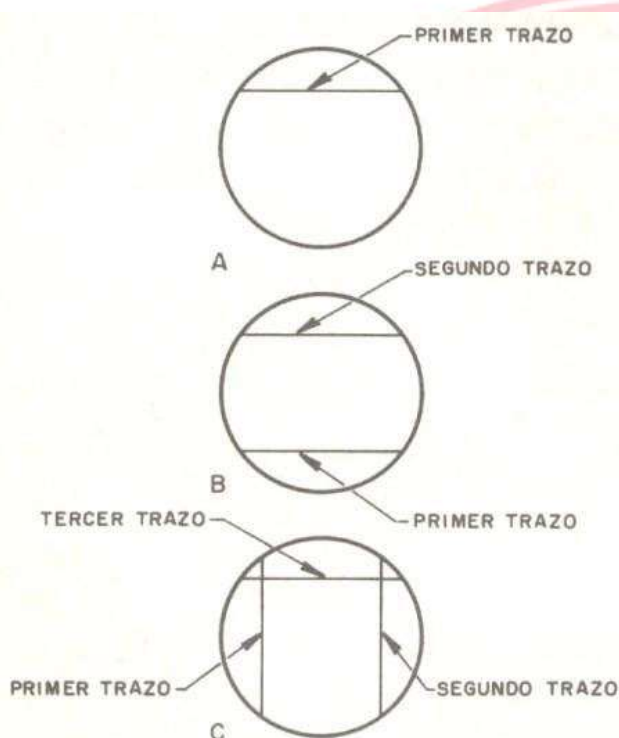
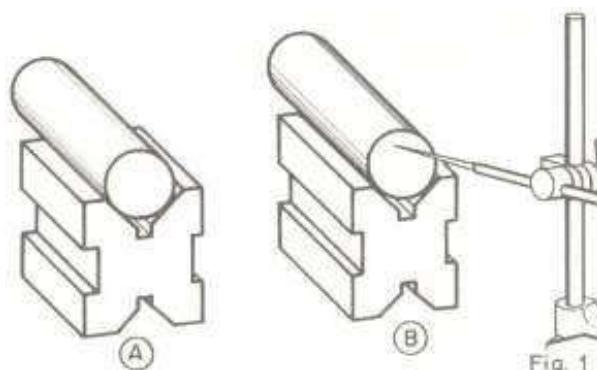
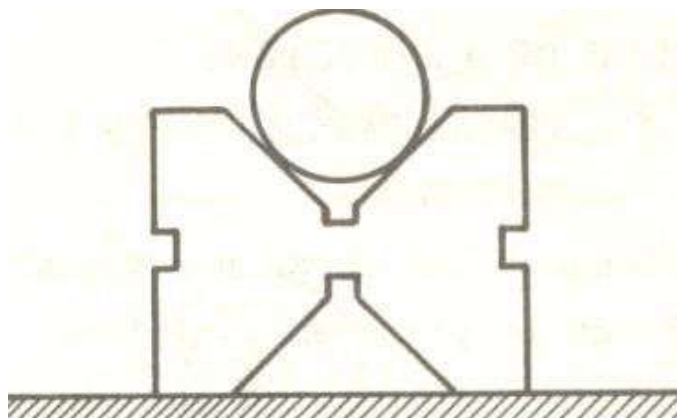


Fig. 2

13.9. TÉCNICAS DE CORTE

13.9.1. EL PROCESO DE CORTE DE MATERIALES

El **corte** es un proceso fundamental dentro de la fabricación mecánica, cuyo objetivo es **separar una pieza en una o varias partes**, siguiendo dimensiones o formas previamente establecidas. Existen diferentes técnicas de corte, pero todas se basan en un principio común: **aplicar una energía —mecánica, térmica o combinada— de forma controlada para superar la resistencia del material y provocar su separación.**

1. Fundamentos del corte

Durante el proceso de corte, el material está sometido a una combinación de **esfuerzos mecánicos o térmicos** que provocan su rotura o separación. Los tipos de esfuerzo más comunes son:

- **Cortantes:** cuando se aplican dos fuerzas opuestas sobre planos próximos, generando un efecto de cizalladura.
- **Térmicos:** cuando se incrementa la temperatura en una zona localizada hasta alcanzar el punto de **fusión o ignición** del material.
- **Erosivos:** presentes en tecnologías como el **corte por chorro de agua o láser**, en las que el material se **desgasta o elimina** de forma controlada.

En todos los casos, la separación se realiza siguiendo un trazo o línea previamente definida, habitualmente tras un proceso de **trazado técnico**, con el fin de obtener **formas precisas y funcionales**.

2. Etapas del proceso de corte

Independientemente del método empleado, el proceso de corte suele desarrollarse en las siguientes fases:

a) Preparación del material: La pieza se **limpia, fija y posiciona correctamente** sobre el banco o la máquina. Es habitual realizar un **trazado previo** para delimitar las líneas exactas del corte.

b) Aplicación de energía de corte: Se transmite al material una energía —ya sea **mecánica, térmica o combinada**— que genera tensiones superiores a las de su resistencia estructural.

- En el **corte localizado**, la energía actúa sobre una pequeña zona de forma progresiva.
- En el **corte lineal o simultáneo**, se actúa sobre toda la línea a la vez.

c) Separación del material: Cuando se supera el **límite de resistencia** del material, se produce la rotura o fundición controlada:

- En el corte mecánico, suele haber una **deformación plástica previa** antes de la fractura.
- En el corte térmico, el material **se funde o quema** en el punto de aplicación.

d) Evacuación del material sobrante: Se retira la parte separada —**viruta, recorte o pieza final**—. En algunos casos, también se eliminan **residuos térmicos, escoria o material fundido**, según la técnica empleada.

e) Acabado del corte: Dependiendo de la técnica y los parámetros utilizados, puede ser necesario un proceso posterior de **acabado superficial**:

- **Desbarbado**
- **Limpieza de bordes**
- **Rectificado**



- **Pulido o tratamiento mecánico final**

Estos pasos aseguran que la pieza obtenida cumpla con los requisitos funcionales, dimensionales y estéticos del diseño técnico.

13.9.2. FACTORES QUE AFECTAN AL CORTE

El **éxito del proceso de corte** no depende únicamente de la herramienta o la técnica empleada. Existen **diversos factores** que deben controlarse cuidadosamente para garantizar un **resultado preciso, limpio y de calidad**. Entre los más importantes se encuentran:

- **Naturaleza del material:** Cada **metal o aleación** presenta características distintas frente al esfuerzo mecánico o al calor. Algunos materiales tienden a **deformarse, endurecerse o agrietarse**, por lo que requieren técnicas específicas.
- **Espesor del material:** Los materiales más gruesos necesitan una **mayor cantidad de energía**, herramientas de mayor potencia o técnicas de corte más progresivas y adaptadas.
- **Forma y geometría de la pieza:** Los **cortes rectos, curvos, interiores o con formas complejas** exigen diferentes estrategias. La **elección del método de corte** debe adaptarse a las particularidades del contorno.
- **Condiciones del entorno:** Factores como la **temperatura ambiente**, la **ventilación** o la **humedad** pueden afectar el rendimiento del proceso, especialmente en técnicas térmicas como el oxicorte o el plasma.
- **Velocidad de corte:** Una velocidad incorrecta puede generar **rebabas, deformaciones, zonas quemadas o líneas de corte imprecisas**. Debe ajustarse en función del material y del espesor para lograr un corte limpio y sin defectos.

Criterios de calidad en el corte

Para evaluar la **calidad del corte**, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Rectitud de la línea de corte:** La trayectoria debe ajustarse fielmente al trazo marcado, sin desviaciones.
- **Ausencia de rebabas o deformaciones:** Los bordes deben estar **limpios y uniformes**, sin material sobrante que requiera repasado.
- **Superficie lisa y sin quemaduras:** En cortes térmicos, se debe minimizar el **efecto térmico** visible en los bordes.
- **Dimensiones exactas según plano:** La pieza obtenida debe respetar las **medidas especificadas**, tanto en longitud como en ángulos, radios o espesores.
- **Zonas afectadas por el calor (ZAC) mínimas:** En procesos térmicos, es deseable que la **zona afectada por el calor sea reducida o inexistente**, para evitar alteraciones en las propiedades del material.

13.10.HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE CORTE MECANICO

El **corte mecánico** es una operación fundamental en los procesos de **fabricación y conformado de piezas metálicas**. Consiste en separar un material sólido en varias partes mediante herramientas que aplican **fuerza mecánica**, ya sea de forma **manual o motorizada**.

Esta operación es necesaria para **dar forma, ajustar dimensiones o preparar piezas** para mecanizados posteriores, y su elección depende del tipo de material, el volumen de trabajo y el nivel de precisión requerido.

13.10.1. HERRAMIENTAS MANUALES DE CORTE

Estas herramientas requieren la **fuerza física del operario** para realizar el corte. Se utilizan principalmente en **trabajos de mantenimiento, ajustes, pequeñas reparaciones** o como paso preliminar en procesos mayores.

Principales herramientas manuales:

- **Sierra de arco o sequeta:** Se utiliza para cortar metales, plásticos y perfiles pequeños. Su hoja es intercambiable y está fabricada en acero templado. Existen hojas con diferentes **números de dientes por pulgada**, adecuadas para metales duros o blandos.
- **Cizalla manual o tijeras de chapa:** Permiten cortar **láminas metálicas delgadas**, especialmente en trabajos con **chapa, conductos, ductos de aire y estructuras ligeras**.
- **Cortafríos o cinceles:** Son herramientas de **acero templado** que se utilizan golpeándolas con un martillo. Son eficaces para cortar **varillas, remaches, pernos o chapas**.
- **Lima de corte o desbaste (herramienta complementaria):** Aunque no es una herramienta de corte directo, se emplea para **ajustar, eliminar rebabas o corregir imperfecciones** tras el corte inicial.



13.10.2. MÁQUINAS DE CORTE MECÁNICO

Son equipos que utilizan **accionamiento mecánico, hidráulico, neumático o eléctrico** para realizar cortes de forma **más rápida, precisa y segura**, con menor esfuerzo por parte del operario. Se emplean principalmente en talleres y procesos de **producción industrial**.

Tipos principales

- **Sierra de cinta (sinfín):** Utiliza una **hoja continua en forma de cinta** que gira sobre dos ruedas. Ideal para cortar **perfiles, tubos, varillas o piezas largas**. Puede trabajar en seco o con refrigerante.



- **Sierra de vaivén (alternativa):** Realiza el corte mediante un **movimiento alternativo similar al de una segueta automática**. Se emplea en cortes rectos sobre perfiles metálicos y es muy útil en **pequeños talleres**.



- **Tronzadora o sierra circular:** Usa un **disco abrasivo o de vidia** que gira a alta velocidad. Se emplea para cortar **acero, aluminio, cobre o plásticos duros** en forma de tubos o barras.



- **Cizalla mecánica o hidráulica:** Máquina equipada con **cuchillas rectas o circulares** que realizan cortes limpios sobre **chapas y placas metálicas**. Puede ser de accionamiento **manual (pedal)**, **motorizado o hidráulico**, según el modelo.



- **Prensa troqueladora (con matriz de corte):** Realiza **cortes y perforaciones** con gran precisión mediante el uso de una **matriz y un punzón**. Se utiliza habitualmente en **producción en serie** de piezas planas como arandelas, componentes metálicos o piezas estampadas.



13.11.HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE CORTE TERMICO

El **corte térmico** es una técnica ampliamente utilizada en la fabricación y mecanizado de metales, especialmente cuando se requiere **rapidez, precisión y capacidad de trabajo sobre grandes espesores**. Existen **tres tecnologías principales** de corte térmico: **oxicorte, corte por láser y corte por plasma**.

La elección del método más adecuado depende de múltiples factores, como:

- El **tipo y espesor del material** a cortar.
- La **geometría** de la pieza.
- El **nivel de calidad y precisión** requerido.
- El **aporte térmico** durante el proceso.
- La **compatibilidad con procesos posteriores**, como la soldadura.
- El **costo y productividad** del proceso.

Aunque el corte por láser ofrece gran precisión y el oxicorte es muy económico para ciertos trabajos, el **corte por plasma mecanizado** suele destacar por su equilibrio entre **calidad, velocidad y coste**, convirtiéndose en una opción muy competitiva en entornos de producción.

A continuación, se detallan las características principales de cada sistema:

13.11.1. OXICORTE

El **oxicorte** es un proceso de corte térmico que **no requiere electricidad**, ya que utiliza una **reacción química de combustión** para elevar la temperatura del metal hasta su punto de ignición. Una vez que el material está incandescente, se le aplica un chorro de oxígeno puro que lo **oxida rápidamente**, formando una **escoria líquida** que se expulsa por la acción del propio gas.



Características del proceso

- El **gas combustible** más utilizado es el **acetileno**, aunque también se pueden emplear propano, gas natural, hidrógeno o gas licuado de petróleo (GLP).
- La reacción térmica genera una **alta temperatura localizada**.
- Es especialmente adecuado para **aceros al carbono y aceros de baja aleación**.
- Su uso en **materiales no ferrosos** está limitado debido a que no se oxidan de manera efectiva.
- Requiere **habilidad del operario** para ajustar las proporciones de los gases y controlar la calidad del corte.
- Es **económico** y muy empleado en talleres de calderería y obra metálica.

13.11.2. CORTE LÁSER

El **corte por láser** utiliza un haz de luz altamente concentrado (fotones coherentes) que se genera dentro de una cavidad óptica con espejos enfrentados. Este haz **se focaliza sobre la superficie del material**, elevando su temperatura hasta el punto de **fusión o vaporización**. Simultáneamente, un chorro de gas asiste en la expulsión del material fundido.

Ventajas principales

- Permite cortes **muy precisos**, con **bordes limpios y mínimas rebabas**.
- Ideal para **materiales delgados** y cortes de **gran complejidad geométrica**.
- Produce un **ancho de corte (kerf)** muy estrecho.
- Puede utilizarse sobre **acero inoxidable, aluminio, cobre, latón y plásticos**.
- Requiere una **inversión elevada en equipos y mantenimiento**.
- Generalmente automatizado y asistido por sistemas **CNC**.

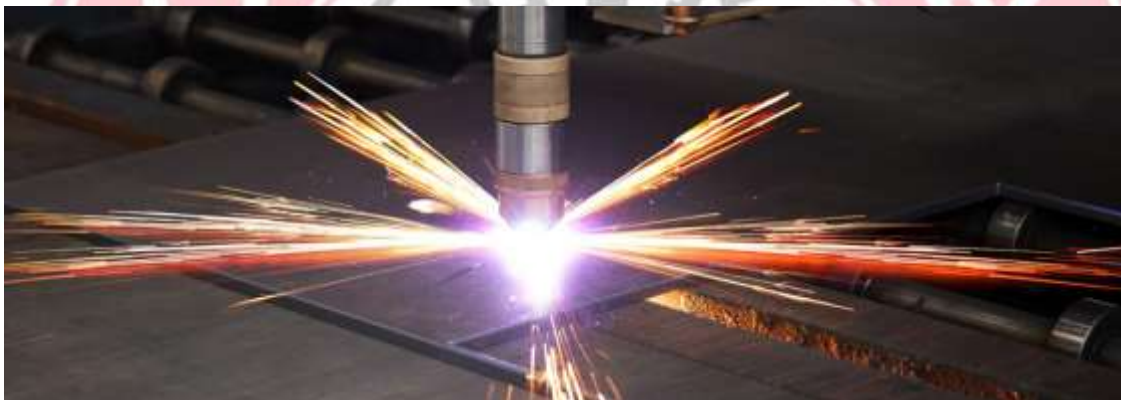


13.11.3. CORTE POR PLASMA

El **corte por plasma** se basa en la utilización de un **gas ionizado a alta temperatura**, que actúa como conductor eléctrico y genera un arco de plasma entre el electrodo y la pieza. Este gas, altamente energético, **funde el material**, y al mismo tiempo lo expulsa de la zona de corte mediante la propia presión del chorro.

Aspectos destacados del proceso:

- Puede cortar una amplia variedad de metales: **acero al carbono, inoxidable, aluminio, cobre, etc.**
- Aporta una **velocidad de corte elevada** y buen acabado, incluso en piezas de espesor medio-alto.
- La **constricción del arco** (estrechamiento del chorro) aumenta la temperatura del plasma, alcanzando velocidades cercanas a la del sonido.
- Produce una **zona afectada por el calor menor** que el oxicorte.
- Ideal para procesos donde se requiere **rapidez y versatilidad con buen coste-beneficio**.



13.12. TÉCNICAS DE CONFORMADO DE MATERIALES METÁLICOS

El **conformado** es un conjunto de procesos mediante los cuales se modifica la **forma de un material metálico sin alterar significativamente su masa**. A diferencia del corte, donde el material se separa, el conformado **aprovecha la plasticidad del metal** para deformarlo de forma permanente, obteniendo piezas con formas y dimensiones específicas.

Estos procesos son fundamentales en la **fabricación mecánica**, especialmente en sectores como la **calderería, la estampación, la fabricación de perfiles, tubos y estructuras metálicas**.



13.12.1. PROCESOS DE CONFORMADO EN FRÍO Y EN CALIENTE

La **temperatura de trabajo** es un criterio clave para clasificar los procesos de conformado. Según esta variable, se distinguen dos tipos principales:

Conformado en frío

- Se realiza a **temperatura ambiente** o ligeramente superior.
- El material conserva su dureza, pero **pierde algo de ductilidad**.
- Ofrece un **mejor acabado superficial** y mayor **precisión dimensional**.
- Requiere mayor **fuerza de deformación**, por lo que las herramientas deben ser muy resistentes.
- Es común en operaciones como el **plegado, embutido, roscado, estampado o doblado de precisión**.

Conformado en caliente

- Se realiza a temperaturas **por encima de la recrystalización** del metal.
- El material se **ablanda** considerablemente, permitiendo **grandes deformaciones con menor esfuerzo**.
- Adecuado para **chapas gruesas, piezas complejas** o grandes volúmenes de trabajo.
- Requiere un **control riguroso de la temperatura** para evitar defectos como la oxidación, la descarbonatación o el sobrecalentamiento.

13.12.2. CURVADO, PLEGADO Y EMBUTIDO DE CHAPAS

Son los **procesos más habituales** en la transformación de chapas metálicas:

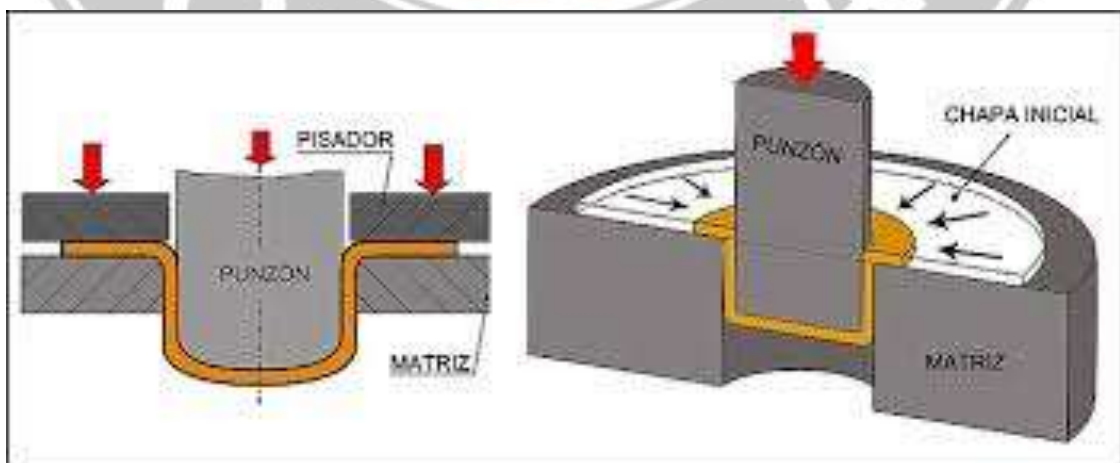
- **Curvado:** Deformación plástica para **dar forma curva** a una chapa. Se realiza mediante **rodillos, dobladoras o moldes**. Muy común en conductos, cilindros, estructuras circulares, etc.



- **Plegado:** Formación de **ángulos definidos**, habitualmente de 90°, en una chapa plana. Se utiliza en la fabricación de **estructuras, cajas, carcasas, soportes** y perfiles angulares.



- **Embutido:** Transformación de una chapa plana en una forma **hueca o profunda**, utilizando un **punzón** que presiona el material dentro de una **matriz**. Es un proceso esencial en la industria del **automóvil, electrodomésticos y envases metálicos**.



13.12.3. CONFORMADO DE PERFILES Y TUBOS

Además de las chapas, el conformado también se aplica a **perfiles estructurales y tuberías metálicas**:

- **Doblado de tubos:** Se realiza mediante **curvadoras, prensas o rodillos**, cuidando que no se produzca **aplastamiento o deformación de la sección**. Se utilizan útiles interiores (mandriles) en tubos delgados.
- **Curvado de perfiles:** Aplicado a **barandillas, marcos, chasis** u otras estructuras. Requiere **controlar el radio de curvatura** y evitar la torsión del perfil.
- **Estirado o laminado de perfiles:** Consiste en **deformar longitudinalmente** el material para obtener **formas específicas** (U, T, ángulos, perfiles abiertos o cerrados), a partir de material en bruto. Se realiza en frío o caliente.



13.12.4. USO DE PRENSAS Y RODILLOS EN EL CONFORMADO

El éxito de cualquier proceso de conformado depende en gran medida del tipo de **máquina** y del **sistema de deformación** utilizados:

- **Prensas**
Aplican una **fuerza controlada y uniforme** mediante un **punzón y una matriz**. Pueden ser de accionamiento **mecánico, hidráulico o neumático**. Se emplean en operaciones de:
 - Plegado
 - Embutido
 - Estampado
 - Troquelado y corte
- **Rodillos**
El material se **deforma progresivamente** al pasar entre **dos o más cilindros**, lo que permite curvar chapas, fabricar cilindros o **laminar perfiles**. La presión, el número de pasadas y el diámetro de los rodillos influyen en el resultado final.

Para obtener resultados óptimos, es fundamental **ajustar correctamente los parámetros de trabajo**, como la **presión, velocidad de avance, carrera del punzón** o el **tipo de rodillo**, evitando así defectos como **grietas, arrugas, estrías o torsiones indeseadas**.

Conclusión

El **conformado de metales** es una etapa clave en los procesos industriales que permite **transformar materiales metálicos en componentes funcionales y estructurales**, aprovechando su capacidad de **deformación plástica**.

La elección de la técnica y los parámetros de conformado dependerá de factores como:

- El **material** a utilizar
- La **forma y dimensiones deseadas**
- El **grado de precisión requerido**
- Los **medios disponibles en el taller o planta de producción**

13.13. CONSIDERACIONES EN LOS PROCESOS DE CORTE, CONFORMADO Y TALADRADO

13.13.1. EN EL PROCESO DE CORTE

El **trazado mecánico** es una operación esencial en la fabricación y mecanizado de piezas metálicas. Consiste en **marcar sobre la superficie de una pieza** —ya sea en bruto, semitrabajada o terminada— las líneas que delimitan las zonas a mecanizar, con el objetivo de otorgarles las formas y dimensiones especificadas en los planos o croquis.

Elementos que se pueden marcar durante el trazado

- Ejes de simetría
- Centros de agujeros
- Ranuras
- Contornos de la pieza

Estos trazos sirven como guía para la construcción precisa de la pieza y pueden realizarse tanto manualmente como con máquinas, en plano o en el aire. En producciones en serie, el trazado puede sustituirse por el uso de plantillas de guía o equipos especializados.

Importancia del trazado

El trazado suele ser la primera operación en piezas forjadas, fundidas o estampadas. La precisión en esta etapa es crucial, ya que un trazado incorrecto puede comprometer el éxito de las operaciones posteriores, incluso inutilizando la pieza.

Habilidades requeridas para el operario de trazado

- Conocimientos sólidos de dibujo mecánico, tanto en representación lineal como espacial.
- Comprensión clara de las medidas y tolerancias.



- Conocimientos de geometría básica.
- Buen juicio visual para evaluar distancias y proporciones.
- Habilidad manual y coordinación para manejar las herramientas de trazado.

Piezas que generalmente requieren trazado

- Piezas de forma irregular que se mecanizarán o ajustarán manualmente.
- Piezas con superficies en bruto, para evitar excesos de material eliminado en una zona y defectos en otra.

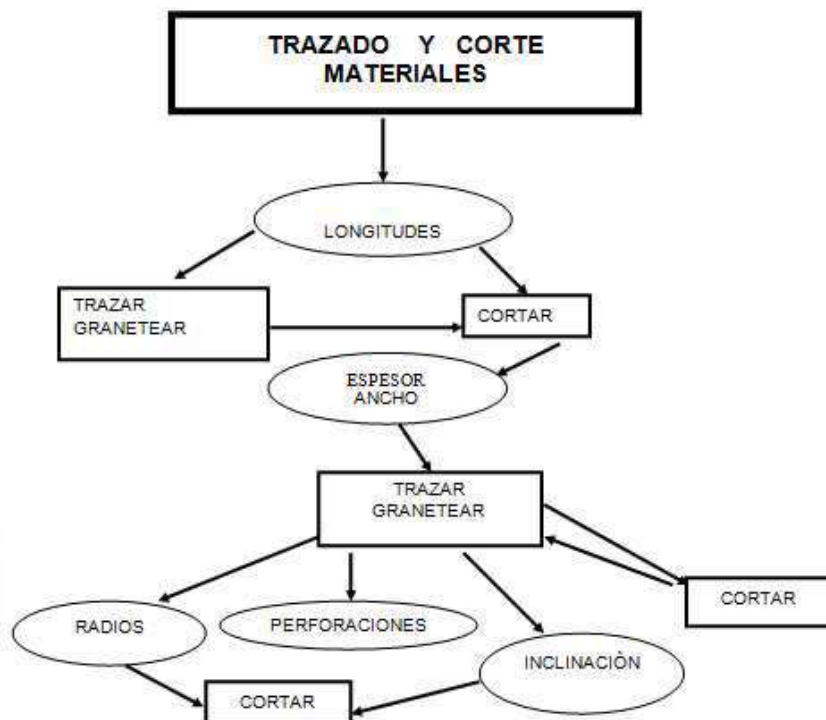
Procedimientos comunes de corte de materiales

- **Corte mecánico con desprendimiento de viruta:** Incluye el aserrado manual o mecánico, donde se utiliza una hoja de sierra para separar el material.
- **Corte mecánico sin desprendimiento de viruta:** Utiliza herramientas como cizallas o cortafíos para cortar el material sin generar virutas.
- **Corte térmico:** Métodos como el oxicorte emplean calor para fundir y separar el material.
- **Corte mecánico avanzado:** Técnicas como la electroerosión por hilo, que utilizan procesos eléctricos para cortar materiales conductores con alta precisión.

Para piezas de grandes dimensiones, es común el uso de sierras mecánicas de vaivén o de cinta (sinfín), que pueden ser de accionamiento mecánico o hidráulico, facilitando cortes precisos y eficientes en materiales voluminosos.



Mapa mental de operaciones para el trazado y el corte de los elementos en "C"



CARTA DE OPERACIONES PARA EL TRAZADO Y EL CORTE DE LA BRIDA PARA PRENSA TROQUELADA

	PROCESO	EQUIPOS MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	OBSERVACIONES
1 LONGITUDES	<ul style="list-style-type: none"> Cortar el tramo de material para la brida Trazar y granetear en longitud o cortar directamente en la sierra mecánica 	<ul style="list-style-type: none"> Sierra mecánica Sierra sin fin Marco de sierra Flexómetro Calibrador Rayador Granetes (60°-90°) Martillo bola (1/2 - 1 libra.) Escuadra Universal (Reglilla - goniómetro - escuadra nivel) Prensa de banco Yunque 	<ul style="list-style-type: none"> En las longitudes dar de sobre medida 3 a 5 mm. Utilizar en la sierra mecánica un aceite soluble (taladrina) Marco de sierra con hoja de 18 dientes por pulgada
2 ESPESOR ANCHO	<ul style="list-style-type: none"> Trazar y granetear dimensiones de espesor, ancho y los radios 	<ul style="list-style-type: none"> Rayador Granete (30°-60°-90°) Martillo de bola (1/2 - lb.) Escuadra universal Yunque 	<ul style="list-style-type: none"> Trazar espesores y anchos - sobre medida Trazar radios puntas traseras si los requiere Trazar y granetear inclinación y radio o chaflán en extremo frontal Trazar centro de los agujeros y granetear para nido de broca

13.13.2. EN EL PROCESO DE CONFORMADO

Los **procesos de conformado de metales** son técnicas de manufactura que utilizan la **deformación plástica** para modificar la forma de piezas metálicas sin alterar su masa ni composición. En estos procesos, herramientas como **dados de conformación** aplican esfuerzos sobre la pieza de trabajo, obligándola a adoptar la geometría deseada.

Aplicaciones industriales del conformado de chapa metálica

- **Industria de la automoción:** Fabricación de componentes como puertas, capós y guardabarros.
- **Industria aeronáutica:** Producción de elementos como alas y fuselajes.
- **Industria de electrodomésticos:** Elaboración de fregaderos, campanas de cocina y carcasas de neveras.
- **Industria de la alimentación:** Creación de cacerolas y productos enlatados.

En el **conformado de chapa metálica**, se parte de una lámina plana que se deforma plásticamente para obtener la forma deseada sin necesidad de mecanizados adicionales como el fresado. Sin embargo, es importante considerar el fenómeno de **recuperación elástica** o *springback*, que ocurre cuando, tras el conformado, la pieza tiende a retornar parcialmente a su forma original debido a la liberación de tensiones internas. Este efecto puede afectar la precisión dimensional y debe ser compensado durante el proceso de diseño y fabricación.

Técnicas especiales en el conformado de chapa metálica

- **Conformado súper plástico:** Aprovecha la capacidad de ciertos materiales para experimentar grandes deformaciones antes de fracturarse, permitiendo la creación de formas complejas.
- **Press hardening (estampado en caliente):** Combina el conformado y el endurecimiento del material en un solo proceso, mejorando las propiedades mecánicas de la pieza final.

Además, existen métodos de conformado que emplean diferentes fuentes de energía, como herramientas mecánicas, aire o líquidos, fuerzas magnéticas o incluso explosivos, dependiendo de las necesidades específicas de la aplicación.

Estos procesos son fundamentales en la industria manufacturera moderna, ya que permiten la producción eficiente y precisa de componentes metálicos para una amplia gama de aplicaciones.



OPERACIONES DE CONFORMADO

Operaciones de Corte

- Cizallado
- Guillotina
- Rodillos
- Punzonado
- Perforado
- Otras Operaciones:
 - Corte en trozos y Partido
 - Ranura, perforado múltiple y muescado
 - Recorte, rasurado y punzonado fino
 - Mascado (Nibbling)

Operaciones de Doblado ó Plegado

- Doblado de Bordes
- Doblado en V
- Otras Operaciones:
 - Formado de bridas, doblé, engargolado y rebordeado
 - Operaciones Misceláneas de doblado

Operaciones de Embutido

- Embutido
- Reembutido
- Reembutido Inverso
- Embutido de Piezas no cilíndricas
- Embutido sin Sujetador

Otras operaciones de Conformado de Láminas en Prensa

- Herramientas Metálicas
 - Planchado
 - Acuñado y estampado
 - Desplegado
 - Torcido
- Con Hule
 - Proceso de Guerin
 - Hidroformado

Otras operaciones de Conformado de Láminas sin Prensa

- Restirado
- Doblado y formado con Rodillos
- Rechazado
- Formado por alta velocidad

Doblado de Tubos

- Por extensión
- Por arrastre
- Por compresión

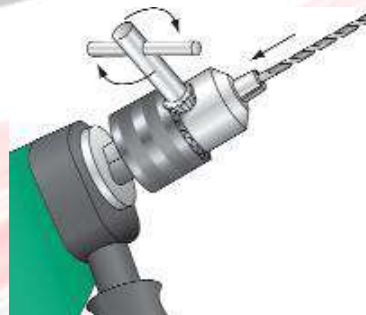
13.13.3. EN EL PROCESO DE TALADRADO

El **taladrado** es una operación esencial en trabajos de bricolaje y mecánica, que consiste en perforar materiales para crear orificios precisos.

Proceso de taladrado

1. Selección del Taladro y las Brocas:

- **Tipo de Taladro:** Dependiendo del material y la precisión requerida, se puede optar por taladros manuales, eléctricos o de columna. Los taladros de columna ofrecen mayor estabilidad y permiten ajustes precisos de profundidad y velocidad.



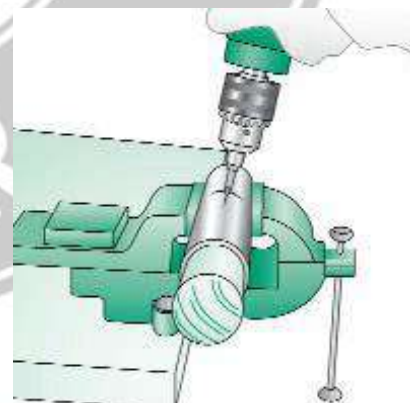
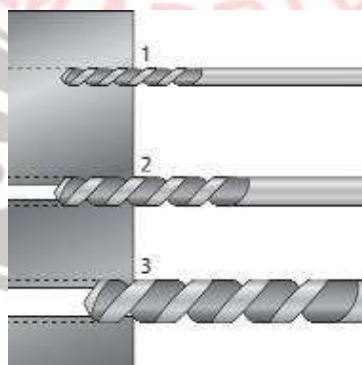
- **Elección de Brocas:** Es crucial utilizar brocas adecuadas para cada material:
 - **Metales Blandos (como aluminio):** Brocas de acero rápido (HSS).
 - **Metales Duros (como acero inoxidable):** Brocas de cobalto o con recubrimientos de carburo de titanio, que ofrecen mayor resistencia al calor y al desgaste.

2. Velocidad y Potencia:

- Ajustar la velocidad del taladro según el material:
 - **Materiales Duros:** Velocidades más bajas para evitar sobrecalentamiento y desgaste prematuro de la broca.
 - **Materiales Blandos:** Velocidades más altas para obtener cortes limpios.
- Una potencia adecuada facilita el trabajo en materiales resistentes y mejora la precisión en la perforación.

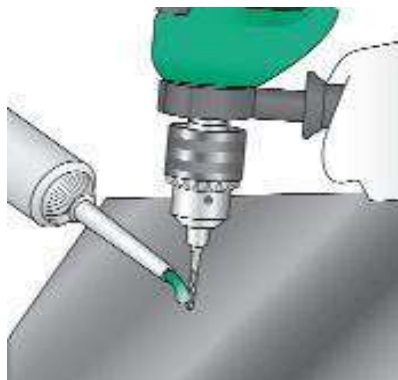
3. Técnicas de Perforación:

- **Placas Delgadas:** Nunca sujetarlas con la mano; fijarlas firmemente con sargentos o en un tornillo de banco para evitar giros peligrosos al finalizar el orificio.
- **Agujeros de Gran Diámetro:** Realizar perforaciones escalonadas, comenzando con una broca de menor diámetro y aumentando progresivamente hasta alcanzar el tamaño deseado.
- **Perforación de Tubos:** Utilizar soportes adecuados para evitar deformaciones y asegurar una perforación precisa. Introducir una pieza de madera en el interior del tubo puede ayudar a mantener su forma durante el proceso.



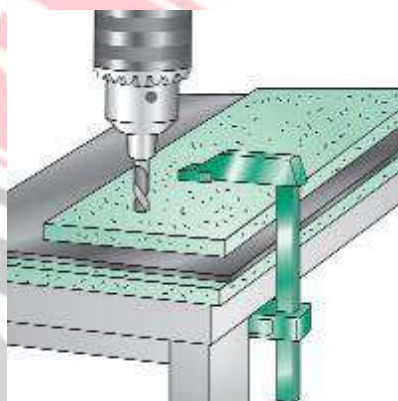
4. Lubricación y Refrigeración:

- Al perforar metales, especialmente los más duros, es recomendable utilizar lubricantes o fluidos de corte. Estos reducen la fricción, disipan el calor y prolongan la vida útil de la broca.
- Aplicar el lubricante directamente en la broca y en la superficie a perforar para facilitar el corte y obtener un acabado más limpio.



5. Seguridad:

- Utilizar siempre equipos de protección personal, como gafas de seguridad, para protegerse de las virutas y posibles proyecciones.
- Asegurarse de que la pieza a perforar esté bien sujeta y estable para evitar movimientos inesperados.
- Mantener una postura firme y equilibrada durante la operación, y operar el taladro con ambas manos cuando sea posible.



Siguiendo estas recomendaciones, se pueden realizar perforaciones precisas y seguras en diversos materiales, optimizando tanto la calidad del trabajo como la durabilidad de las herramientas utilizadas.

14. MECANIZADO DE PIEZAS

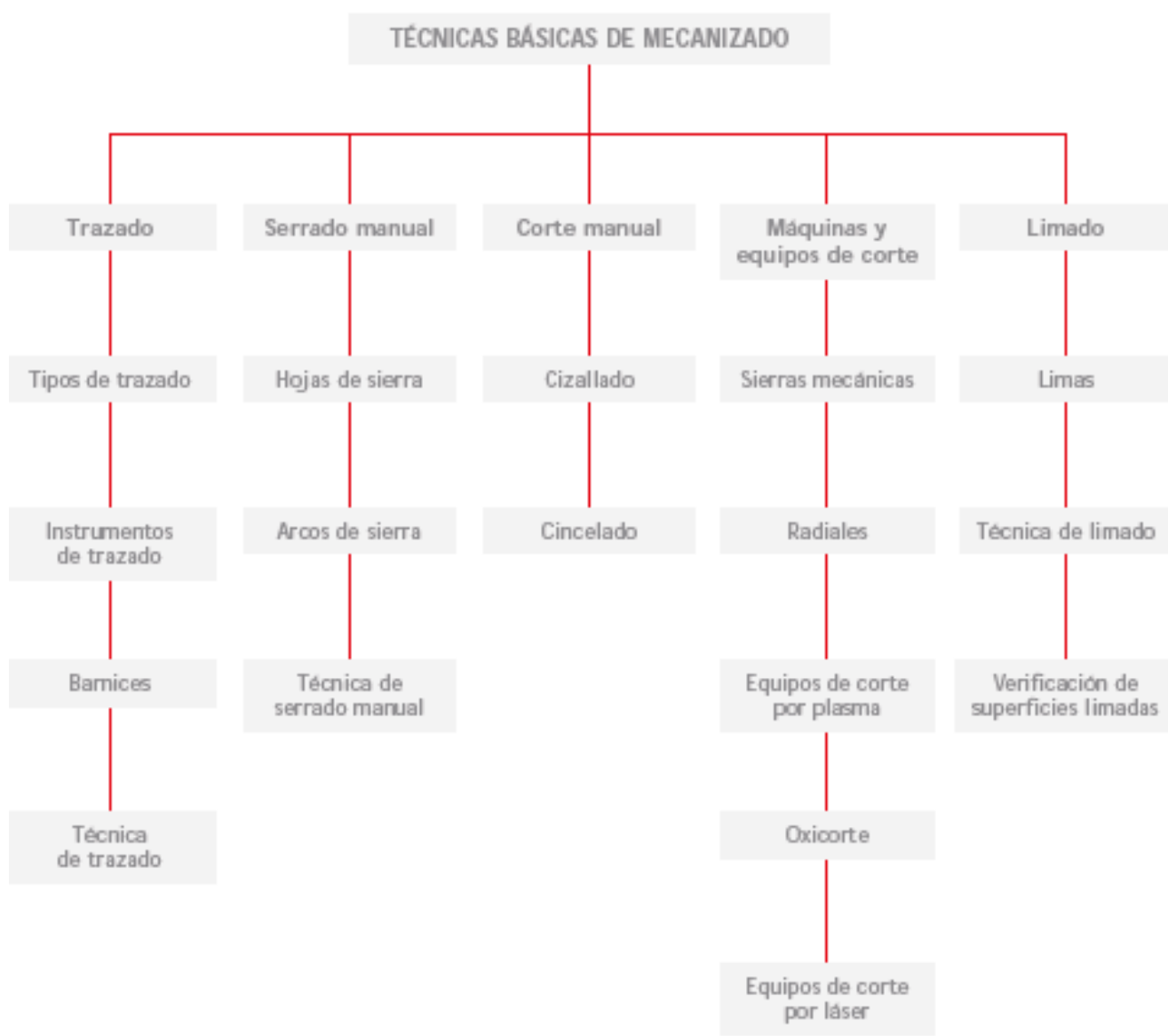
14.1. DEFINICIÓN Y TÉCNICAS BÁSICAS DE MECANIZADO

14.1.1. DEFINICIÓN

El **mecanizado** es un proceso de fabricación que **consiste en dar forma a una pieza**, generalmente metálica, mediante la eliminación controlada de material. Este proceso se realiza utilizando herramientas de corte que separan el material sobrante para obtener las dimensiones y formas deseadas.

14.2. TÉCNICAS BÁSICAS DE MECANIZADO

14.2.1. TIPOS DE MECANIZADO



14.2.2. MECANIZADO POR ARRANQUE DE VIRUTA

El **mecanizado por arranque de viruta** es un proceso de fabricación que consiste en eliminar material de una pieza para obtener la forma y dimensiones deseadas. Este método es fundamental en la industria metalmecánica y se aplica a diversos materiales, principalmente metales. Las técnicas más comunes incluyen:

Torneado

En este proceso, **la pieza de trabajo gira sobre su eje mientras una herramienta de corte se desplaza linealmente**, eliminando material para crear superficies cilíndricas o cónicas. Es ideal para fabricar componentes como ejes, pasadores y elementos de forma circular.



Fresado

Utiliza **una herramienta rotativa de múltiples filos**, conocida como fresa, **que corta el material mientras la pieza se mueve en diferentes direcciones**. Este método permite crear superficies planas, ranuras y contornos complejos. Las fresadoras pueden ser horizontales o verticales, dependiendo de la orientación del husillo.



Taladrado

Consiste en **realizar agujeros en la pieza mediante una broca que gira y avanza en dirección axial**. Es esencial para crear orificios de distintos diámetros y profundidades, y puede llevarse a cabo en taladros de columna, radiales o de mano.

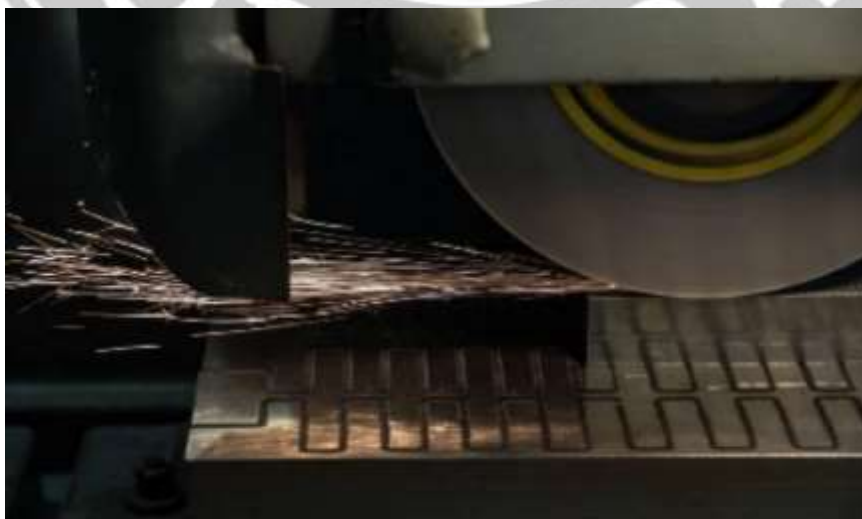


14.2.3. MECANIZADO POR ABRASIÓN

El **mecanizado por abrasión** es un proceso de fabricación **que implica la eliminación de material de una pieza mediante la acción de partículas abrasivas**. Este método se utiliza para obtener altas precisiones dimensionales y acabados superficiales de calidad en materiales duros como metales, vidrio y cerámica. Las técnicas más comunes de mecanizado por abrasión incluyen:

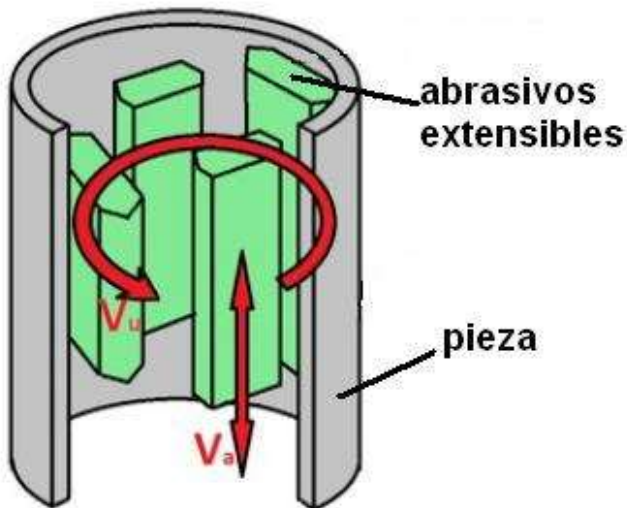
Rectificado

Consiste en el uso de una **muela abrasiva que gira a alta velocidad para eliminar material de la superficie de una pieza, mejorando su precisión dimensional y acabado superficial**. Los abrasivos empleados suelen ser óxido de aluminio, carburo de silicio, nitruro de boro cúbico o diamante. Este proceso es fundamental en la fabricación de componentes que requieren tolerancias estrictas.



Bruñido

Este proceso se utiliza para mejorar la geometría y el acabado superficial de agujeros cilíndricos internos. Se emplean **piedras abrasivas que, al moverse en un patrón controlado, corrigen imperfecciones y mejoran la precisión dimensional**. Es común en la fabricación de cilindros hidráulicos y componentes de motores.



Pulido

Busca obtener superficies extremadamente lisas y brillantes mediante la aplicación de abrasivos finos. Se utiliza en la industria automotriz, aeroespacial y médica para mejorar la estética y reducir la fricción en componentes críticos.



Lapeado

Consiste en **frotar una superficie contra otra con un compuesto abrasivo entre ambas, logrando superficies planas y lisas** con tolerancias muy ajustadas. Es esencial en la fabricación de bloques patrón y componentes ópticos.



Honing

Similar al bruñido, pero se centra en **mejorar la precisión dimensional y el acabado superficial de cilindros internos mediante herramientas abrasivas** que se expanden y contraen mientras se mueven a lo largo del eje del cilindro. Se aplica en la producción de cilindros de motores y sistemas hidráulicos.

Cada una de estas técnicas se selecciona según las especificaciones requeridas y el tipo de material, permitiendo obtener piezas con altos estándares de precisión y calidad superficial.



14.2.4. MECANIZADO POR ELECTROEROSIÓN

El **mecanizado por electroerosión**, también conocido como **mecanizado por descarga eléctrica (EDM)**, es un proceso de fabricación que utiliza descargas eléctricas controladas para eliminar material de piezas conductoras de electricidad. Este método es especialmente útil para mecanizar materiales duros y producir formas complejas con alta precisión. Existen tres principales tipos de mecanizado por electroerosión:



Electroerosión por penetración

En este proceso, un **electrodo** con la forma deseada se sumerge en la pieza de trabajo, generando **descargas eléctricas** que erosionan el material y reproducen la forma del electrodo en la pieza. Es ideal para crear **cavidades profundas** y formas tridimensionales complejas. El electrodo suele estar hecho de materiales como **grafito o cobre**.

Electroerosión por hilo

Utiliza un **hilo metálico fino**, generalmente de **latón o cobre**, que actúa como electrodo para cortar la pieza de trabajo. El hilo se mueve siguiendo una trayectoria programada, permitiendo realizar **cortes precisos** y perfiles complejos en dos dimensiones. Este método es común en la fabricación de **troqueles, moldes** y componentes que requieren alta precisión.

Electroerosión por perforación

También conocida como **electroerosión por agujeros pequeños**, se emplea para perforar **orificios de diámetros muy reducidos** en materiales difíciles de mecanizar por métodos tradicionales. Es especialmente útil para iniciar cortes en electroerosión por hilo o para crear orificios en componentes **aeroespaciales y médicos**.

14.2.5. MECANIZADO POR CORTE POR CHORRO DE AGUA

El **corte por chorro de agua** es una técnica de mecanizado que utiliza un **chorro de agua a alta presión**, en ocasiones combinado con partículas abrasivas, para **cortar una amplia variedad de materiales**. Este proceso es especialmente valorado por ser un **método de corte en frío**, lo que significa que no genera zonas afectadas por el calor en el material procesado.

Ventajas del corte por chorro de agua:

- **Versatilidad:** Capaz de cortar materiales que van desde metales y piedras hasta vidrio y materiales compuestos.
- **Precisión:** Permite obtener cortes con tolerancias ajustadas y bordes de alta calidad, reduciendo la necesidad de procesos de acabado adicionales.
- **Ausencia de zona afectada por el calor (HAZ):** Al ser un proceso en frío, evita deformaciones o alteraciones en las propiedades del material debido al calor.
- **Respetuoso con el medio ambiente:** No genera residuos peligrosos y tanto el agua como el abrasivo pueden reciclarse.

Aplicaciones comunes:

- **Industria aeroespacial:** Mecanizado de componentes de alta precisión en aleaciones de aluminio y titanio.
- **Industria automotriz:** Corte de piezas internas y externas de vehículos, incluyendo paneles metálicos y materiales más blandos como alfombras.
- **Arquitectura y arte:** Creación de diseños complejos en piedra, vidrio y metal para aplicaciones decorativas y estructurales.

En resumen, el corte por chorro de agua es una técnica de mecanizado altamente eficiente y versátil, adecuada para una amplia gama de aplicaciones industriales y artísticas.



14.3. TIPOS DE HERRAMIENTAS DE MECANIZADO

14.3.1. PARA TORNEADO

MÁQUINA-HERRAMIENTA EMPLEADA: TORNO

En el proceso de **torneado**, la pieza gira sobre su eje mientras una herramienta de corte elimina material para darle la forma deseada. La selección de la herramienta adecuada es esencial para garantizar precisión y eficiencia en el mecanizado. A continuación, se describen las principales herramientas utilizadas en el torneado:

- **Herramientas de Desbaste y Acabado:** Las herramientas de desbaste eliminan rápidamente grandes cantidades de material, preparando la pieza para el acabado final. Por otro lado, las herramientas de acabado proporcionan superficies lisas y dimensiones precisas en la pieza terminada.
- **Herramientas de Refrentado:** Se emplean para mecanizar la cara frontal de la pieza, creando superficies planas perpendiculares al eje de rotación.
- **Herramientas de Ranurado y Tronzado:** Las herramientas de ranurado crean ranuras o canales de diversas formas y tamaños en la pieza, mientras que las de tronzado se utilizan para separar una sección de la pieza, cortándola completamente.
- **Herramientas de Roscado:** Diseñadas para cortar roscas en la superficie exterior o interior de la pieza, siendo esenciales para fabricar tornillos y tuercas.
- **Herramientas de Mandrinado:** Se emplean para ampliar o mejorar la precisión de agujeros previamente perforados, logrando diámetros internos exactos y acabados de alta calidad.
- **Herramientas de Moleteado:** Utilizadas para crear patrones en relieve en la superficie de la pieza, mejorando el agarre o con fines estéticos.
- **Herramientas de Biselado:** Sirven para crear chaflanes o biseles en los bordes de la pieza, facilitando el ensamblaje o mejorando la apariencia del componente final.



14.3.2. PARA TALADRADO

MÁQUINA-HERRAMIENTA EMPLEADA: TALADRADORA

El **taladrado** es un proceso de mecanizado que consiste en realizar perforaciones en una pieza mediante el giro de una herramienta cilíndrica llamada **broca**. Durante este proceso, la broca rota y avanza en dirección axial para cortar el material y generar un orificio. Es uno de los métodos más comunes en la fabricación, utilizado para crear agujeros de diversos diámetros y profundidades en materiales como metales, plásticos y maderas.

Tipos de Brocas:

- **Brocas de Acero al Carbono:** Adecuadas para materiales blandos como madera y plásticos.
- **Brocas de Acero Rápido (HSS):** Utilizadas para taladrar aceros de baja dureza y otros metales.
- **Brocas de Metal Duro (Carburo de Tungsteno):** Ideales para materiales duros y aplicaciones de alta producción, ofrecen mayor durabilidad y precisión.

Elementos Constitutivos de una Broca:

- **Longitud Total y de Corte:** Determinan la profundidad máxima de perforación.
- **Diámetro de Corte:** Corresponde al diámetro del orificio generado.
- **Ángulo de Corte y de la Hélice:** Influyen en la eficiencia del corte y la evacuación de virutas.
- **Material y Acabado:** Afectan la resistencia al desgaste y la fricción durante el taladrado.



14.3.3. PARA FRESADO

MÁQUINA-HERRAMIENTA EMPLEADA: FRESADORA

El **fresado** es un proceso de mecanizado en el cual una herramienta rotativa de múltiples filos, denominada **fresa**, corta material de una pieza fija para darle la forma deseada. Durante esta operación, la fresa gira a alta velocidad y se desplaza en diversas direcciones, permitiendo realizar cortes precisos y variados.

Tipos de Fresas y Sus Aplicaciones:

- **Fresas Cilíndricas:** Ideales para el mecanizado de superficies planas y desbastes. Dependiendo del dentado, pueden ser:
 - **Dentado Recto:** Para cortes bruscos.
 - **Dentado Helicoidal:** Proporciona cortes más suaves y progresivos.
- **Fresas Frontales:** Cuentan con dientes en la periferia y en la cara frontal, permitiendo el mecanizado de superficies planas y ranuras.
- **Fresas de Disco o Sierra:** Utilizadas para realizar cortes estrechos y profundos, como ranuras o separaciones.
- **Fresas de Ranurar en T y de Cola de Milano:** Diseñadas para crear ranuras específicas con perfiles en T o en cola de milano, comunes en ensamblajes mecánicos.
- **Fresas de Perfilar o de Forma:** Empleadas para reproducir perfiles complejos o contornos específicos en la pieza de trabajo.
- **Fresas de Ángulo:** Utilizadas para mecanizar superficies inclinadas o para crear chaflanes y biseles.



14.3.4. PARA ROSCADO

MÁQUINA-HERRAMIENTA EMPLEADA: FRESADORA

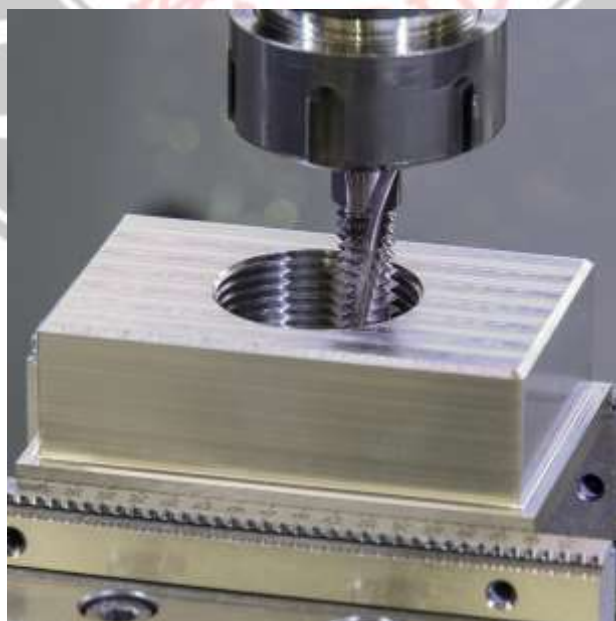
El **roscado** es un proceso de mecanizado destinado a crear roscas helicoidales de alta precisión, esenciales para la fabricación de elementos de sujeción como tornillos y tuercas. Dependiendo de la ubicación de la rosca, el proceso se clasifica en:

- **Roscado Interno:** Consiste en generar una rosca dentro de un orificio previamente perforado, formando lo que se conoce como tuerca.
- **Roscado Externo:** Implica la creación de una rosca en la superficie exterior de un cilindro, resultando en un tornillo.

Para llevar a cabo el roscado, se emplean principalmente dos tipos de herramientas:

1. **Machos de Roscado:** Son herramientas diseñadas para cortar roscas internas. Se insertan en el orificio y, mediante un movimiento rotativo, conforman la rosca deseada. Los machos son ideales para operaciones en serie y ofrecen alta precisión en materiales de dureza moderada.
2. **Fresas de Roscado:** Utilizadas tanto para roscas internas como externas, estas herramientas permiten una mayor flexibilidad en términos de tamaños y perfiles de rosca. El fresado de roscas es especialmente útil en materiales de alta dureza o cuando se requieren roscas de gran diámetro. Además, este método facilita la evacuación de virutas y reduce el riesgo de rotura de la herramienta.

La elección entre machos y fresas de roscado depende de factores como el tipo de material, el volumen de producción y la precisión requerida. Mientras que el uso de machos es más común en producciones de gran volumen y materiales menos exigentes, el fresado de roscas ofrece ventajas en términos de versatilidad y calidad en aplicaciones más complejas.



14.3.5. PARA AVELLANADO

MÁQUINA-HERRAMIENTA EMPLEADA: TALADRADORA O FRESADORA

El **avellanado** es un proceso de mecanizado que consiste en crear un **rebaje cónico o cilíndrico** en la entrada de un orificio previamente perforado, permitiendo que la cabeza de un tornillo o remache quede al ras o por debajo de la superficie de la pieza.

Tipos de Avellanadores:

- **Avellanador Cónico:** Herramienta con forma de cono utilizada para crear rebajes cónicos que alojan tornillos de cabeza avellanada.
- **Avellanador Cilíndrico (Contrataladro):** Emplea una herramienta de corte cilíndrica para generar rebajes de fondo plano, adecuados para tornillos de cabeza cilíndrica.
- **Avellanador Plano:** Diseñado para crear superficies planas alrededor de un orificio, facilitando el asiento de elementos de fijación con cabezas planas.

Consideraciones en el Avellanado:

- **Selección de la Herramienta Adecuada:** Es esencial elegir el tipo de avellanador que corresponda al diseño de la cabeza del tornillo y al material de la pieza.
- **Control de la Profundidad y el Diámetro:** Asegurar que el rebaje tenga las dimensiones precisas para que el tornillo se asiente correctamente sin comprometer la integridad de la pieza.
- **Velocidad y Avance Apropriados:** Ajustar estos parámetros según el material y el tipo de avellanador para obtener un acabado óptimo y prolongar la vida útil de la herramienta.



14.4. MATERIALES DE FABRICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CORTE PARA MECANIZADO

En el mecanizado, el rendimiento de las herramientas de corte depende en gran medida del material con el que están fabricadas. A continuación, se presentan los principales tipos de materiales utilizados en la fabricación de estas herramientas:

14.4.1. ACERO AL CARBONO

Es un material económico que se emplea en herramientas para trabajar a **bajas velocidades de corte**. Ofrece buena **resistencia a la abrasión** y permite realizar cortes definidos en materiales blandos. Sin embargo, su dureza se pierde a partir de los **200–250 °C**, lo que limita su uso en aplicaciones exigentes. Se usa en herramientas como **brocas helicoidales, fresas, herramientas de torneado y de conformado**, especialmente para cortar **aluminio, magnesio o latón**.

14.4.2. CARBURO CEMENTADO

Formado por partículas de **carburos de tungsteno, tantalio o titanio**, unidas mediante un aglutinante de **cobalto**, es uno de los materiales más comunes en herramientas de mecanizado actuales. Es extremadamente **duro y resistente al desgaste**, y mantiene sus propiedades a temperaturas superiores a los **1000 °C**, lo que lo hace ideal para **altas velocidades de corte**.

14.4.3. ACERO RÁPIDO (HSS)

Este material es una aleación de **acero con elementos como molibdeno, cromo o tungsteno**. Es más resistente al calor que el acero al carbono, pudiendo soportar hasta **650 °C**. Las herramientas HSS son muy comunes en **taladrado, torneado, fresado y brochado**, especialmente cuando se necesita una buena relación entre rendimiento y coste. Es habitual usarlo con **refrigerantes** para alargar su vida útil.

14.4.4. DIAMANTE

El **diamante policristalino (PCD)** es el material de corte más duro disponible. Tiene **altísima conductividad térmica, baja fricción, altísima resistencia a la abrasión y mínima expansión térmica**. Se utiliza para trabajos de **gran precisión**, como el mecanizado de **materiales no ferrosos, plásticos reforzados, grafito o cerámicas**, donde se requiere **un acabado superficial excelente**.

14.4.5. NITRURO DE BORO CÚBICO (CBN)

Es el segundo material más duro después del diamante. Aunque tiene prestaciones ligeramente inferiores al PCD, es ideal para mecanizar **aceros templados y materiales**

ferrosos difíciles, donde el diamante no es recomendable. Ofrece una **muy buena resistencia al desgaste** y se emplea en procesos de **rectificado y mecanizado de alta dureza**.

14.4.6. CERÁMICA

Las herramientas de corte fabricadas con **materiales cerámicos**, como el **óxido de aluminio (Al_2O_3)** y el **nitruro de silicio (Si_3N_4)**, destacan por su **alta dureza y resistencia al desgaste**. Estas características las hacen ideales para operaciones de mecanizado a **altas velocidades**, manteniendo su integridad incluso a temperaturas elevadas. Sin embargo, debido a su **fragilidad**, es esencial manejarlas con cuidado para evitar fracturas. Además, su **baja conductividad térmica** permite que, en muchos casos, no requieran el uso de refrigerantes durante el proceso de corte.

14.5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN MECÁNICA

En el **proceso de mecanizado**, es esencial utilizar **instrumentos de medición** para garantizar la **precisión y exactitud** de las piezas fabricadas. Estos instrumentos permiten realizar **mediciones y comparaciones de magnitudes**, asegurando que las **dimensiones** de las piezas cumplan con las **especificaciones** requeridas.



14.5.1. FUNDAMENTO TEÓRICO DE MEDICIÓN

Medir una **magnitud** implica determinar cuántas veces contiene a otra de la misma especie que se toma como **unidad**. Aunque esta operación puede parecer sencilla, en la práctica es más delicada cuanto mayor sea la **precisión** requerida en la medida. Las magnitudes nunca se pueden medir con exactitud absoluta; el número obtenido siempre

será una **aproximación**. La precisión de una medida dependerá del **error** cometido al realizarla. Por ello, es fundamental utilizar **instrumentos de medición** adecuados, ya que son imprescindibles para el desarrollo productivo en los procesos de mecanizado de piezas metálicas.

14.5.2. CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Los **instrumentos de medición mecánica** se clasifican en tres categorías principales:

- **Medidores:** Aparatos que comparan la dimensión deseada con una unidad de medida. Ejemplos: **reglas, flexómetros, calibres**.



- **Comparadores:** Instrumentos utilizados para detectar diferencias mínimas entre dimensiones. Ejemplo: **relojes comparadores**.



- **Verificadores:** Herramientas que no miden directamente, sino que comprueban si una dimensión se encuentra dentro de ciertos límites establecidos. Ejemplo: **galgas**.



14.5.3. TIPOS DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN MECÁNICA

Micrómetro

Instrumento de alta precisión basado en un tornillo micrométrico, capaz de medir dimensiones con exactitud de **centésimas (0,01 mm)** y **milésimas de milímetro (0,001 mm)**.



Calibre o pie de rey

Herramienta versátil para medir dimensiones **externas**, **internas** y **profundidades**, con precisión de hasta **0,02 mm**.



Regla graduada

Instrumento básico de medición, fabricado en **metal**, **madera** o **plástico**, con escalas en **centímetros** y **milímetros**, comúnmente de hasta **un metro de longitud**.



Reloj comparador

Dispositivo utilizado para comparar **diferencias mínimas** en **dimensiones**, esencial en la **verificación de piezas mecanizadas**.



Goniómetro

Instrumento diseñado para medir **ángulos**, comprobar **conos** y facilitar la **puesta a punto de máquinas-herramienta** en talleres de mecanizado



Cinta métrica

Herramienta flexible construida en **lámina de acero**, **aluminio** o **materiales compuestos**, disponible en longitudes de **10 a 100 metros**, utilizada para medir **distancias mayores**.



Compás

Instrumento de **variados usos**, empleado principalmente para comprobar **espesores** y **dimensiones internas**, así como para verificar **paralelismos** en procesos de mecanizado.



Manómetro

Dispositivo utilizado para medir la **presión en fluidos**, determinando la diferencia entre la **presión del fluido** y la **presión atmosférica local**



Galgas

Elementos empleados para verificar cotas con tolerancias estrechas en piezas mecanizadas en serie, asegurando que las dimensiones se encuentren dentro de los límites especificados.



14.6. MAQUINAS HERRAMIENTAS

14.6.1. FRESADORA

Una **fresadora** es una **máquina herramienta** utilizada en el **mecanizado por arranque de viruta**. Funciona mediante una **herramienta rotativa de múltiples filos de corte**, conocida como **fresa**, que elimina material de la pieza de trabajo para darle la forma deseada. Las fresadoras pueden trabajar con diversos materiales, incluyendo **madera, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos**. Permiten mecanizar superficies **planas, curvas, ranuras, dientes de engranajes**, entre otras formas complejas. Dependiendo del tipo de fresadora y de la operación, la pieza puede moverse acercándose a la herramienta o mantenerse fija mientras la fresa realiza el corte.



Control numérico por computadora en fresadoras (CNC)

Las **fresadoras CNC** (Control Numérico por Computadora) han revolucionado el mecanizado al permitir una **automatización programable** de la producción. Estas máquinas son especialmente útiles en la fabricación de piezas **sencillas en volúmenes medios** y de piezas **complejas en volúmenes medios y bajos**. La principal ventaja del CNC es la capacidad de cambiar rápidamente de un modelo de pieza a otro mediante la **modificación del programa** correspondiente y la **adaptación de las herramientas y**



sistemas de sujeción necesarios. En producciones en serie, el CNC facilita la **robotización de la alimentación y retirada de las piezas mecanizadas**. Existen varios lenguajes de programación CNC para fresadoras, destacando el **ISO, HEIDENHAIN, Fagor y Siemens**. Para desarrollar programas CNC, se utilizan **simuladores** que permiten verificar la secuencia de operaciones antes de la producción real.

Tipos de fresadoras

Tipos de Fresadoras

Las fresadoras se pueden clasificar según la **orientación del eje de giro** de la herramienta y el **número de ejes de operación**:

- **Según la orientación de la herramienta:**
 - **Fresadora Horizontal:** La fresa se monta en un eje horizontal y la pieza se mueve en dirección perpendicular al eje.
 - **Fresadora Vertical:** La fresa se monta en un eje vertical, permitiendo cortes en dirección vertical u oblicua.
 - **Fresadora Universal:** Combina características de las fresadoras horizontales y verticales, ofreciendo mayor versatilidad.
- **Fresadoras Especiales:**
 - **Fresadoras Circulares:** Diseñadas para mecanizar superficies circulares o cilíndricas.
 - **Fresadoras Copiadoras:** Utilizan un modelo o plantilla para reproducir formas específicas en la pieza de trabajo.
 - **Fresadoras de Pórtico:** Poseen una estructura en forma de pórtico que permite mecanizar piezas de gran tamaño.
 - **Fresadoras de Puente Móvil:** Similar a las de pórtico, pero con el puente que sostiene la fresa capaz de moverse, aumentando la flexibilidad.
 - **Fresadoras para Madera:** Especializadas en el mecanizado de piezas de madera, adaptadas a las características de este material.
- **Según el número de ejes:**
 - **3 Ejes:** Movimientos en los ejes X, Y y Z, adecuados para operaciones básicas de fresado.
 - **4 Ejes:** Añaden un eje rotativo, permitiendo mecanizar piezas más complejas.
 - **5 Ejes o más:** Ofrecen movimientos adicionales, permitiendo mecanizar geometrías complejas en una sola configuración.

La elección del tipo de fresadora depende de las **necesidades específicas del mecanizado** y de la **complejidad de las piezas** a fabricar.

14.6.2. TORNO

Un **torno** es una **máquina-herramienta** destinada al **mecanizado de piezas por revolución**, permitiendo **roscar, cortar, agujerear, cilindrar, desbastar y ranurar**. Su funcionamiento se basa en **hacer girar la pieza de trabajo**, mientras una o varias herramientas de corte avanzan contra su superficie, eliminando material en forma de **viruta**, bajo condiciones tecnológicas previamente definidas. La pieza se fija al **cabezal (chuck)** o entre **puntos de centraje**, y las herramientas se mueven con precisión controlada.



Control numérico por computadora en tornos (CNC)

El **control numérico** permite automatizar el torno mediante **instrucciones codificadas** con letras, números y símbolos. Estas instrucciones definen un **programa de mecanizado** que puede modificarse fácilmente según la pieza a fabricar, lo que hace del torno CNC una herramienta ideal para **producciones bajas o medias** de alta precisión.

Tipos de Torno

Torno paralelo

Es el torno tradicional, base de muchas operaciones de mecanizado. Se caracteriza por su versatilidad y facilidad de uso.



Torno copiador

Utiliza un sistema hidráulico/electrónico para reproducir piezas siguiendo una plantilla guía.



Torno revolver

Diseñado para **reducir el tiempo de mecanizado**, ya que permite trabajar con **múltiples herramientas** al mismo tiempo.



Torno automático

Totalmente automatizado, **alimenta la barra de trabajo** y realiza el mecanizado sin intervención del operario.



Torno vertical

Pensado para **piezas grandes y pesadas**. La pieza se fija en un **plato horizontal** y se manipula con grúas. No necesita contrapunto.



Torno CNC

Controlado por ordenador, **realiza operaciones de alta precisión** mediante un programa informático. Ideal para series largas y piezas de revolución complejas. Controla velocidad, avance y dimensiones sin intervención directa del operario.



Estructura del torno

Bancada: Estructura base que **soporta todos los elementos** del torno. Tiene guías para el desplazamiento del contrapunto y el carro.

Cabezal fijo: Contiene el **motor, engranajes**, y el **husillo**, que gira la pieza. Controla también la **velocidad y sentido de giro**.

Contrapunto: Se desliza por la bancada y sirve de **soporte adicional** para piezas largas, o para **brocas** si se desea taladrar.

Carro portátil: Compuesto por el **carro principal (movimiento longitudinal)**, el **carro transversal** y el **carro superior (orientable)**, que porta la herramienta.

Cabezal giratorio (chuck): Sujeta la pieza a mecanizar. Puede ser de **tres mordazas universales**, **cuatro mordazas independientes**, **chuck magnético** o de **seis mordazas**, dependiendo de la necesidad.

14.6.3. TALADRO

El **taladro** es una de las **máquinas-herramienta más antiguas**, junto con el torno. Su función principal es **realizar perforaciones** en diversos materiales mediante el **giro de una herramienta de corte**, generalmente una **broca**, mientras la pieza a trabajar permanece **fija y sujeta** por una prensa o mordaza. Además de perforar, los taladros pueden efectuar operaciones como **avellanar** y **escariar**, utilizando herramientas específicas para cada tarea.



Tipos de Taladros

- **Taladro de Mano:** Herramienta portátil utilizada para perforaciones en materiales de menor dureza. Su funcionamiento puede ser manual o eléctrico.
- **Taladro de Columna:** También conocido como **taladro de banco**, es una máquina fija que permite realizar perforaciones precisas. Consta de una base, una columna, una mesa ajustable y un cabezal donde se instala la broca.
- **Taladro Radial:** Diseñado para trabajar con piezas de gran tamaño, posee un brazo móvil que permite posicionar la broca en diferentes ubicaciones sin necesidad de mover la pieza.
- **Taladro de Percusión o Martillo:** Combina el movimiento rotativo con golpes en la dirección del eje, facilitando la perforación en materiales duros como el concreto.
- **Taladro Inalámbrico:** Funciona con baterías recargables, ofreciendo movilidad y versatilidad en trabajos donde no se dispone de una fuente de energía cercana.

Punteadoras

Un tipo especial de taladradora son las **punteadoras**, que operan con **pequeñas muelas de esmeril** u otros materiales abrasivos. Se utilizan para **operaciones de alta precisión**, alcanzando **altas velocidades de giro**.

14.6.4. PULIDORA

La **pulidora** es una **máquina-herramienta** diseñada para mejorar el acabado superficial de diversos materiales mediante la eliminación de imperfecciones y la obtención de un brillo uniforme. Funciona mediante un **disco abrasivo** que gira a alta velocidad, eliminando material de la pieza de trabajo sin necesidad de ejercer una presión mecánica significativa.



Usos principales de la pulidora

- **Acabados de precisión:** Permite obtener superficies lisas y brillantes en materiales como metal, madera, plástico y vidrio, siendo esencial en industrias como la automotriz y la ebanistería.
- **Eliminación de impurezas:** Utilizada para remover óxido, pintura y otras impurezas superficiales, restaurando la apariencia original de las piezas.
- **Corrección de defectos:** Corrige arañazos y otras imperfecciones menores, mejorando la calidad estética y funcional de la superficie tratada.

Tipos de pulidoras

- **Pulidoras angulares:** Ideales para cortar y desbastar materiales como metal, concreto o piedra, permitiendo trabajar en espacios reducidos.
- **Pulidoras orbitales:** Perfectas para pulir superficies grandes como automóviles, muebles o pisos de madera, proporcionando un acabado uniforme.
- **Pulidoras de banco:** Fijas a una superficie, son útiles para trabajos precisos en piezas pequeñas, como joyería o detalles finos.
- **Pulidoras excéntricas:** Combinan rotación y movimiento orbital para un pulido uniforme, ideales para acabados finos en vehículos o muebles.
- **Pulidoras de superficie:** Diseñadas para trabajos delicados en madera, plástico o metal ligero, ofreciendo control y precisión.
- **Pulidoras de disco:** Versátiles, con variados discos de pulido para adaptarse a distintos materiales y propósitos.

Componentes principales de una pulidora

- **Mango ergonómico:** Proporciona comodidad y control durante su uso.
- **Carcasa metálica:** Aloja el motor y otros componentes internos, protegiéndolos y asegurando durabilidad.
- **Disco abrasivo:** Elemento rotatorio encargado del pulido, disponible en distintas graduaciones según la necesidad.
- **Cable flexible:** Suministra energía eléctrica y debe estar adecuadamente aislado para garantizar la seguridad.

14.7. MATERIALES UTILIZADOS EN MECANIZADO

En el mecanizado, la elección del material es crucial para determinar la eficiencia del proceso y la calidad del producto final. A continuación, se detallan los principales materiales empleados:

14.7.1. ACERO

El **acero** es uno de los materiales más comunes en mecanizado, y su maquinabilidad varía según su composición y tratamiento.



- **Aceros al Carbono:** Clasificados según su contenido de carbono:
 - **Bajo Carbono ($\leq 0,30\%$):** Ofrecen buena maquinabilidad y ductilidad, pero menor resistencia mecánica. Son ideales para piezas que requieren conformado y soldadura.
 - **Medio Carbono (0,31% - 0,60%):** Presentan un equilibrio entre resistencia y ductilidad, adecuados para componentes como ejes y engranajes.
 - **Alto Carbono (0,61% - 1,50%):** Poseen alta dureza y resistencia al desgaste, pero son menos maquinables y más frágiles. Se utilizan en herramientas de corte y resortes.
- **Aceros Aleados:** Contienen elementos como cromo, molibdeno y níquel, mejorando propiedades como resistencia y tenacidad. Por ejemplo, el **42CrMo4** es conocido por su alta resistencia y tenacidad, aunque su maquinabilidad es más compleja debido a su dureza.
- **Aceros Inoxidables:** Caracterizados por su resistencia a la corrosión, contienen cromo y níquel. Su maquinabilidad es desafiante debido a su dureza y baja conductividad térmica, lo que genera más calor durante el corte. Es esencial utilizar herramientas adecuadas y parámetros de corte óptimos para su mecanizado.

14.7.2. ALUMINIO

El **aluminio** es un material ligero y de fácil mecanizado, caracterizado por su alta conductividad térmica y formación uniforme de virutas. Las aleaciones de aluminio son ampliamente utilizadas en las industrias automotriz y aeroespacial debido a su combinación de alta resistencia y baja densidad. Además, presentan buena maquinabilidad con un consumo energético reducido.



14.7.3. COBRE Y ALEACIONES DE COBRE

El **cobre** destaca por su excelente conductividad eléctrica y térmica, lo que lo hace indispensable en equipos eléctricos y sistemas de refrigeración. Es relativamente fácil de mecanizar; sin embargo, para operaciones que requieren alta precisión superficial, es esencial utilizar herramientas de corte adecuadas y controlar parámetros como la velocidad de corte y la lubricación.



14.7.4. TITANIO

Las aleaciones de **titanio** ofrecen una notable relación resistencia-peso y resistencia a la corrosión, pero presentan desafíos en el mecanizado debido a su baja conductividad térmica, lo que genera acumulación de calor en la zona de corte. Esto puede provocar un desgaste acelerado de las herramientas y deformaciones en la pieza. A pesar de su difícil maquinabilidad, el titanio es preferido en implantes médicos y en la industria aeroespacial por su biocompatibilidad y durabilidad.



14.7.5. PLÁSTICO

Los **plásticos técnicos** son más fáciles de mecanizar que los metales, pero requieren consideraciones especiales debido a su menor resistencia térmica. Es recomendable utilizar velocidades de corte más bajas y herramientas afiladas para evitar deformaciones o daños en la estructura del material. Los plásticos mecanizados se emplean en diversas aplicaciones, desde componentes médicos hasta piezas en la industria electrónica.



14.7.6. HIERRO FUNDIDO

El **hierro fundido** es conocido por su dureza y resistencia, siendo comúnmente utilizado en la fabricación de componentes de maquinaria pesada. Su maquinabilidad es variable; las variantes más blandas, como el hierro fundido gris, son más fáciles de mecanizar, mientras que las más duras, como el hierro dúctil austemperado, presentan mayores desafíos. La formación de virutas pequeñas facilita el proceso de corte, pero es esencial seleccionar herramientas y parámetros adecuados para cada tipo de fundición.



Uso de contenidos, fuentes y derechos de autor

1. Finalidad del presente material

El presente documento forma parte de un material didáctico elaborado exclusivamente con fines educativos y sin ánimo de lucro. Está destinado a su libre distribución para ser utilizado en contextos formativos, para la enseñanza y el aprendizaje de contenidos técnicos.

No está permitido su uso con fines comerciales.

2. Uso de fuentes externas

Para el desarrollo de este temario se han utilizado diversas fuentes de información, tales como:

- Manuales técnicos y libros especializados
- Documentación institucional (Ministerio de Educación, BOE, INTEF, etc.)
- Sitios web de acceso público (Wikipedia, blogs técnicos, foros especializados)
- Artículos académicos y divulgativos
- Imágenes y gráficos procedentes de bancos de imágenes libres o de dominio público

Siempre que ha sido posible, respetando el derecho moral de autoría.

3. Derecho de cita y uso educativo

De acuerdo con lo dispuesto en la **Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996)** en su artículo 32, se permite la inclusión de fragmentos de obras ajenas en materiales educativos **cuando se cumplan los siguientes requisitos:**

- La inclusión tiene un **propósito de ilustración con fines educativos**.
- Se utiliza **solo la parte necesaria** del contenido, no la obra completa.
- El uso se realiza **sin fines lucrativos**.

Este temario respeta estos principios en su totalidad. Cuando se han utilizado contenidos protegidos por derechos de autor, se ha hecho conforme a los límites legalmente establecidos o mediante el uso de licencias abiertas.

4. Contenido con licencias abiertas

Algunas imágenes, gráficos o textos utilizados en este documento se encuentran bajo licencias de uso libre (Creative Commons, dominio público u otras licencias abiertas). Estas licencias permiten su uso y adaptación siempre que se respete la condición de atribución cuando corresponda.

Por ejemplo, algunas imágenes han sido extraídas de:

- Wikimedia Commons
- Pixabay.com
- Unsplash.com
- Documentación oficial y normativa del Ministerio de Educación

5. Peticiones de modificación o retirada

Si algún autor, creador o entidad considera que el uso de su contenido no ha sido adecuado o desea solicitar su retirada o modificación, puede comunicarse con Solidaridad Obrera. Se revisará la situación y se aplicarán los cambios pertinentes con la mayor brevedad posible.

6. Agradecimientos

Se agradece a todos los autores, instituciones y plataformas que comparten contenido educativo de libre acceso, facilitando el aprendizaje y la formación técnica de calidad para todos.