

**MATERIALES Y MÉTODOS
PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE EDIFICACIONES**

ING. ARQ. FEDERICO FREITES

**MATERIALES Y MÉTODOS
PARA LA CONSTRUCCION
DE EDIFICACIONES
ING.ARQ.FEDERICO G. FREITES NOBOA**

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA

MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES

APROBACION POR LA UNPHU:

AAO. MIGUEL FIALLO C.

RECTOR

COORDINACIÓN EDICIÓN:

AAO. DIANA LA PAIX DE READ

DECANA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y ARTES

AAO. ILHA MENDOZA

ENCARGADA ASUNTOS EGRESADOS UNPHU

CORRECCIÓN TÉCNICA Y ESTILO:

AAO. ANA MARIA FERREAS

DISEÑO DE LA PORTADA:

MARIA ISABEL TEJEDA

EDITORIA:

AMIGO DEL HOGAR

IMPRESO EN SANTO DOMINGO, REPUBLICA DOMINICANA

DICIEMBRE 2006

Dedicatoria

*Dedico esta obra a mi esposa Josefina,
a mis hijos, Eduardo y especialmente a Carlos,
por su dedicación en la transcripción de este libro.*

PRESENTACIÓN

El conocimiento del comportamiento de los materiales y el funcionamiento de los métodos en la construcción, brinda al estudiante y al profesional las herramientas necesarias para poder planificar y ejecutar con más objetividad los proyectos que llevan a cabo en el campo de las edificaciones. Para que esto sea posible es necesario que se tenga el apoyo de suficiente bibliografía para realizar con propiedad dicha planificación y ejecución. Lo que significa que desde el estudiante hasta el profesional deben recibir formación en el conocimiento de los materiales y métodos de construcción para poder lograr satisfactoriamente los objetivos que se proponen, y además, deben continuar estudiando para mantenerse actualizados con los últimos avances tecnológicos que surgen constantemente en este campo.

El autor, firmemente convencido de que en nuestro país son escasos los libros que se refieren a este tema y que los mismos no utilizan los términos usados en nuestro medio. En el campo de la construcción, ha tratado de llenar este vacío recopilando y enriqueciendo todo lo concerniente a esta actividad en la República Dominicana, de una manera sencilla y clara, basándose en su experiencia docente y su práctica profesional.

El libro está estructurado en capítulos que siguen la secuencia lógica con la que se realizan las obras de construcción, desde su inicio hasta la conclusión de la misma. De esta forma el autor presenta una clara visualización del proceso constructivo y de los diferentes materiales que se requieren en las distintas etapas para la construcción de edificaciones.

El contenido de esta obra promueve el autoaprendizaje a nivel individual y colectivo, y puede ser utilizado como libro de texto en instituciones educativas o como obra de consulta en oficinas de profesionales del diseño y la construcción.

Arq. Jesús Hernández Ruiz

INDICE

Capítulo	Título	Página
	<i>Índice</i>	<i>i</i>
	<i>Introducción</i>	<i>ii</i>
1	<i>Nociones Preliminares</i>	1
2	<i>Movimiento de Tierras</i>	5
3	<i>Fundaciones</i>	9
4	<i>Replanteo y Excavación</i>	13
5	<i>Agglomerantes</i>	17
6	<i>Morteros</i>	20
7	<i>Concretos</i>	22
8	<i>Zapatas</i>	31
9	<i>Materiales de Mampostería</i>	33
10	<i>Muros</i>	37
11	<i>Muros Moldeados</i>	42
12	<i>Relleno</i>	45
13	<i>Vigas y Losas de Concreto</i>	46
14	<i>Concreto Pre-comprimido</i>	49
15	<i>Prefabricación</i>	51
16	<i>Impermeabilización</i>	54
17	<i>Hierro y Acero</i>	59
18	<i>Madera</i>	64
19	<i>Cubiertas</i>	83
20	<i>Escaleras y Rampas</i>	91
21	<i>Estereoestructuras</i>	99
22	<i>Aislamiento Térmico</i>	106
23	<i>Aluminio</i>	116
24	<i>Vidrio</i>	125
25	<i>Ventanas</i>	133
26	<i>Puertas</i>	139
27	<i>Marcos</i>	144
28	<i>Herrajes</i>	146
29	<i>Acústica</i>	154
30	<i>Pisos</i>	164
31	<i>Panderetas y Calados</i>	179
32	<i>Revestimientos</i>	187
33	<i>Plafones</i>	194
34	<i>Teoría de Colores</i>	197
35	<i>Pinturas</i>	200
36	<i>Plásticos</i>	207
37	<i>Transporte Vertical</i>	216
38	<i>Izamientos</i>	226
	<i>Bibliografía</i>	229
	<i>Lista de Egresados Patrocinadores</i>	230

INTRODUCCIÓN

Durante los muchos años de impartir la cátedra de Materiales y Métodos de Construcción en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña siempre noté la falta de un libro que tratase la materia de modo que se adapte mejor a nuestro medio, empleando los términos que se usan en el campo de la construcción, que sean comprensibles a nuestros operarios, carpinteros, albañiles, etc. y no emplear una nomenclatura que sólo la entienda un aparejador español o un profesionalista mejicano.

Otra de las motivaciones que me ha impulsado a recopilar estas notas, es la de clasificar los materiales y métodos de construcción que empleamos, haciendo resaltar las ventajas y las desventajas que ofrece cada uno, de modo que el Arquitecto o el Ingeniero Constructor pueda seleccionar el más conveniente en cada caso; sobre todo, que sepa escoger los que no van a ocasionar problemas en el futuro. Todos tienen su punto flojo; si un material o un método de construcción fuese superior a otro en todo, este último ya hubiera desaparecido, como ha sucedido con la iluminación de gas o con los muros de tapia. No es posible hacer esto en forma exhaustiva y completa porque, además de la gran diversidad de los existentes, hay un flujo constante de nuevos materiales y de nuevos métodos de construcción que salen al mercado a competir con los tradicionales. Es riesgoso poner nuestra reputación en línea especificando algo que aún no ha sido abundantemente comprobado, pero es la única forma de dar paso al progreso y no quedarnos anquilosados en las mismas rutinas.

La construcción es lo que completa y da forma permanente al proceso arquitectónico. Sin este paso terminaríamos con perspectivas a color muy impactantes, preciosas maquetas minuciosamente terminadas o un muy completo juego de planos y especificaciones. Esto solo no es Arquitectura. Sólo la creación del espacio físico, habitable, delimitado por pisos, paredes y techos, es lo que completa el ciclo que va desde la chispa creativa que engendra la idea en la mente del diseñador, hasta que finalmente se plasma en la edificación terminada.

La secuencia que se sigue en este libro es la del proceso de construcción de una obra de mampostería. Primero, los estudios preliminares del terreno, luego las fundaciones, paredes, entresijos y techos, lo que completa la obra bruta; y después los pisos, puertas, ventanas y recubrimientos, que constituyen la obra terminada. En cada caso, he tratado de ir desde lo más simple y primitivo hasta lo más complejo y sofisticado, aunque, en algunos casos, estos materiales o métodos no hayan llegado aún a nuestro medio. Siempre trato de apuntar los errores que cometemos al usar algunos de nuestros métodos tradicionales, y al ignorar los controles de calidad, tan necesarios para la integridad y la durabilidad de la obra.

Para los materiales, primero analizamos el modo de obtenerlos, luego sus características, ventajas y desventajas y, finalmente, su aplicación en la obra. En algunos casos, como el de la madera, por ejemplo, puede aparecer la explicación de su obtención, su descripción como material estructural y su uso como material decorativo.

Las instalaciones sanitarias, eléctricas y mecánicas sólo se tratarán someramente. Éstas conllevan estudios muy especializados, que se salen del alcance de este libro, y que requieren los servicios de Ingenieros Consultores para cada una de esas ramas.

1. NOCIONES PRELIMINARES

1.1 GEOLOGÍA

El estudio de los materiales de construcción debe comenzar con el más ubicuo de todos, el que afecta todas las edificaciones: el suelo. El continuo proceso geológico de formación y modificación influye notablemente, no sólo durante el proceso de construcción, sino durante toda la vida útil del edificio.

Bastante bien comprobadas están las teorías del movimiento de los continentes. Sabemos que lo que tomamos por tierra firme, es, en realidad, una ligera costra dura y resquebrajada que flota y se mueve sobre un magma pastoso e incandescente. Porciones de esta costra, llamadas **placas tectónicas**, interactúan unas con otras, unas veces deslizándose paralelamente, pero en dirección contraria una de la otra, otras veces hundiéndose bajo aquélla, fundiéndose con el magma subyacente, para luego salir por las fisuras mid-oceánicas, empujando y contribuyendo a separar las otras placas. En todos estos bordes de interacción siempre hay actividades sísmicas o volcánicas, como se comprueba en toda la costa occidental del continente americano, o en el archipiélago japonés.

Nuestra isla está ubicada en la Placa del Caribe, como se muestra en la Figura 1.1, bajo cuyo borde oriental se hunde la gran Placa del Atlántico. En la denominada Trincheras de Puerto Rico está la

fosa más profunda de este hemisferio: la de Milwaukee, llamada así porque desde este cruceo norteamericano se hicieron los sondeos que la descubrieron y determinaron su profundidad. De los dos ramales de la falla, uno pasa al sur de la cordillera septentrional saliendo por Montecristi y el otro por el valle de Azua pasando por el lago Enriquillo y la laguna del Fondo, saliendo por Puerto Príncipe. Las ruinas de Jacagua en Santiago, las de la Concepción de la Vega y las de Pueblo Viejo en Azua son muestras de las actividades sísmicas que han azotado estas zonas durante nuestro período histórico.

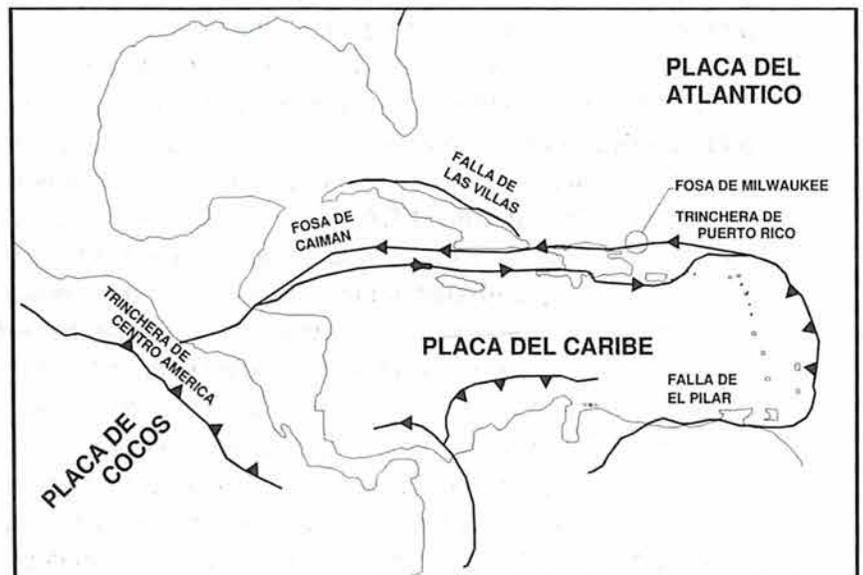


Figura 1.1

Estos movimientos telúricos han originado las grandes cadenas de montañas, unas más nuevas y activas, como los Andes y las Montañas Rocosas y otras más antiguas como nuestras cordilleras y los Apalaches de Norteamérica, que ya han sido desgastadas por la acción de las aguas y los vientos. También modifican la estructura y composición de las rocas, como veremos más adelante, someténdolas a grandes presiones y a altas temperaturas.

1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS

Las rocas pueden clasificarse de acuerdo a su composición mineralógica, de acuerdo a su origen y el modo en que se formaron y según su grado de dureza. Los minerales más abundantes en la corteza terrestre, aparte del oxígeno, son el silicio y el aluminio. De ahí su nombre científico de **SIAL** o **LITOSFERA**, de unos 70 Kms. de espesor. Estos tres minerales se combinan entre sí, y con trazas de otros, para formar toda la gama de los diferentes tipos de terrenos que existen sobre la faz de la tierra. Rara vez se encuentran puros en estado natural, como el cristal de roca, que es sólo silicio; combinado con oxígeno, forma el **cuarzo**, principal constituyente de las rocas. El **feldespato** es un silicato aluminocálcico, cuya meteorización produce las arcillas. La **bauxita** es un óxido de aluminio combinado con silicio, hierro y titanio (lo que le da su característico color rojizo) y es la principal materia prima para la obtención del aluminio puro. El silicio, que es uno de los minerales más estables y duraderos que hay en la naturaleza, le confiere estas propiedades a las rocas de las que forma parte, de acuerdo al porcentaje en que entre en su composición.

Los geólogos han clasificado las rocas de acuerdo a su origen en:

- 1.- Ígneas
- 2.- Sedimentarias
- 3.- Metamórficas

Las rocas **ígneas** o **volcánicas** se han producido por el enfriamiento del magma, ya en el interior de la corteza terrestre, formando las de profundidad; saliendo al aire, como en las volcánicas o eruptivas; o rellenando fisuras entre otras rocas como en las filoneas. El ejemplo típico de las primeras es el **granito**, muy usado en construcción por su dureza, durabilidad y belleza, de las segundas sería la **piedra pómez**, que se usa como agregado en hormigones ligeros; de las terceras es el **pórfido** poco usado por su dureza y difícil labra. Se piensa que estas rocas, silicatos magnésicos en su mayoría, son los principales componentes de la capa interior de la tierra, sobre la cual flota la litosfera, y que se denomina **SIMA** o **PIROSFERA**, y que tiene unos 300 kms. de espesor. En los siguientes 330 kms. hasta el centro de la tierra estarían los minerales más densos, como el hierro y el níquel, por lo cual esa capa se denomina **NIFE** o **BARISFERA**. Como vemos, la corteza donde habitamos tiene apenas un 10% de espesor con relación al radio de la tierra, lo que equivale a la cáscara en una naranja.

Las rocas **sedimentarias**, como su nombre lo indica, se forman por los sedimentos producidos por la erosión de las otras rocas, cuyos fragmentos se depositan en el fondo de las aguas tranquilas. Los movimientos telúricos y la infiltración de elementos cementicios las endurecen y terminan formando las capas o estratos que caracterizan este tipo de rocas. Como ejemplo están las **pizarras**, y el **yeso**. Una variante son las **calizas**, formadas por la acumulación de los esqueletos, ricos en calcio, de los corales marinos, y que constituyen la mayor parte de nuestros terrenos. Se encuentran principalmente en el litoral costero pero hay abundantes indicios hasta en nuestras montañas más altas. De acuerdo con el material cementante y a las presiones a que haya sido sometida, su dureza puede variar desde el polvo impalpable del **caliche**, los mampuestos usados durante la época colonial, que se podían cortar con serrucho, hasta la famosa **mulata**, a la cual los martillos neumáticos apenas hacen mella. Las rocas **metamórficas** se forman cuando las anteriormente mencionadas se sujetan a las altas presiones y temperaturas existentes en las profundidades de la tierra. Se cambia su composición mineralógica y su estructura molecular. Sus características varían de acuerdo a las rocas originales, a las presiones y temperaturas a las que hayan estado sujetas y al tiempo en que hayan estado bajo estas condiciones. El ejemplo más importante para nosotros es el **mármol**, que es una caliza metamórfica cristalizada, con inclusión de otros minerales como mica, óxidos de hierro y de manganeso, grafito, etc., los que le dan un

veteado y colorido característicos.

Cuando la piedra es triturada, es decir, que tiene sus aristas vivas, a la **grava** se le llama **granza** y **grancilla** a la **gravilla**. Al conjunto de rocas de diversos tamaños, tal como sale de la mina o del lecho del río, se le denomina **cascajo**, que se usa como sub-base para carreteras o como agregado único en los hormigones para obras de poca importancia. También la forma de los granos influye en el comportamiento de los suelos. Los arenosos tienen forma casi esférica, lo que los hace menos cohesivos al tener menos puntos de contacto unos con otros; las arcillas, en cambio, son más cohesivas porque están formadas de granos achatados.

Bajo la acción del viento, de las corrientes de agua, y de las heladas en otras regiones, las rocas se van disgregando y, sobre todo al ser arrastradas en los ríos, van redondeándose y perdiendo sus aristas. Las más duras, generalmente con mayor contenido de silicio, se convierten en arenas y las más blandas, con menos silicio y más óxidos de aluminio, forman los polvos y las arcillas. Podemos clasificarlas según la tabla siguiente:

Denominación	Dimensión mayor en mm.
Cienos y coloides	0.0000001 a 0.0001
Arcilla	0.0001 a 0.002
Polvo y Limo	0.002 a 0.2
Arena	0.2 a 5
Gravilla fina	5 a 15
Gravilla gruesa	15 a 30
Grava	30 a 100
Callao	100 a 500
Peñón	>500

1.3 EXPLORACIÓN DEL TERRENO

El conocimiento de las características físicas del terreno, su ubicación, accesibilidad, orientación, topografía y su capacidad de resistir cargas, deben ser bien conocidas antes de proceder al diseño de un edificio. El Propietario, nuestro cliente, debe proporcionarnos los siguientes documentos:

- 1.- Título de Propiedad
- 2.- Plano Catastral

Estos son requeridos por las Autoridades para poder obtener el Permiso de Construcción, y además, nos suplen parte de la información arriba mencionada. Si el terreno es accidentado o para un proyecto grande, debe hacerse un plano de altimetría para determinar las curvas de nivel. De ser posible, las cotas deben estar referidas al nivel del mar, atadas a los **bm** del Instituto Cartográfico y Geodésico; así se nos facilitará relacionarlas con los perfiles de carreteras y calles, y con las redes de drenajes sanitarios y pluviales. Es recomendable que se comprueben los vértices del plano catastral para asegurarse que no se han movido o perdido los **bornes**, en cuyo caso deberán ser nuevamente colocados por los topógrafos.

El plano catastral, además de los rumbos y distancias de la poligonal y el área de la parcela, debe tener la ubicación de los postes del alumbrado, de los imbornales y registros del desagüe pluvial y

los registros del alcantarillado sanitario, con sus cotas referidas al nivel del mar.

Cualquiera que sea la importancia del proyecto, es imprescindible visitar el terreno. Allí podemos observar su naturaleza y características, brisas predominantes, las construcciones aledañas, las mejores vistas y la accesibilidad. Observar cuidadosamente las edificaciones cercanas para detectar cualquier rajadura, asentamiento excesivo, señales de inundaciones, etc. lo que nos encendería una luz roja para advertir al propietario de los problemas que podría haber en el futuro. Esta inspección debe hacerse antes de la compra definitiva del solar; a veces resulta más económico comprar otro de mayor costo, pero con menos problemas potenciales.

En obras de poca importancia, se puede estudiar la estratigrafía del terreno excavando pozos poco profundos, de dos o tres metros, de cuyas paredes podemos extraer muestras inalteradas para analizarlas en el laboratorio. En construcciones de importancia o cuando sabemos, por el área donde está ubicada, que el terreno es malo, deben hacerse sondeos para determinar la resistencia del subsuelo. Estas exploraciones son siempre costosas pero imprescindibles para asegurar la permanencia de la edificación. Siempre deben ser hechas por profesionales capacitados, de los que hay varios en nuestro medio, que son los especialistas en **mecánica de suelos**. El número de sondeos depende del área de la edificación y de la naturaleza del terreno, pero nunca deben ser menos de cuatro dentro del área del edificio y dos en las áreas de estacionamiento. La profundidad a que lleguen también depende de la naturaleza del terreno, pero no debe ser menor que la dimensión mínima del edificio. Los sondeos no garantizan la continuidad del perfil del subsuelo. Entre unos y otros, aunque estén a corta distancia, pueden haber furnias antiguas que se han rellenado de basura, rocas grandes o, cosa bastante común en nuestros suelos calcáreos, grandes cavernas subterráneas que sólo se detectan después de comenzar las excavaciones. Claro está, que mientras mayor sea el número de sondeos menor será la ocurrencia de estas desagradables sorpresas.

Los sondeos o **catas** se hacen con aparatos que pueden ser de percusión o rotatorios. Los primeros son los más comunes y, casi siempre, son ayudados por un chorro de agua. En algunos casos es deseable sacar muestras inalteradas de algunos estratos, en cuyo caso, el barrenado se hace en seco y con una broca especial hueca, que saca la muestra deseada. Esta muestra luego se prueba en el laboratorio para determinar su composición mineralógica y su resistencia a la compresión y al esfuerzo cortante. La bitácora de cada sondeo debe tener: su ubicación en el solar, la cota del terreno, el número de golpes de martillo que fueron necesarios para que la barrena penetrara cada pie de profundidad, el tipo de terreno encontrado en cada estrato, la profundidad total a la que se llegó y la ubicación de la capa de agua permanente (**nivel freático**). El informe completo del Laboratorio de Mecánica de Suelos debe tener los resultados de los ensayos de laboratorio y las recomendaciones del Ingeniero en cuanto a la resistencia del terreno y a la profundidad mínima a que deben llevarse las fundaciones. Es recomendable que después de terminados los cálculos estructurales, se hagan sondeos adicionales bajo las columnas que hayan de soportar mayores cargas, hasta una profundidad de por lo menos tres veces el ancho de cada zapata. Una vez en posesión de todos estos datos, se puede proceder a la terminación de los planos de construcción, que deben incluir los arquitectónicos, estructurales, sanitarios, eléctricos y mecánicos.

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

2.1 EQUIPOS

Con las poderosas maquinarias que ahora están a nuestra disposición, podemos alterar la topografía del terreno para conformarlo a nuestras necesidades. Cuando la cota terminada del terreno queda por debajo de la original, hemos hecho un **corte**, cuando queda por encima, hemos construido un **terraplén**. Reservaremos los términos excavación y relleno para las operaciones que se efectúen dentro de la edificación.

Las operaciones de movimiento de tierras siempre conllevan un costo, generalmente alto, de modo que es necesario sopesar las ventajas de la solución adoptada contra los costos de llevarla a cabo, escogiendo siempre la que resulte más económica en su totalidad.

Hay una gran variedad de equipos tanto en sus funciones como en su potencia. Por su modo de moverse pueden ser de **cadena**, de gran tracción, que les permiten funcionar en cualquier terreno y a grandes inclinaciones, y las de **ruedas** que se movilizan más fácilmente, pero que resbalan en terrenos mojados. Para transportar los primeros, hay que recurrir a patanas ya que no les está permitido circular por las calles y carreteras del país.

Las **palas mecánicas** son aparatos formados por una **cubeta** que carga el material y un **brazo**, que puede o no estar articulado, que gira horizontal y verticalmente para poder verter el contenido de la cubeta en otro sitio. La más sencilla es la **dragalínea**, cuya cubeta se arrastra para sacar el material; con los cables se iza después y el brazo gira para colocar la cubeta sobre el sitio de descarga donde se voltea para dejar caer el material. Las dragalíneas no son muy precisas ni para cargar ni para descargar, por lo que generalmente se usan para el mantenimiento de canales o en el lecho de un río para sacar el cascajo.

La **retroexcavadora**, Figura 2.1, así llamada por excavar en dirección contraria a la de traslación del aparato, tiene una cubeta con capacidad desde medio hasta dos metros cúbicos, y un brazo articulado que gira con la cabina para colocarse encima del camión que se va a llenar. Allí se invierte la cubeta y se vacía el material. Este es el aparato ideal para hacer zanjas para tuberías sanitarias o eléctricas o para las zapatas de los edificios, ya que pueden conseguirse cubetas con el mismo ancho de las zanjas requeridas.

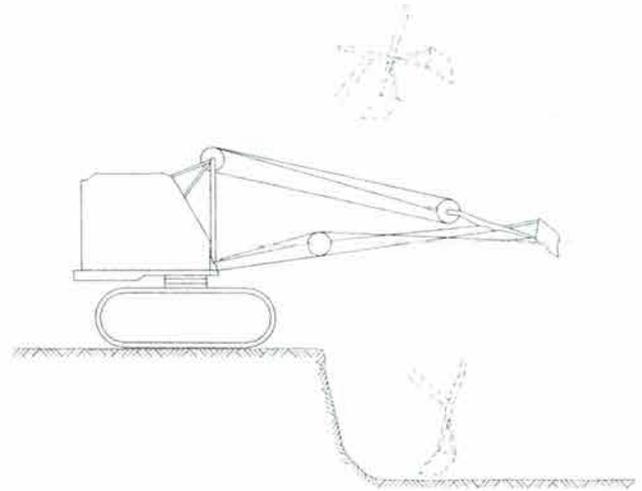


Figura 2.1

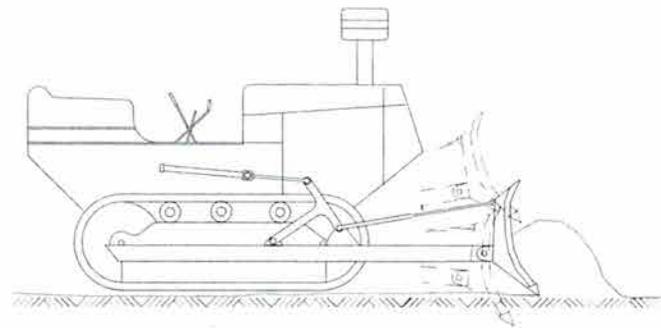


Figura 2.2

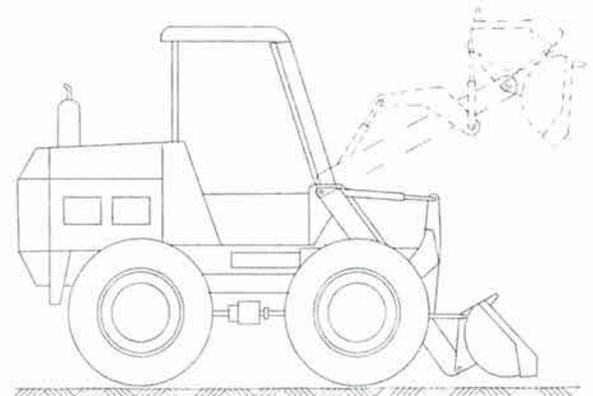


Figura 2.3

El **bulldozer**, Figura 2.2, (buldó en nuestro argot de construcción), tiene una cuchilla que sirve para cortar y mover tierra, transportándola horizontalmente de un sitio a otro, y retrocediendo al sitio original para cortar de nuevo. Como sólo es efectivo en una dirección, generalmente no hace largos recorridos sino que acumula el material en lomas para que luego sea recogido y transportado por otros equipos. Estos aparatos van desde uno pequeño que puede operar dentro de un edificio hasta verdaderos monstruos de tres metros de alto con poderosísimos motores diesel. En algunos casos se les agrega un espolón (**ripper**) en la parte trasera que sirve para resquebrajar los terrenos rocosos, desgarrando pedazos que luego empuja la cuchilla.

La **pala cargadora**, Figura 2.3, puede subir y bajar la cubeta y rotarla en un eje horizontal. Se coloca en posición vertical para cargarla, se gira a la horizontal, se levanta y se lleva por encima de la cama del camión, donde se vierte. Las hay de cadena, pero las de ruedas neumáticas son mucho más rápidas. En terrenos moderadamente blandos, estas palas pueden usarse para cortar y mover tierras, como lo hacen los bulldozers.

Los camiones de volteo, o sencillamente **volteos**, Figura 2.4, son camiones cuyas camas se levantan para vaciar el material que llevan cargado. Los hay de muy diversas capacidades y formas, desde 3 hasta 15 metros cúbicos. Son muy rápidos y versátiles. Pueden transportar las cargas a grandes distancias, y caminar mientras están descargando para hacerlo en capas más o menos gruesas.

Cuando se necesita movilizar grandes volúmenes de tierra, se utilizan las **escrapadoras** (*scrapers*), que tienen ruedas neumáticas, por lo que tienen que ser empujadas por un bulldozer. Para cargarse, la cama se baja a nivel de tierra, y su borde de cuchilla va cortando la tierra y llenándose hasta que el operador ve que se reboza por encima. La cama se sube y la carga se transporta a distancias considerables donde se deposita en capas bastante uniformes.

Para terminar las superficies, ya sean de corte o de terraplén, se usa el **grader** o como lo llamamos comúnmente **greda**, Figura 2.5. Tiene una cuchilla que puede girar alrededor de tres ejes: uno vertical, uno horizontal paralelo al aparato y otro a lo largo del eje de la cuchilla. Con estos movimientos se consiguen las pendientes terminadas que se deseen, se les da el bombeo a las calles y se pueden dejar las superficies tan lisas como mesas de billar.

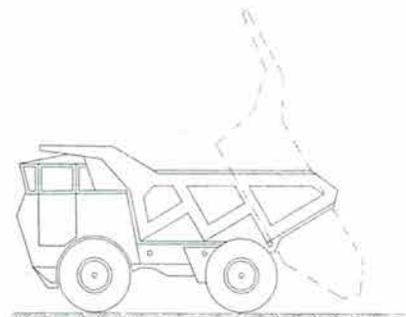


Figura 2.4

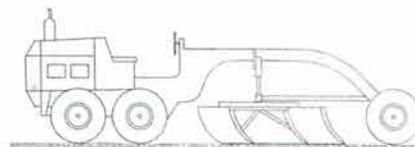


Figura 2.5

2.2 TERRAPLENES

Para formar los terraplenes se precisan dos requisitos indispensables: depositar los rellenos en capas de modo que puedan ser efectivamente consolidadas y que exista la cantidad de humedad necesaria para poder compactarlos. Si hay mucha humedad se forma un lodazal y si hay muy poca, una polvareda. El laboratorio de análisis de suelos determinará lo que se llama **humedad óptima** para el tipo de relleno que se use, y debemos controlarla durante todo el proceso del terraplenado; si está muy húmedo, se esparce para secarlo al sol; si muy seco se le agrega agua con camiones-tanques, provistos de adecuadas regaderas.

Para hacer terraplenes se usan los mismos equipos que ya hemos descrito para los cortes y además, los necesarios para apisonar y consolidar los terrenos, el más sencillo de los cuales es la **piña** o rodillo de patas de cabra, Figura 2.6. Consiste en un cilindro que se llena de agua para darle más peso, que tiene protuberancias en toda su superficie. Este aparato es arrastrado por un tractor o bulldozer pequeño dando sucesivos pases por el mismo sitio hasta que el terreno se consolida en tal forma que ya las protuberancias de

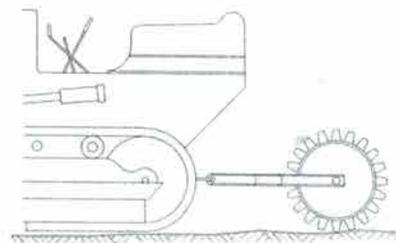


Figura 2.6

la piña no dejan huellas al pasar.

Para terrenos poco cohesivos como las arenas y gravas, se utilizan rodillos vibradores que hacen que los granos se acomoden unos con otros más rápidamente. Los rodillos pueden ser de dos ruedas, Figura 2.7, o de tres, y su peso varía entre diez y treinta toneladas. Su función es pasar repetidas veces sobre el mismo sitio hasta dejarlo completamente liso y consolidado. Cuando el rodillo se hunde al pasar por un área que ya ha debido estar consolidada, casi siempre significa que hay un bolsón de material malo debajo. Es necesario excavar para sacar este material por completo y luego volver a rellenar y consolidar. Siempre que cumplamos con todas las recomendaciones que deben regir la formación de terraplenes, no debemos temer el edificar sobre ellos, ya que, a diferencia de los terrenos naturales, sabemos el material empleado en cada camada que lo forma. Sólo es necesario seguir la buena práctica y ejercer un estricto control sobre las operaciones.

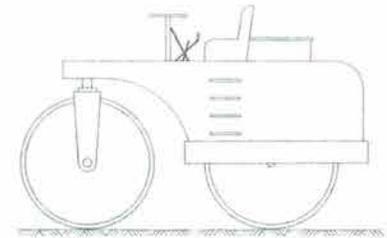


Figura 2.7

2.2 CONSOLIDACIÓN

El Ingeniero de mecánica de suelos recomienda la consolidación que debemos exigir, que depende del material de la mina que se utilice y del tipo de edificación contemplada. Se expresa por un porcentaje de la densidad del material original y así se especifica un 90%, 95% y hasta un 100%. Esto se verifica con la prueba de **Proctor**, para lo cual se toman muestras en el terreno y se analizan en el laboratorio. Debe probarse cada camada tomando una muestra aproximadamente cada 50 metros cuadrados. No se debe depositar nuevo relleno sin estar seguros de que la camada anterior haya pasado la prueba. Como éstas se tardan uno o dos días, se organiza el trabajo de modo que siempre haya un área donde estemos seguros de que la consolidación es adecuada. De lo contrario, corremos el riesgo de, si no pasa la prueba, tener que quitar toda la camada superior y seguir dando rodillo hasta que pase la prueba correctamente. Debemos cuidar también, que al terminar el día, la superficie quede bien aplanada, lisa y con suficiente pendiente para evitar que la lluvia que pueda caer forme charcos que dañen el terreno.

Hay que tener especial cuidado en los taludes de borde, especialmente en los terraplenes. Es preferible llevarlo más allá del borde y luego cortarlo porque siempre es difícil consolidar la orilla. En todos los terrenos, pero en especial en los arcillosos, existe el peligro de derrumbes como se muestra en la Figura 2.8, sobre todo en presencia de humedad a lo largo de la superficie de deslizamiento. Deben evitarse las excesivas cargas de borde que agravan la situación. Para prevenir estos deslizamientos, las pendientes de los taludes no deben pasar de 1:2 y preferiblemente 1:3, y, tan pronto como sea posible, sembrar vegetación cuyas raíces agarren y estabilicen el terreno.

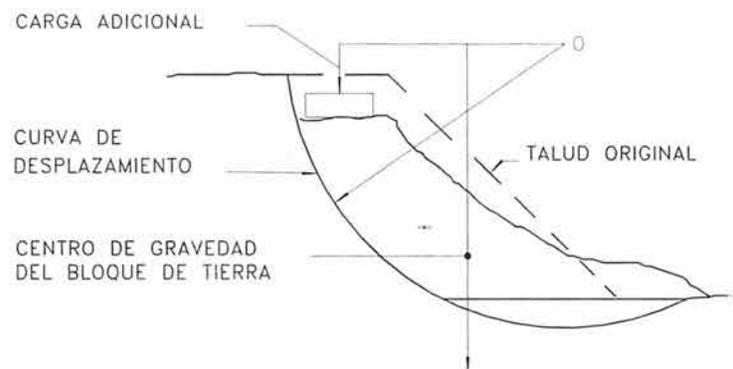


Figura 2.8

Generalmente resulta más económico si el material usado en los terraplenes se obtiene de los cortes que se hagan en el mismo sitio; pero a veces es necesario traer material de otros lugares, ya sea porque el corte no alcance o porque no es adecuado para la compactación; a esto se le llama material de **préstamo**. La mina debe estar lo más cercana posible, para lo cual se debe consultar al asesor en mecánica de suelos o a la Secretaría de Obras Públicas. Antes de comenzar un corte o terraplén, toda la capa vegetal debe ser removida y, si se va a utilizar luego para fines paisajísticos, debe ser amontonada donde no afecte las operaciones de construcción. Rellenar encima de esta capa vegetal ocasiona hundimientos en el futuro, que afectan la integridad de las construcciones.

Durante todo el proceso de movimiento de tierras hay que mantener una cuadrilla topográfica colocando estacas que marquen los niveles a los que se ha de llegar, las pendientes de los taludes y los ejes

y rasantes de las calles o carreteras. De otro modo se perdería tiempo y dinero rehaciendo los trabajos para subsanar errores.

Esta fase del movimiento de tierras termina cuando se llega a la sub-rasante requerida, que quedará siempre bajo la rasante final dependiendo del grueso de las capas de terminación. Un mínimo de 10 cm. para la capa vegetal y 15 cm. o más donde haya pavimentos de concreto o de asfalto; en el área de edificación se deja en la sub-rasante porque el sobrante de tierra de las excavaciones se utiliza para rellenar bajo los pisos.

2.3 RELLENO REFORZADO

Existen telas hechas de material plástico, nylon, polietileno, polipropileno o poliéster, que se usan como refuerzo de los rellenos depositados sobre terrenos malos. Se usan especialmente en áreas de estacionamiento colocándolas directamente sobre la sub-base terminada. Ayudan a estabilizar el terreno malo sub-yacente, impiden que éste suba y contamine la base y, por su gran resistencia a la tensión, reparten las cargas vivas sobre un área mayor de la sub-base. Usando estas telas, la base puede ser de menor espesor, la hace más fácil de compactar y puede resultar, a la larga, más económica que si no se usasen.

3. FUNDACIONES

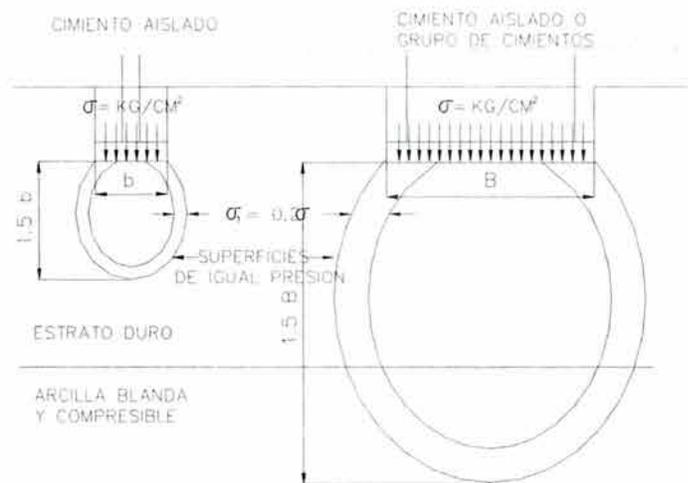
Se llaman fundaciones a la parte de la estructura que transmite las cargas vivas y muertas del edificio al terreno. Como siempre éste tiene menor resistencia que los materiales usados en construcción, es necesario proveer un ensanchamiento, denominado **zapata**, que reparta las cargas de modo que no se sobrepase la capacidad de soporte. Mientras mayor sea la resistencia, menor será el área necesaria. Podemos clasificar los terrenos, basados en su resistencia en Kg/cm^2 , como sigue:

Muy malos	<0.5
Malos	0.5 a 2.0
Buenos	2.0 a 5.0
Muy buenos	5.0 a 15.0
Excelentes	>15.0

En terrenos buenos, las fundaciones pueden ser superficiales, es decir, las excavaciones no pasan de un par de metros bajo el nivel inferior proyectado; en los malos y muy malos debemos recurrir a métodos, como veremos más adelante, que siempre resultan costosos en tiempo y dinero; culminando en las fundaciones profundas, donde las cargas hay que llevarlas a estratos resistentes muy alejados de la superficie.

La resistencia del terreno viene dada en el informe del laboratorio de mecánica de suelos. También se pueden hacer pruebas de carga, donde se mide la penetración de una columna de acero, madera o concreto sobre la cual hay una plataforma cargada de bloques o de sacos de arena de peso conocido. Esto sólo nos dará una idea aproximada, porque las zapatas aisladas, como la de la izquierda en la Figura 3.1, tienen un bulbo de presión mucho más pequeño que la más amplia de la derecha, aunque el esfuerzo unitario sea igual en ambos casos. Por eso es recomendable que las catas del subsuelo lleguen, por lo menos, a tres veces el ancho del edificio para que las cargas no afecten estratos subyacentes de poca resistencia. Fuera de estos bulbos de presión, el terreno no se entera de que existen cargas a su alrededor.

Factor determinante del comportamiento de los terrenos es la presencia de agua. Ésta forma una película fina alrededor de los granos que actúa como un sólido que impide que se toquen unos con otros, pero, al mismo tiempo, produce cierta atracción entre ellos; esta capa se denomina de **adsorción**. Esto explica la cohesión de un puñado de arena húmeda. Las arcillas, cuyos granos son más bien achatados, se agrupan en flóculos que envuelven gotas de agua y hacen que el volumen del material aumente considerablemente, constituyendo las llamadas arcillas expansivas. La arcilla bentonítica, sobre la cual está fundada la ciudad de México, es un ejemplo extremo de este tipo. En presencia de agua, el hinchamiento supera el 100% del volumen original. Del mismo modo, cuando se reseca el agua de los flóculos, y luego la de adsorción, se provocan retraimientos tales, que pueden causar serias rajaduras, y hasta el colapso, en los edificios fundados sobre esos terrenos.



BULBOS DE PRESION

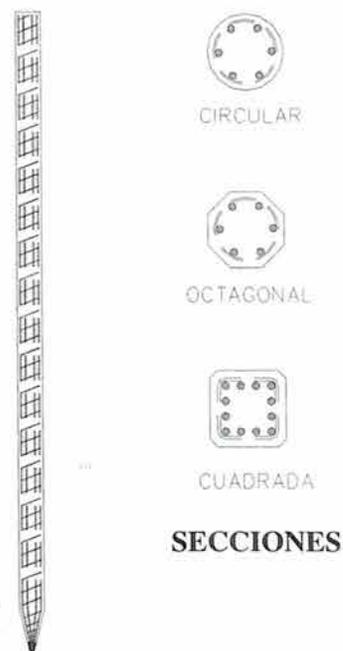
Figura 3.1

Hay muchas maneras de resolver el problema de las fundaciones sobre terrenos malos. Se puede ampliar el área de las zapatas hasta llegar a cubrir la superficie completa del edificio, en cuyo caso son denominan **plateas**. Haciendo el piso y las paredes de un sótano estancos se puede, literalmente, hacer flotar el edificio. Podemos substituir el terreno malo extrayéndolo hasta cierta profundidad y relleno con buen material, formando un estrato lo suficientemente grueso para que los bulbos de presión queden dentro de él. Consolidarlos, mezclándole o inyectándole aglomerantes que fragüen y se endurezcan, como la cal y el cemento. Dejándole caer pesadas masas que lo compacten. Hincando pilotes cortos de madera tratada o de concreto. Haciendo perforaciones que se rellenan de arena compactada. Sobrecargando y consolidando el terreno depositando sobre él un relleno cuyo peso sea mayor que el del futuro edificio y dejándolo reposar por un largo período; este relleno se va quitando paulatinamente a medida que avanza la construcción.

Cuando los terrenos son tan malos que no es factible usar algunos de los métodos antedichos, será necesario recurrir a las fundaciones profundas. Esto se hace por medio de pilotes o pozos que llevan las cargas a estratos más hondos y resistentes, o por fricción entre la superficie del pilote y el terreno cuando los terrenos buenos están demasiado profundos. La misma acción de hincar los pilotes ayuda a consolidar el terreno. Los pilotes pueden ser de madera, de acero o de concreto. Los de madera, generalmente impregnados de creosota para su preservación, son recomendables sólo si van a permanecer siempre bajo el nivel freático, en cuyo caso son sumamente duraderos. Para los de acero se usan perfiles en "H" o tubos extra fuertes, fácilmente obtenibles en varios pesos y longitudes, a los cuales se les pueden agregar secciones por medio de empalmes soldados. El hincado de pilotes se hace con martinetes, que dejan caer una masa de peso conocido, desde una distancia fija, sobre la cabeza del pilote, haciéndolo hundir en la tierra. Generalmente los pilotes se marcan con rayas a un pie de distancia, y se lleva una bitácora con el número de golpes necesarios para hincar cada pie. Este proceso se continúa, en algunos casos agregando nuevas secciones, hasta llegar al terreno firme, donde los golpes ya no surten efecto.

Los pilotes de concreto pueden ser prefabricados o vaciados in situ. Los prefabricados, casi siempre pretensados, pueden tener secciones redondas, octagonales o cuadradas y ochavadas, Figura 3.2. Las longitudes, que varían de acuerdo a los previos sondeos, sólo están limitadas por los medios de transporte, ya que son difíciles de maniobrar en calles estrechas. Si hay que atravesar estratos duros, se vacían con cofias cónicas de acero en la punta. La cabeza del pilote se protege con maderos para amortiguar el golpe del martinete. Siempre se hacen más largos de lo necesario y, luego de llegar a la capa resistente, se recorta el sobrante con compresores y sopletes. Se pueden empalmar secciones soldando varillas de empalme y rodeándolos con cinchas de acero, pero hay que tener sumo cuidado en mantener la alineación del conjunto.

Hay pilotes de concreto que vienen en secciones de menos de 2.00 metros, que se pueden usar en el período de construcción, y hasta en edificios construídos, Figura 3.3. Generalmente son de sección circular y tienen un hueco en el centro de por lo menos 10 cm. de diámetro. Estos tienen manguitos especiales de acero alrededor del hueco para formar los empalmes. El hueco central sirve para constatar la verticalidad del pilote y para relleno de concreto. En caso necesario se usa un canasto de varillas como refuerzo. Estos pilotes se hincan a presión, no con martinetes, lo que hace la operación menos ruidosa, pero los gatos hidráulicos necesitan contrapesos considerables para poder operar. Se utiliza para ésto la propia grúa que sirve para movilizar las secciones o las fundaciones existentes del propio edificio.



PILOTE PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Figura 3.2

Hay también pilotes de concreto vaciados in situ. Tienen la ventaja de ser más económicos, de más fácil transporte y, en algunos tipos, se pueden ensanchar las bases, ofreciendo mayor resistencia. En cambio, pueden afectarse con el agua y las sales del terreno durante el fraguado, no hay seguridad en cuanto a la sección efectiva del pilote y pueden ser afectados, cuando están recién vaciados, por el martilleo del hincado de los otros pilotes cercanos. Para evitar esto último, se evita hincarlos en un radio menor de 2.00 metros alrededor de los recientemente vaciados.

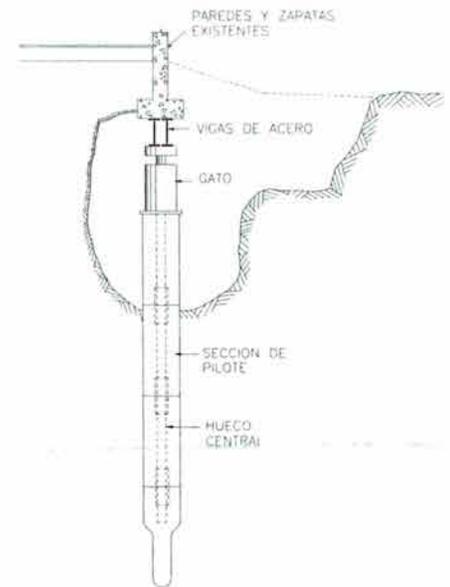
En los pilotes profundos, de este tipo, es siempre necesario usar una camisa metálica para prevenir el derrumbe de las paredes del hueco. Entre los primeros usados están los pilotes Franki, Figura 3.4, de patente europea, donde la camisa, de acero grueso, se usa también para ser hincada. Se vacía una cantidad de concreto en el fondo que forma una cofia en la punta. Se deja caer una masa pesada que hace penetrar la camisa hasta la profundidad deseada. Una vez allí, se saca paulatinamente la camisa hasta cierta altura y se continúa golpeando el concreto del fondo hasta hacerlo formar un bulbo, luego se continúa halando la camisa y vaciando el concreto hasta llenar el pilote completo. En otros tipos, se usa una cofia metálica atornillada a la camisa, que se zafa de ella y se queda en el fondo.

Otro método muy usado en otros países es el Raymond. Usa unos tubos corrugados de acero de poco más de 1.00 metro de largo, cuyo diámetro varía desde 20 cms. en el fondo hasta 30 cms. o más en el tope. La primera sección tiene una cofia de acero muy bien soldada a la base. Se utiliza un émbolo de acero macizo, de la misma sección variable del pilote, el cual, golpeado con un martinete en su parte superior, hinca la cofia y, por ende, el resto de la camisa, hasta la profundidad requerida. Luego se extrae el émbolo, se verifica la verticalidad de la camisa, que no tenga agua en el fondo, y se procede al vaciado del concreto. Si hubiese agua en el fondo sería necesario bombearla. En algunos casos se coloca un canasto de varillas, especialmente en los 3.00 metros superiores del pilote.

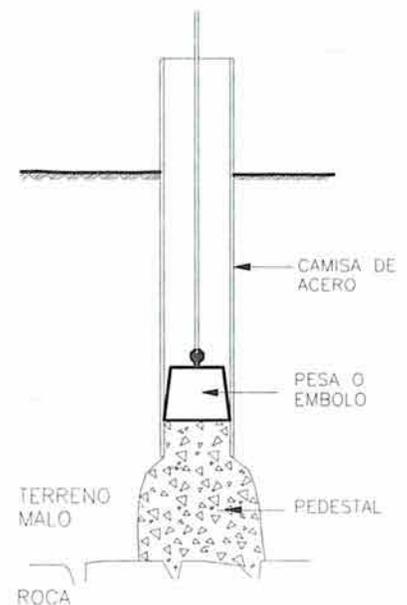
Cuando la edificación va a estar sujeta a cargas horizontales de importancia, como las de terremotos, vientos huracanados o en el caso de obras marítimas, al embate de las olas y las corrientes o al choque con masas inerciales considerables, como las de un barco cargado; se hace necesario hincar pilotes inclinados de modo que el conjunto pueda resistir estos empujes. La torre del martinete se inclina en forma gradual hasta llegar al ángulo deseado, apuntalándola, si es necesario, para evitar el vuelco, y se martilla la camisa o el pilote hasta la profundidad requerida.

Luego de colocados los pilotes, especialmente los vaciados in situ, deben hacerse pruebas de carga para constatar su capacidad de soporte. Estas se hacen con gatos, que ejercen presiones hasta de 75 toneladas, que agregan cargas muy lentamente hasta llegar a la especificada, se deja reposar por 24 horas y se descargan con igual lentitud con la que se cargó. Las cargas, los tiempos, las deformaciones y el porcentaje de recuperación se registran en una bitácora para comparar todos los datos con las normas establecidas.

Es necesario tomar en cuenta también que los bulbos de presión que ocurren bajo un grupo de pilotes llegan a mayor profundidad que el de uno aislado, por lo cual hay que asegurarse bien del grosor de la capa resistente. Los topes de los pilotes, especialmente los que van a resistir cargas aisladas,



PILOTE SECCIONADO
Figura 3.3



PILOTE VACIADO
Figura 3.4

deben trabarse con una zapata de hormigón armado donde queden empotrados en grupos de tres o más.

También se usan los pozos para fundaciones profundas. Como se trata de terrenos malos, siempre hay que proteger las paredes con camisas o tablestacados, cuya descripción veremos más adelante. La excavación puede hacerse a mano o con barrenas rotatorias que, a su vez, extraen el material. Cuando las camisas son muy grandes, especialmente en obras marítimas o fluviales, se denominan **caissons**, que llegan desde la superficie hasta hincarse en el fondo y siempre se mantienen a presión para evitar que el agua penetre. Los tablestacados se usan en grandes excavaciones, especialmente cuando bajan del nivel freático y, tal como los pilotes, pueden ser de madera, de acero o de concreto y deben ser hincados con martinetes.



TABLESTACADO DE MADERA
Figura 3.5

A los de madera, Figura 3.5, se les hace punta en bisel con un corte inclinado que haga que se mantengan unidos al anteriormente hincado. Hay tablestacas cuadradas especialmente ranuradas para las esquinas y, para su estabilidad, deben llegar a profundidades mayores que las que precise la excavación del edificio.

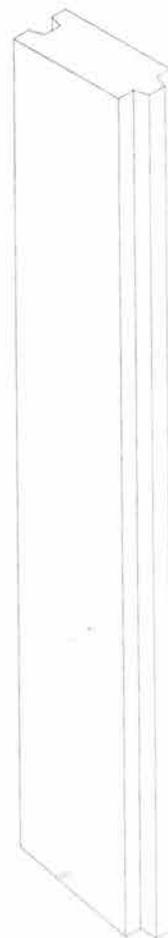
Los de acero, Figura 3.6, vienen en diversos gruesos, largos y perfiles, entre los cuales hay esquineros a ángulos rectos y oblicuos, cruces, etc. Tienen la ventaja de una alta resistencia y versatilidad y que, en algunos casos, las piezas pueden ser recuperadas después de haber cumplido su misión.



TABLESTACADO DE ACERO
Figura 3.6

Los tablestacados de concreto, Figura 3.7, son generalmente pretensados, y tienen además una armadura de acero corriente que les permite soportar los esfuerzos durante el transporte y la erección.

Para suelos moderadamente duros, se pueden terminar en filo o con cofia de acero. Para terrenos blandos se pueden terminar cuadrados, como se muestra en la figura. Se diseñan para cada aplicación; pero su peso considerable hace difícil su transporte e hincado, precisando equipos sumamente potentes. Siempre se fabrican algo más largos de lo necesario y se recortan, luego de que hayan llegado a la profundidad especificada, con compresores y sopletes. Tienen la ventaja de que toda la materia prima se consigue localmente, por lo cual son los más usados en la actualidad. Los tablestacados siempre se hincan primero y luego se procede a las excavaciones. Cuando son muy profundas es necesario apuntalar las paredes para soportar los empujes laterales, o se proveen anclas horizontales empotradas en el terreno circundante a medida que se profundizan las excavaciones. El tablestacado, además de proteger contra derrumbes, obstaculiza el paso del agua y hace posible las tareas de excavación. Sin embargo, las filtraciones de las juntas y las que manan del fondo de la excavación a veces requieren un bombeo constante, si se está por debajo del nivel freático, como se explica más adelante en la sección 4. REPLANTEO Y EXCAVACIÓN.



TABLESTACA DE CONCRETO
Figura 3.7

4. REPLANTEO Y EXCAVACIÓN

4.1 REPLANTEO

Después de removida la capa vegetal, procedemos al replanteo, que consiste en transferir al terreno los datos sacados de los planos, de modo que se puedan ubicar las paredes del edificio, sus columnas y sus respectivas zapatas. Primero se debe constatar que los bornes catastrales, que marcan los ángulos del solar, estén en los sitios correctos, luego situarnos en el eje y punto de referencia desde donde han de partir las medidas. Este puede ser un eje de carretera y un kilómetro determinado, una línea de propiedad y una esquina del polígono, o cualquier otra referencia que indiquen los planos. De allí, siguiendo las indicaciones del plano de localización, marcamos el perímetro exterior del edificio, comenzando usualmente por la línea del frente. Los ángulos del perímetro se marcan con **bolos**, que son pequeñas estacas cilíndricas de madera a las cuales se les coloca un clavo en el sitio exacto de la intersección de las caras exteriores.

En edificaciones rectangulares y sencillas, el replanteo puede hacerse con cinta, escuadra, nivel y plomada. Con la cinta pueden marcarse ángulos rectos formando un triángulo rectángulo que tenga 3.00 y 4.00 metros de catetos y 5.00 metros de hipotenusa. Todas las dimensiones deben marcarse horizontalmente, para lo cual se precisa el nivel y, si por el desnivel del terreno la cinta queda muy separada de la superficie, se necesita la plomada para marcar la dimensión exacta. Una vez colocadas las esquinas, deben medirse las diagonales que, para un edificio rectangular, deben ser iguales. Para proyectos de mayor importancia y complejidad, o donde los ángulos no sean rectos, se necesita del tránsito o del teodolito para hacer el replanteo.

Para replantear curvas de radio pequeño, se marca el centro con estaca y clavo y con cordel o alambre del largo del radio se van marcando los puntos de la curva. Si el radio es muy grande, se replantea con abscisas y ordenadas o, como se hace en carreteras, se ubica el tránsito en uno de los puntos de tangencia, se giran ángulos de 1° y se miden las longitudes de las cuerdas calculadas de acuerdo al radio para ubicar los puntos de la curva. Una vez colocados los bolos de las esquinas más importantes, se constatan las dimensiones del jardín frontal, de los linderos laterales y, si fuera crítico, del lindero posterior. Estos bolos se pierden con el primer picazo de la excavación, por lo cual es necesario transferir las alineaciones a sitios más permanentes. Para ello se utilizan las **charranchas o carranchas** que son maderos de 1" x 4" (**enlates**) brutos que se fijan horizontalmente por medio de estacas, a distancias de por lo menos un metro fuera del perímetro de la construcción, en cuya parte superior se colocan clavos para transferir los alineamientos marcados por los bolos.

Del primer clavo, que corresponde al paramento exterior del muro, se coloca otro que marca el grueso del muro y otros dos más para el ancho de la zapata. A estos últimos generalmente se les dobla la cabeza para no confundirlos con los de los muros. Las charranchas sólo se necesitan en las esquinas en edificios rectangulares sencillos, pero cuando hay que marcar también muros interiores, o si los exteriores tienen muchos salientes y entrantes, se hace necesario proveer una charrancha continua todo alrededor. Cada tramo debe ser horizontal, pero, en terrenos con mucha pendiente, es necesario hacer escalones. Las charranchas debe estar tan altas y tan separadas como sea necesario para que el producto de las excavaciones no las tapen, haciéndolas inoperantes.

4.2 EXCAVACIÓN

Una vez transferidas las líneas de muros y zapatas, se colocan hilos bien tensados en los clavos correspondientes a estas últimas y se marcan con cal en el terreno. Luego se quitan los hilos y se comienza a excavar, generalmente con pico y pala. En estacas ubicadas en diversos puntos del perímetro se marcan niveles de referencia desde los cuales se pueda controlar la profundidad de la excavación.

Para ello se marca una vara, o **ecantillón**, con la distancia que debe haber entre el nivel de referencia y el fondo de la zapata, la cual se le suople a los excavadores para que puedan controlar su trabajo. Si se excava más de lo necesario, no se puede rellenar de nuevo con tierra sino con concreto, lo que resulta costoso. Los fondos de las zapatas deben quedar siempre a nivel, aunque hayan escalones. Si las zapatas quedasen inclinadas podrían ocurrir deslizamientos que causarían rajaduras en la futura edificación.

Siempre debemos proveer un medio para que el agua pueda salir del fondo de las excavaciones a un sitio fuera del perímetro del edificio. En caso de lluvia pueden llenarse las zanjas y causar serios derrumbes que encarecen y retrasan las obras. En terrenos rocosos o cohesivos, cuando las excavaciones son de profundidades menores de 2.00 metros, las zanjas pueden tener las paredes verticales. A mayor profundidad, o en terrenos malos o poco cohesivos, pueden ocurrir derrumbes que podrían hasta poner en peligro las vidas de los excavadores. Para evitarlo se pueden hacer las excavaciones usando taludes, Figura 4.1, siguiendo el ángulo de reposo del terreno. El talud debe ser por lo menos de 1:1 y, mejor aún, de 2:1, es decir, un talud cuya pendiente forme un ángulo de 30° con la horizontal. Si la excavación es profunda, se suelen dejar áreas planas para colocar equipos de izamiento o de bombeo. El área que se necesita en la superficie es, muchas veces, más del doble de la del edificio, por lo cual, sólo se puede emplear este sistema en solares muy amplios. El volumen de excavación se aumenta considerablemente y luego será preciso volver a rellenar. Hay que comparar los costos adicionales con los de los otros sistemas de protección que veremos más adelante.



Figura 4.1



Figura 4.2

Para terrenos cohesivos y buenos, cuando las excavaciones no van a llegar a gran profundidad, se pueden poner tablas o tabloncillos apuntalados con pies de amigo que se fijan al fondo de la excavación contra otros tabloncillos que les sirven de contrafuerte, Figura 4.2. La excavación se hace por secciones para poder ir cambiando los puntales a medida que se profundiza. Esta solución no se puede usar en terrenos malos, poco cohesivos o donde haya agua. Cuando los puntales llegan a ser muy largos, es necesario trabar unos con otros con enlotes brutos para evitar el pandeo.

Cuando los terrenos son malos, la excavación extensa y profunda, y, sobre todo, cuando se haya de llegar más abajo del nivel freático, es necesario recurrir a los tablestacados ya descritos. Siempre se deja una rampa de acceso, para poder bajar equipo pesado al fondo de las excavaciones, que al final se elimina a mano o con equipos idóneos desde la superficie.

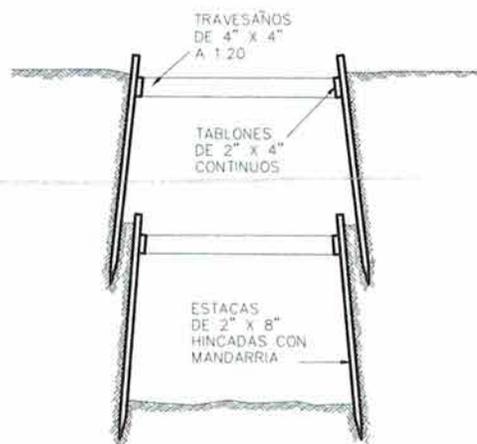


Figura 4.3

Figura 4.3

Para la excavación de zanjas, sean para zapatas o para tuberías, se recurre a una **entibación**, Figura 4.3, que consiste en la colocación de tabloncillos de un modo continuo, a medida que se procede con la excavación, con trabas horizontales que unen las dos paredes de la zanja. Éstos deben tener suficiente separación para poder sacar la tierra excavada y para luego poder bajar los tubos para las instalaciones sanitarias o las armaduras para las zapatas. Estos tabloncillos deben colocarse y trabarse, tan pronto como sea posible, no permitiendo nunca que quede una porción grande sin entibar, especialmente cuando se llega a gran profundidad, porque podrían haber deslizamientos de tierra que, al socavar la entibación, la convertirían en un montón de leña inservible.

Sobre todo en terrenos malos, debe evitarse amontonar el producto de las excavaciones muy cerca de las orillas de las zanjas ya que su peso, como vimos en la Figura 2.8, podría contribuir al eventual derrumbe. Por ser malo, no se puede usar de relleno de modo que es mejor sacarlo del sitio cuanto antes.

Cuando la excavación se hace en terreno rocoso, la labor se hace más ardua y hay que recurrir a equipos especiales. Los más primitivos son las **cuñas y picos reforzados**, a los que frecuentemente el herrero debe sacarles punta y templarlos en una fragua. Con el pico se comienza una perforación que se amplía luego introduciendo cuñas de acero por medio de mandarrias para tratar de resquebrajar la piedra y sacarla en pedazos. Más rápidos son los **compresores**, que consisten de máquinas para comprimir aire, transmitido por mangueras a los **martillos** que imprimen a los cinceles un movimiento de vaivén que sirve para horadar la piedra. Más potentes son los "**comesolos**", Figura 4.4, tan usados en la construcción de pasos a nivel y sótanos de edificios. En último caso se emplean los explosivos que se colocan en el fondo de perforaciones hechas con barrenas rotatorias, se taponan con arcilla u otro material inerte y por medio de detonadores se hacen explotar para desmenuzar la piedra. El almacenamiento y uso de explosivos es sumamente peligroso, por lo cual debe dejarse en manos de expertos muy especializados. En nuestro país se requieren permisos especiales y su empleo debe estar bajo la supervisión directa del Ejército Nacional.

4.3 CONTROL DEL AGUA

El agua puede causar graves problemas en esta etapa de la construcción. Puede convertir el solar en un mar de fango, obstaculizando todas las labores; puede causar derrumbes en las excavaciones, puede enlodar las varillas del refuerzo o puede, en fin, mezclarse con el concreto disminuyendo su resistencia o en algunos casos, dañándolo por completo. El agua puede provenir de la escorrentía superficial de las lluvias, de fuentes artesianas que afloran o las del nivel freático, cuando el nivel de la excavación es lo suficientemente profundo.

El agua se controla cavando zanjas en el perímetro de la construcción de modo que se pueda interceptar y canalizar fuera del área antes de que cause daño. Entubando las corrientes subterráneas, de ser posible, para llevarlas a sitios donde se pueda disponer de ellas sin riesgo, o, de otro modo, canalizándolas hacia pozos desde donde se puedan bombear.

El nivel freático se puede bajar si la bomba es suficientemente poderosa. En casos extremos, se recurre a una serie de pozos perimetrales (**well points**) colocados a no más de 75 centímetros uno de otro, con tubos que pueden llegar hasta 7.00 metros de profundidad y que harán descender el nivel del agua, sobre todo en la cercanía de los puntos de succión. Es obvio que este sistema tiene que estar operando continuamente para poder mantener relativamente seco el fondo de la excavación.

En terrenos muy malos y anegados, la ciudad de México es un ejemplo patente de esta condición, el sacar agua de una excavación afecta todas las construcciones circundantes, por lo cual es preciso inyectarla de nuevo fuera del área para no alterar el equilibrio de los edificios cercanos y evitar costosos litigios judiciales.

En la mayoría de los casos se emplean bombas centrífugas, que no pueden colocarse a alturas mayores de 7.00 metros sobre la superficie del agua. Para profundidades mayores habría que bombear en dos o más etapas o usar bombas sumergibles, que aunque no tienen ese problema, hay que protegerlas con filtros o **cocuyeras** para que no penetren partículas grandes que las puedan dañar. Los fondos de las zanjas se conectan a un pozo, ubicado fuera del área de construcción, donde se coloca una bomba provista de flota de modo que arranque automáticamente cuando el pozo se llene.

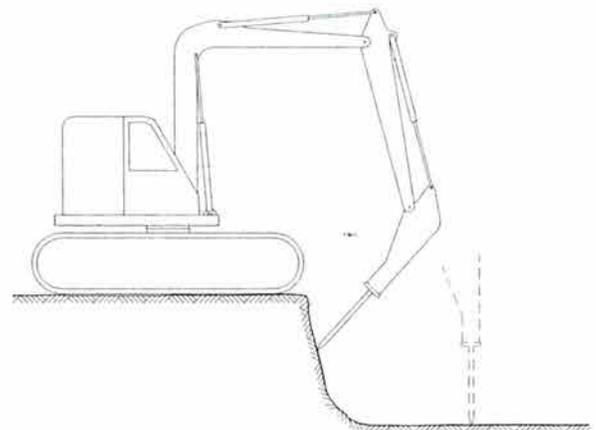


Figura 4.4

4.4 PROTECCIÓN DE EDIFICIOS VECINOS

Cuando se hacen excavaciones que afectan los bulbos de presión de los edificios vecinos, especialmente cuando se trata de terrenos arcillosos, es necesario apuntalarlos con pies de amigo durante el proceso de excavación y cimentación, y tomar en cuenta en nuestros cálculos estructurales los empujes horizontales que esas cargas producen, es decir, que las paredes exteriores del sótano y las losas afectadas deben estar diseñadas para soportar dichas cargas.

Si el solar donde vamos a construir es relativamente estrecho y está situado entre edificios altos, es posible arriostrar un edificio contra el otro, con estructuras reticulares metálicas, colocadas a alturas tales que dejen libre el área para la excavación. Todo esto, claro está, con la anuencia de los propietarios de los edificios vecinos.

Un método de hacer excavaciones profundas sin afectar los edificios contiguos es el que usa la bentonita a presión. La bentonita es una arcilla montmorillonítica que es también tixotrópica, es decir, que cuando se agita actúa como un líquido pero cuando está en reposo, actúa como un sólido. Es un método muy costoso y precisa de equipo y personal muy especializado, por lo cual aún no se ha usado en el país. Se excavan tramos alternados de la zanja donde va a ir el muro de contención hasta la profundidad necesaria, se llena con bentonita a presión para evitar el derrumbe de las paredes de la zanja, se baja el canasto de varillas con la armadura calculada para la pared y se comienza a vaciar el concreto con tubería de modo que comience desde el fondo. El concreto va empujando la bentonita, que se recupera para futuro uso, hasta llegar a la superficie. Siempre hay que eliminar la porción donde el concreto está contaminado por la bentonita. Luego se excavan las porciones de zanja restantes y se procede del modo descrito anteriormente. En los bordes de los tramos de muro se han dejado ranuras de modo que se traben bien un vaciado con el otro. Después que el concreto haya adquirido la resistencia necesaria, se procede a la excavación. A cierta profundidad se hace necesario proveer anclas de cables de acero, que se perforan horizontalmente en el terreno que queda detrás de la pared y se inyectan con concreto a presión, para resistir los empujes laterales del terreno y de las cargas superpuestas sobre él. Este muro de contención sirve de tablestacado durante la excavación y puede servir de muro exterior del sótano del edificio.

5. AGLOMERANTES

Existen en el campo de la construcción unos materiales pulverizados que tienen la propiedad de reaccionar químicamente con el agua, produciéndose con el tiempo, su endurecimiento, que se conoce con el nombre de **fraguado**. Estos materiales se usan como aglomerantes para unir otros materiales inertes como arena y grava para formar **hormigones** o con arena solamente para formar **morteros**. Estos últimos se usan, a su vez, para unir elementos sólidos, como ladrillos y bloques, para formar paredes y tabiques. Los aglomerantes más usados son: el **yeso**, la **cal** y el **cemento Portland**.

5.1 YESO

Es una piedra sedimentaria muy abundante en la naturaleza compuesta de azufre, calcio y oxígeno, casi siempre acompañada de dos moléculas de agua. Si se calienta hasta 170°C pierde casi toda su agua. Si luego se le agrega agua se cristaliza de nuevo revertiendo a la piedra original. No admite mucha arena por lo cual casi siempre se usa sin mezclar o mezclado con fibras para fabricar objetos moldeados, como cornisas y molduras, para recubrir paredes y plafones con empañetes muy lisos, como veremos más adelante en el capítulo 32. REVESTIMIENTOS. Si la piedra de yeso se calienta entre 900 y 1,000°C se produce un yeso hidráulico que puede fraguar debajo del agua. Combinado con alumbre se produce un yeso especial, llamado cemento **Keene**, que resiste mucho mejor la humedad que el yeso corriente. El yeso también se usa como materia prima en la fabricación del cemento, para controlar el fraguado.

Ventajas del yeso: Fraguado rápido, fácilmente moldeable, puede conseguirse una superficie bruñida y lisa. Ideal para molduras, ornamentos adosados y acabados muy lisos. Desventajas: tan blando que puede rayarse con la uña, muy afectado por la humedad. No puede usarse en exteriores ni en sitios muy húmedos como cocinas y baños, a menos que se substituya con cemento Keene.

5.2 CAL

Es un óxido de calcio que se obtiene calentando piedra caliza en hornos especiales, sobre los 900°C, expulsando el dióxido de carbono, y convirtiéndose en pequeños pedruscos que constituyen lo que se llama **cal viva**, así se usa en construcción, en forma de lechada, como pintura económica para muros de mampostería, párrafo 35.10. Reacciona con gran desprendimiento de calor en presencia de humedad, por lo cual su manejo debe ser muy cuidadoso para evitar quemaduras y su envase debe hacerse en recipientes cerrados para que no la afecte la humedad del aire. El uso mayor en la construcción es el de la **cal apagada** o **cal muerta**, que se consigue agregándole agua a la cal viva, en artesa especiales o en autoclaves. Se produce un hidróxido cálcico que, al secarse, se pulveriza y se envasa en fundas como las de cemento. La cal fragua al combinarse con el agua, lentamente va absorbiendo anhídrido carbónico del aire y se endurece convirtiéndose en la piedra caliza original. Este proceso toma mucho tiempo, comenzando 24 horas después de amasado y prolongándose durante años. En la antigüedad éste era el único aglomerante disponible usándose tanto en los muros de tapia como en los de mampostería de ladrillo o de piedra. Los grandes monumentos romanos, románicos y góticos, incluyendo nuestras construcciones coloniales, atestiguan su durabilidad. Hoy día, sólo se usa como componente en los morteros o en inyecciones para el endurecimiento de suelos. Ventajas de la cal: Se endurece mucho con el tiempo, retarda el fraguado de la mezcla y la hace más suave y manejable, dando tiempo a que pueda terminarse bien; costo moderado. Desventajas: de fraguado sumamente lento y adquiere menor dureza que el cemento Portland.

5.3 CEMENTO PORTLAND

Debe llamarse siempre cemento Portland, para diferenciarlo de los que se usan como pegamento, es un invento relativamente reciente, pues sus primeros usos fueron a mediados del siglo XIX. Por sus grandes ventajas, ha desplazado los otros aglomerantes. Su nombre viene del parecido que tiene con una piedra natural de la isla de Portland, en Inglaterra, país donde se expidió la primera patente para el producto.

El cemento Portland proviene de la calcinación de mezclas, muy bien controladas, de materiales calizos, arcillosos, óxido de hierro y otros ingredientes, a los cuales se les agrega yeso antes de la molienda final para regular el tiempo de fraguado. La materia prima se lleva a desmenuzadoras que la reducen a piedrecitas de no más de 1 cm. de diámetro, luego a molinos que la convierten en polvo, ya sea seco, en las plantas de ese tipo, o con agua, en las que usan el proceso húmedo. De allí pasan a los grandes hornos rotatorios cuya temperatura llega a los 1,000°C donde llegan a un principio de cristalización formando pedruscos grisáceos a los que se les denomina **clinker**. A éstos, después de enfriados, se les agrega una pequeña cantidad de yeso y esta mezcla se muele en molinos de bolas, hasta convertirse en el polvo impalpable que es el cemento terminado. Es necesario mantener un estricto control de calidad, sacando constantemente muestras de cada una de las etapas para asegurar que los diversos ingredientes estén en las proporciones debidas. Al producto final se le hacen pruebas físicas de resistencia, de velocidad de fraguado y de grado de finura, y pruebas químicas para comprobar que las proporciones de los componentes están dentro de los estrictos límites aceptados internacionalmente para el cemento Portland. Este polvo se envasa en fundas de papel de 43 Kg. (95 libras), con un volumen de 1 p³, o se despacha en bulto en camiones especiales. En la obra el cemento se puede almacenar en silos, llenados por corrientes de aire desde el camión especial que lo transporta, o en las fundas donde viene, cuidando que no queden en contacto con el suelo o las paredes exteriores y estibado de modo que no haya espacio entre una funda y otra. Se debe proteger la estiba con una lona o tela plástica que cubra el tope y los lados. Aún con estas precauciones no se puede guardar el cemento por más de un par de meses, porque nuestro clima húmedo y caluroso acelera el proceso de fraguado, formando terrones duros y, finalmente, convirtiendo la funda entera en una sola piedra. En general, si los terrones se pueden desmenuzar con los dedos, el cemento está apto para el uso, pero si no, hay que botarlo o usarlo como costoso relleno. En algunas partes del mundo existen combinaciones naturales de calizas y arcillas de las cuales se puede hacer cemento directamente, como los puzolánicos que se han usado desde el tiempo de los romanos. Las temperaturas de calcinación no tienen que ser tan elevadas como la del cemento Portland, pero el producto siempre es de calidad inferior.

La ASTM americana, a cuyas normas estamos acogidos, clasifica los cementos en 5 tipos, de acuerdo a sus características generales, como se muestra en la tabla siguiente:

Tipo	Característica
I	Uso general
II	Calor de hidratación moderado
III	Fraguado rápido
IV	Poco calor de hidratación
V	Resistencia a los sulfatos

En la República Dominicana se fabrica el cemento tipo II, que también cumple con las especificaciones del tipo I. Las fábricas de cemento Cibao en Santiago y Titán en San Pedro de Macorís usan el proceso seco. Todos los tipos de cemento, a la larga, adquieren la misma resistencia. El tipo III tiene a los 7 días la misma resistencia que el tipo I a los 28, pero con mayor desprendimiento de calor. En la mayoría de los casos, el calor que se desprende durante el fraguado se disipa a la atmósfera sin problemas, pero en algunos casos, como cuando en una represa se vacían grandes volúmenes, este

calor puede causar dilataciones y rajaduras en la masa por lo cual se debe usar del tipo IV, que fragua más lentamente con un mínimo de desprendimiento de calor. En países altamente industrializados, donde las emisiones de humo de las factorías cargan la atmósfera de sulfatos y otros contaminantes que atacan el concreto, hay que recurrir al tipo V. Afortunadamente aún no hemos llegado a esa condición. No es factible importar cemento del tipo III, que no se fabrica en el país, porque podría fraguar durante el transporte. En caso que sea necesario un fraguado rápido, se incorporan aditivos a la mezcla para conseguirlo. También se usan aditivos para retardar el fraguado, como cuando se vacían losas que cubren mucha área, para evitar que ocurran juntas frías, es decir, que una parte haya fraguado antes de comenzar el vaciado del área adyacente. Los aditivos que retardan el fraguado inicial casi siempre aceleran el final, de modo que al final del primer día de vaciado la resistencia se hace igual a la del concreto sin aditivos. Hay aditivos que producen minúsculas burbujas de aire que se comportan como agregados muy finos, que hacen el concreto más fluido y trabajable, sin necesidad de aumentar la cantidad de agua; de este modo se puede obtener un concreto de mayor resistencia. También lo hace más resistente a las heladas, cualidad que, por fortuna, no nos concierne.

El fraguado del cemento es continuo, pero se ha dividido arbitrariamente en dos etapas, que se pueden medir de acuerdo a la velocidad de penetración de la aguja de Vicat. En forma práctica, al final del primer fraguado es posible caminar sobre el concreto fresco sin dejar mucha huella, pero aún se puede trabajar en su terminación, después del segundo fraguado el concreto se ha endurecido tanto que no es posible trabajarlo más. Siempre se produce una retracción al fraguar la pasta de cemento, lo que puede producir notables grietas en los hormigones muy ricos en cemento. Los agregados tienden a disminuir esta retracción.

El cemento blanco tiene las mismas características que el gris tipo I, pero se hace con materia prima con un bajo contenido de hierro y de manganeso, lo que le imparte su color característico. Se puede usar bajo las mismas condiciones que el cemento gris produciendo los mismos resultados. En el país no se hace el proceso completo de fabricación, sino que se importa el clinker y sólo se muele y envasa. Hay otros cementos que dan colores diferentes al gris o al blanco, como el rosado que se usó en el edificio del Banco Central, que fue importado de Texas en los Estados Unidos.

Ventajas del cemento: fraguado rápido, muy moldeable, se mezcla fácilmente con materiales inertes para hacer concreto, duradero y muy resistente a la compresión. Desventajas: La retracción tiende a producir rajaduras, especialmente en mezclas ricas; peso propio y costos elevados.

6. MORTEROS

6.1 AGREGADOS

Son materiales granulares que se usan en la elaboración de morteros y hormigones. En los primeros se usan agregados finos, que son los que pasan por el tamiz N°4, de menos de 5 mm. de diámetro y en los hormigones donde, junto con los finos, se usan los gruesos que son retenidos en el referido tamiz. La tabla siguiente muestra las recomendaciones de la ASTM, especificación C-33, para los límites de los porcentajes de los agregados gruesos y finos, que pasan por los tamices especificados.

Descripción	Tamiz	% que pasa
Agregado Grueso	1½" (38.1 mm)	100
	1" (25.4 mm)	95-100
	½" (12.5 mm)	25- 80
	3/8" (9.5 mm)	0- 10
Agregado Fino	N°4 (4.75 mm)	95-100
	N°8 (2.38 mm)	80-100
	N°16 (1.18 mm)	50- 85
	N°30 (0.60 mm)	25- 60
	N°50 (0.30 mm)	10- 30
	N°100 (0.15 mm)	2- 10

Estas son proporciones ideales que rara vez se consiguen en la práctica, a menos que se ejerza una estricta supervisión, con cuyo costo pueden superarse las economías producidas por la menor proporción de cemento. En las mezclas, la pasta del aglomerante cubre la superficie de los agregados. Los agregados de cantos vivos, como los de piedra o arena triturada, tienen mayor superficie que los naturalmente lisos; los granos finos tienen también mayor superficie con relación al volumen que los de granos gruesos, por tanto, para la misma trabajabilidad, se requiere una mayor cantidad de cemento para las mezclas hechas con granos finos o de cantos vivos.

6.2 AGUA

El agua que se usa para el amasado de los aglomerantes no debe contener materias en suspensión o disueltas que alteren el proceso de fraguado. El agua potable siempre podrá usarse. El agua turbia no debe contener más de 1 a 2 gr. de sólidos por litro, según las normas americanas. Las aguas pantanosas o salobres podrían contener sulfatos que, aún en concentraciones menores del 1%, disminuirían notablemente la resistencia y la durabilidad del concreto. El agua de mar, si está limpia y

tiene menos de un 3.5% de cloruro de sodio, sólo disminuye en un 10% la resistencia del concreto pero, aparte de que entre en contacto con las varillas de la armadura y las oxide, no tiene otros efectos deletéreos.

6.3 MORTEROS

Así se llama la combinación de agregados finos con un aglomerante y agua. Pueden ser de yeso, de cal, de cemento o una combinación de cal y cemento; en este último caso la llamamos **mezcla**. La combinación del aglomerante con el agua es la **pasta**, que puede ser más o menos fluida, de acuerdo con la cantidad de agua. Si es muy fluida se denomina **derretido**, si es de cemento Portland. Si se precisa mucha resistencia, la cantidad de agua debe ser mínima, casi exclusivamente la químicamente necesaria para hacer fraguar el aglomerante y hacer trabajable la mezcla. El exceso de agua sobre esta cantidad se evapora dejando huecos y poros que debilitan y hacen permeable la mezcla.

El yeso puro sólo permite mezclarle hasta una tercera parte de su volumen en arena y esto hace disminuir notablemente su resistencia, por lo cual casi nunca se emplean morteros de yeso y arena. Para el empañete, como veremos más adelante, y en países donde existe una tradición de uso de terminaciones con este material, se une con cerdas de animales o fibras vegetales para aumentar su resistencia y agarre en las primeras capas, que sirven de relleno. A los yesos de alta cocción, como el de Keene, sí se le puede agregar arena, usándose, aunque no en nuestro país, como empañete para cuartos de baño y para la fabricación de pisos muy resistentes, aún en lugares donde hay mucha humedad.

Los morteros de cal fueron los más usados en los tiempos antiguos y sólo fueron desplazados después de la invención del cemento Portland en el siglo XIX, no tanto por su resistencia y durabilidad comprobadas, sino por la lentitud de su fraguado y endurecimiento. Se dosifica una parte de cal por dos a cuatro partes de arena y el agua necesaria para hacer la mezcla manejable. Es buena medida dejar esta mezcla en artesas por unos días, pudriéndose, como lo llamaban los viejos albañiles, para asegurarse que no queden terrones de cal viva, que luego ocasionan rajaduras y ampollas. Al acomodarse la pasta de cal entre los granos de arena, hay una disminución de un 20% en el volumen total, lo que debe tomarse en cuenta para determinar la cantidad de materiales a mezclar. Las calizas con un alto contenido de arcilla producen las llamadas cales hidráulicas, que no se fabrican en el país. Se usan mucho en Europa en la actualidad y mucho más en la época de los romanos que la usaron hasta en obras marítimas, ya que fragua bajo el agua.

6.4 SUELO-CEMENTO

En países tropicales de América y África se han usado mezclas de tierra y cemento Portland para la construcción de viviendas especialmente en las zonas rurales. No todos los suelos sirven para este propósito por lo cual se precisa amplia experimentación. Se mezcla generalmente una cantidad bien desmenuzada de tierra, preferiblemente más arenosa que arcillosa, a la cual se le agrega un 10% de cemento mezclando muy bien los materiales secos. Luego se le agrega poca agua, se vierte en moldes o en el piso y se apisona vigorosamente hasta que quede muy bien compactada. Al día siguiente y por unos cuatro días, se mantienen las superficies húmedas, cuidando que no haya chorros de agua que las erosionen. Para las paredes también se fabrican bloques del mismo material, compactados con varillas gruesas de acero o con un aparato manual, inventado en el CINVA de Bogotá por el Ing. Ramírez. Por la acción de una palanca se comprime la mezcla húmeda en moldes de acero, luego se procede al curado mencionado anteriormente. La ventaja de estos sistemas es la facilidad de obtener la materia prima en las cercanías de la construcción, pero también deben cubrirse con empañete, por lo menos exteriormente y con aleros adecuados, para protegerlos de la lluvia.

7. CONCRETOS

7.1 CONCRETO

El concreto u hormigón, es una mezcla de cemento Portland con agregados gruesos y finos, combinado con suficiente agua para producir la reacción química del fraguado y para hacer la mezcla trabajable. La resistencia aumenta constantemente después del fraguado, pero se toma la de los 28 días como la resistencia de trabajo, es decir, la que se utiliza en los cálculos estructurales. Ésta depende de muchos factores que deberán ser cuidadosamente analizados y supervisados para obtener la mezcla óptima que cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y facilidad de moldeo y que, al mismo tiempo, sea la más económica. Todo esto viene determinado por el uso que se ha de dar al concreto y donde se ha de vaciar.

*El concreto recién mezclado debe ser homogéneo, con poca tendencia a segregarse, fácilmente transportable y lo suficientemente fluido para llenar los moldes completamente. Una mezcla muy cohesiva no se segrega fácilmente mientras que una muy fluida puede terminar con los agregados gruesos concentrados en el fondo y sólo los finos en la superficie. La economía será mayor mientras más grandes sean los agregados gruesos, ya que éstos, si son de buena calidad, siempre aportarán una resistencia mayor que la de la pasta de cemento endurecida. Si el sitio donde se va a vaciar tiene un fuerte entramado de varillas o se trata de moldes estrechos, será necesario limitar el tamaño máximo de los agregados gruesos al que pueda pasar entre las varillas o entre éstas y el molde. En caso de vigas fuertemente armadas, por ejemplo, se debe limitar al uso de gravilla no mayor de 1/2" (1.25 cm), o se corre el peligro de que una o varias piedras se atasquen entre dos varillas, impidan el paso del concreto y dejen espacios huecos debajo, conocidas entre nosotros como **cucarachas**, que debilitan la estructura, dejan al descubierto las varillas y son siempre difíciles de reparar.*

La resistencia que se ha de especificar la determinan los cálculos estructurales y puede variar desde 140 hasta 500 kg/cm². Para obtener resistencias de 210 Kg/cm² en adelante se requieren mezclas cada vez más ricas en cemento y condiciones muy estrictas de diseño y control, que aumentan considerablemente el costo de su puesta en obra, aparte de su mayor costo intrínseco. Ha de haber muy poderosas razones para especificar estos hormigones de alta resistencia.

*Lo que tiene mayor influencia en la resistencia final es la relación entre la cantidad de agua y la de cemento, conocida como **factor agua-cemento**. Manteniendo iguales las proporciones de los demás ingredientes, con una mezcla de 15 litros (4 gal.) de agua por funda de cemento, se puede obtener un concreto de hasta 420 kg/cm²; si se usan 30 litros (8 gal.), la resistencia disminuye a 210 Kg/cm². Por otra parte, la primera resulta una mezcla muy seca y poco manejable mientras que la segunda es más fluida y puede vaciarse en sitios estrechos y difíciles. El agua que hay en la superficie de los agregados debe considerarse en el cálculo de la cantidad total de agua de la mezcla.*

*Otro factor de gran importancia y al que se le presta muy poca atención, es el **curado**. El proceso físico-químico del fraguado dura mucho tiempo, aunque es más notable durante los primeros 7 días. Este proceso se detiene tan pronto se agota el agua de la mezcla original, sea por la reacción química o por la evaporación. Es necesario seguir agregando agua para que el proceso continúe, que es el curado. Un concreto que se deje sin mojar llega sólo hasta un 75% de la resistencia de diseño a los 28 días y al cabo de un año puede llegar hasta el 85%. Si se mantuviese húmedo todo el tiempo, éstas resistencias llegarían al 100% a los 28 días y hasta el 160% al cabo del año. Aún cuando se deje de mojar por un tiempo y luego se comience a curar, la resistencia del concreto aumenta. Mojado todo el tiempo sólo después de los 28 días, la resistencia aumenta a un 150% al cabo del año. Si se dejase seco durante casi todo un año y sólo se mojase durante los últimos 15 días, la resistencia puede llegar hasta el 100%. No es factible, ni práctico, curar el concreto durante estos largos períodos, pero es muy importante hacerlo durante los primeros 4 ó 5 días. Es de notar que esta precaución debe tomarse donde quiera que*

se use cemento Portland tanto en hormigones como en morteros para pisos o empañetes. El curado puede hacerse también impidiendo la evaporación del agua de la mezcla, bien sea manteniendo los moldes en su sitio durante el mayor tiempo posible o recubriendo las superficies con productos que la eviten, de los cuales hay muchos en el mercado, o con sacos, paja u otro material que se pueda mantener húmedo. En el caso de las losas, pueden obturarse los desagües y construirse diques temporeros en los bordes, hechos hasta con arcilla, para inundar la superficie con agua de 3 ó 4 cms. de profundidad.

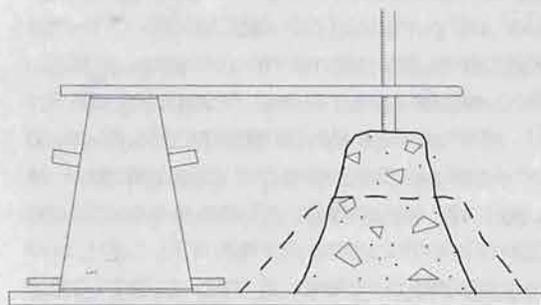


Figura 7.1

La fluidez del concreto se mide con el cono de Abrams, Figura 7.1, que tiene 30 cms. de alto, 20 cms. de diámetro en la base y 10 cms. en el tope. Se coloca sobre una plataforma horizontal y limpia, se toma una muestra del concreto que va a ser vaciado, mezclándolo bien para que quede homogéneo. Se llena el cono en tres camadas, puyando 25 veces en cada camada con una barra de 5/8" (1.59 cm) de diámetro, cuya punta debe ser redonda, cuidando de no alterar la camada anterior, se enrasa con la barra para que la parte superior quede plana y a ras con el tope y se elimina todo el concreto que haya caído en la plataforma.

Cuidadosamente se levanta el cono, sin producir vibraciones y se coloca al lado de la muestra, se pone la barra horizontalmente en el tope del cono y se mide la distancia que ha bajado la muestra, que será mayor mientras más fluído sea el concreto, constatando, de este modo, si se ha cumplido con las especificaciones requeridas. Un concreto seco bajaría de 0 a 2.5 cms. (0" a 1") mientras que uno muy líquido bajaría más de 15 cms. (6"). El asentamiento debe ser especificado de acuerdo al sitio donde el concreto va a ser vaciado, según la siguiente tabla:

Tipo de Construcción	Asentamiento (slump)
Fundaciones de concreto armado	5.0 a 12.5 cms.(2" a 5")
Losas, vigas y muros con refuerzo	7.5 a 15.0 cms.(3" a 6")
Columnas	7.5 a 15,0 cms.(3" a 6")
Pavimentos	5.0 a 7.5 cms (2" a 5")
Construcciones masivas	2.5 a 7.5 cms.(2" a 5")

Para determinar la resistencia del concreto se toman muestras en moldes cilíndricos de acero o de cartón impermeabilizado, de 30 cms. de alto por 15 cms. de diámetro, en grupos de tres; se llenan al mismo tiempo en la forma descrita para el cono de Abrams. Se alisan bien los topes y se marcan con la fecha y lugar donde va a ser vaciado el concreto y se dejan fraguar en un lugar sombreado y tranquilo. Estas muestras deben moverse lo menos posible, por lo que se recomienda no prepararlas donde se está mezclando, sino llevarlas en cubos o carretilla al sitio donde van a permanecer y allí prepararlas de modo que se terminen no más de quince minutos después de tomadas. Al día siguiente se sacan de los moldes y se meten en tanques de agua hasta que puedan ser llevadas al laboratorio. Durante el transporte, las muestras no deben recibir golpes ni vibraciones extremas por lo cual deberán asentarse en una cama de arena o de aserrín. En el laboratorio se rompen a los 7, 14 ó 28 días, según se haya especificado, determinando la resistencia de la probeta y el tipo de rotura. Siempre se deben tomar por lo menos tres muestras para cada prueba, para cada etapa importante en la construcción, como zapatas, columnas, vigas y losas y por lo menos una cada 200 m³ de concreto vaciado, pero, mientras más muestras se saquen mayor garantía habrá de la calidad del concreto. La prueba definitiva es la de 28 días, pero el encargado del laboratorio puede hacer una proyección bastante exacta de la resistencia que adquirirá el

concreto a esa edad, basándose en la de los 7 días. Si el promedio de las pruebas tomadas para una localización determinada de la obra no alcanza la resistencia especificada, se pueden ordenar pruebas físicas sacando tres cilindros de concreto con una broca especial que los corta de 7.5 cms. (3") de diámetro por 15 cms. (6") de largo. Si éstas no llegan por lo menos al 90% de la resistencia especificada, habrá que revisar los cálculos estructurales para ver si la resistencia real es suficiente para ese sitio específico. En caso contrario hay que, de algún modo, reforzar la estructura y, en casos extremos, hasta proceder a su demolición. Con esto vemos la vital importancia de estas pruebas, por lo cual sólo deben ser confiadas a un personal idóneo, bien entrenado y a los laboratorios de la más alta reputación.

Antes de comenzar una construcción se debe solicitar del personal del laboratorio que nos diseñen una o varias mezclas tomando en cuenta la resistencia y granulometría requeridas y los agregados disponibles. Este diseño debe revisarse de tiempo en tiempo ya que la calidad de los materiales puede variar durante el período de construcción. El volumen neto de los agregados varía de acuerdo a su compactación. Es más exacto controlar las proporciones por peso que por volumen; esto es un poco difícil de hacer a pie de obra por lo cual, normalmente, se usan cajones (parihuelas) o carretillas de un volumen determinado. Las proporciones se especifican con números, como por ejemplo, 1:2:4, que significa una parte de cemento Portland, dos partes de arena y cuatro de grava. A esto se agrega la cantidad de agua que debe usarse, en litros o galones por metro cúbico de concreto. Las mezclas así diseñadas deben probarse previamente para constatar su resistencia. Debemos considerar que con una buena mezcla conseguimos, no sólo la resistencia y durabilidad deseadas, sino también mayor economía.

7.2 MEZCLADO

El mezclado del concreto puede hacerse a mano, en mezcladoras ubicadas en el sitio o, en algunas localidades del país, pre-mezclado en las plantas procesadoras. Hoy día éstas están ubicadas en Santo Domingo y en Santiago y pueden servirlo a localidades que queden a menos de una hora de distancia. Con el mezclado a mano es imposible conseguir un concreto homogéneo, su uso debe limitarse a construcciones de poca importancia. Se prepara una superficie limpia y plana (artesa), que puede ser de madera o de mortero, para que la mezcla no se contamine con tierra, allí se deposita primero el agregado grueso, luego el fino, se mezclan muy bien y luego se le agrega el cemento, mezclándolo de nuevo con las palas. Se le forma una especie de cráter en el centro donde se vierte el agua y se comienza a mezclar de afuera hacia adentro, sin dejar correr el agua, hasta que la masa presenta una coloración y consistencia uniformes. Luego se vierte en cubos o carretillas para llevarlo al sitio de vaciado. El fraguado se inicia tan pronto como se agrega el agua. No se debe mezclar un volumen mayor del que se va a usar en la próxima hora. El concreto que se ha endurecido no se debe mezclar de nuevo, ni siquiera agregándole más cemento.

El mezclado a máquina se hace en mezcladoras que van desde $\frac{1}{2}$ hasta 2 metros cúbicos. Se vacían en la tolva los agregados previamente medidos, luego el cemento y todo se vierte dentro del cilindro rotatorio donde se mezcla con el agua, previamente dosificada. Después de cinco o diez minutos del mezclado, se destapa la boca en el centro del cilindro, por donde se vierte el concreto a las carretillas que lo van a transportar al sitio de vaciado. Es importante ubicar la mezcladora lo más cerca posible de los agregados, que pueda haber un tiro continuo sin entrecruzarse y que haya suficiente cantidad almacenada para el volumen que se va a mezclar durante el día. Siempre son perjudiciales los paros en medio de un vaciado. Al equipo debe dársele un buen mantenimiento, chequeándolo muy bien antes de comenzar; hay que tener un mecánico en la obra para repararlo en caso necesario. La mezcladora debe limpiarse muy bien con chorros de agua al final del vaciado. Si los restos de concreto que quedan en el cilindro se dejan fraguar allí, dará muchísimo trabajo removerlos luego. También debe removerse diariamente el concreto que siempre se derrama alrededor de la mezcladora y fuera de los moldes. Es fácil hacerlo cuando está fresco, pero se requieren picos y cuñas después de algunos días. En obras de cierta envergadura puede mantenerse el cemento en silos, ya que sale mucho más económico que en fundas. Éstos se llenan por aire comprimido desde los camiones especiales enviados por las fábricas de cemento y se dosifican por medio de una compuerta en el fondo. En obras muy importantes, que queden

fuera del radio de acción de las suplidoras de concreto pre-mezclado, se puede erigir una planta transportable (batching plant) para el mezclado. Se justifica sólo donde se va a usar mucho concreto, ya que pueden suplir más de 100 m³ al día. Es mejor usar el concreto pre-mezclado ya que las plantas procesadoras garantizan su calidad, si se siguen las normas constructivas adecuadas. Para pedirlo, se debe especificar la resistencia deseada, la fluidez, constatada con el cono de Abrams, el tamaño máximo del agregado grueso, los aditivos, si se requieren, y el volumen total a vaciar durante el día. Siempre hay pérdidas durante el vaciado, por filtraciones, absorción o desperdicio de material que se queda en los camiones o se derrama fuera de los moldes. Hay que pedir un 10% más del volumen neto cubicado. Hay que programar los vaciados con tiempo y avisar a la planta por lo menos el día antes, o mejor con tres días de antelación, ya que pueden haber conflictos con los pedidos de otras construcciones. Los vaciados deben hacerse con la máxima celeridad posible, evitando que hayan juntas frías, que se forman cuando el concreto nuevo se une a otro que tiene más de una hora de mezclado, por lo cual se debe tener el equipo y el personal necesarios, y especificar la frecuencia de llegada de los camiones, así como el volumen que debe traer cada camión, que varía entre 6 y 10 m³.

7.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA

La velocidad de hidratación del cemento aumenta proporcionalmente con la temperatura. El calor acelera el proceso de fraguado haciendo el concreto menos trabajable en corto tiempo. Por la misma causa aumenta la evaporación del agua de la mezcla, disminuyendo también su fluidez. Los agregados que hayan estado expuestos al sol y a altas temperaturas sufren expansiones térmicas que se traducen en retracciones mayores en la masa del concreto después del fraguado inicial. Además, cuando se vacían grandes superficies como losas o pavimentos, sobre todo cuando hay vientos fuertes, el agua que normalmente fluye hacia arriba se evapora rápidamente sin dar tiempo al proceso químico del fraguado, causando luego numerosas rajaduras. Si estas rajaduras se detectan cuando el concreto está aún trabajable, pueden eliminarse pasándole la flota mojada en un poco de agua. Es por ello que en este clima, y sobre todo en el verano, hay que comenzar el vaciado lo más temprano posible y hacerlo a tal velocidad que el concreto haya fraguado lo suficiente para el medio día para poder mantenerlo mojado sin causar erosiones. El agregado debe mantenerse a la sombra o, por lo menos, rociarse con agua atomizada antes de su utilización. De igual modo, deben humedecerse los moldes y la armadura de acero antes del vaciado para bajar su temperatura y evitar que le roben el agua a la mezcla. Mejor aún sería comenzar por la tarde, manteniendo fresco el agregado, para que la terminación se haga en las horas de menor evaporación. La temperatura del hormigón fresco, al momento del vaciado, no debe sobrepasar los 32° C. Se debe tratar de no exceder este límite o se debe posponer el vaciado.

Todos estos procesos se retardan con un descenso de la temperatura y uno de los principales problemas en los países de la zona templada es que el agua llegue a congelarse. El aumento de volumen crea tensiones internas que hacen inservible el concreto. En estos casos hay que calentar los agregados o agregar sustancias anticongelantes al agua, o encerrar el espacio con lonas y plásticos y proveer calefacción adecuada. Claro que éste es un problema menos que tenemos en un país tropical como el nuestro.

7.4 ENCOFRADOS

Los encofrados o moldes sirven para darle forma al concreto. Pueden ser de madera, de metal o de material plástico, con el requisito de que sean lo suficientemente estancos para evitar la salida de la lechada de cemento y lo suficientemente fuertes para mantener su forma hasta que el concreto se haya endurecido. Además, el material del encofrado no debe reaccionar químicamente con el concreto causándole efectos perjudiciales. En los de madera, si hay nudos soltadizos, rajaduras o juntas que no cierran bien, hay que obturarlos con papel mojado o con láminas metálicas para evitar que se salga la lechada de cemento, alterando en esa región la composición de la mezcla, haciéndola menos resistente y produciendo decoloraciones que luego son muy difíciles de remediar, especialmente si se ha de dejar el hormigón visto.

Uno de los problemas del concreto es su elevado peso propio, mayor aún cuando está fresco, ya que actúa como un líquido viscoso cuya presión aumenta proporcionalmente a la altura; más aún si se han usado fluidificantes en la mezcla o si se usan vibradores durante el vaciado. Por esta razón, hay que tomar precauciones especiales en el vaciado de muros o columnas muy altos. Los moldes deben diseñarse para que las deformaciones y asentamientos que sufran durante el vaciado se mantengan dentro de límites muy estrictos que, como ejemplo ilustrativo, no deben pasar de los 5 mm. en los desplazamientos locales y de una milésima de la luz en muros, losas y vigas. Los moldes deben mantenerse limpios del concreto que siempre se les adhiere, frotándolos suavemente con cepillos de cerdas de acero. Se deben proteger con aceites especiales, solubles, que ni afecten el concreto ni la madera del molde. Algunos tipos de plywood (Plyform) vienen recubiertos con una lámina de material plástico que los protege contra la humedad e imparte al concreto una superficie lisa y uniforme.

Los puntales para soportar los moldes de losas y vigas pueden ser de madera o de hierro. Si son de los primeros, deben escogerse bien derechos y sin nudos y, cuando sean de gran altura, entrelazarlos con enlates brutos clavados para evitar el pandeo. Deben hacerse de modo que las superficies horizontales, especialmente los fondos de vigas, puedan quedarse en su sitio hasta que el concreto haya adquirido la resistencia especificada. Los encofrados no deben dejarse mucho tiempo a la intemperie porque la lluvia y el sol causan alabeos en la madera que luego se reflejan en el concreto. Hay que marcar claramente los niveles hasta donde debe llegar el vaciado. En las zapatas se entierran varillas cuya punta superior marca el tope; en pedestales, vigas y columnas, se marcan con clavos en un costado de los moldes y en las losas se hacen puentes removibles de madera o de tubos galvanizados que marquen el tope de la losa.

7.5 ARMADURA

El concreto soporta muy bien los esfuerzos de compresión pero resiste poco los de tracción. Por eso, desde el siglo XIX, se usa en conjunción con el acero, formando un nuevo material: el concreto armado, sumamente versátil, donde cada componente no sólo contribuye con sus mejores características sino que neutraliza los defectos del otro. Así, el acero absorbe los esfuerzos de tracción que el concreto no resiste, pero éste lo protege de la oxidación y contra las altas temperaturas que se puedan desarrollar durante un incendio. La armadura consiste, ya en varillas redondas, lisas o deformadas, o en mallas de varillas electrosoldadas formando rectángulos o cuadrados. Para poder transmitir los esfuerzos entre un material y otro, es necesario que haya una buena adherencia, de ahí que a casi todas las varillas de refuerzo se les imprimen deformaciones durante su fabricación; únicamente se dejan lisas las de diámetro de $\frac{1}{4}$ " (6.35 mm) o menores, cuya relación de perímetro a área es mayor que la de las varillas más gruesas, haciendo que su adherencia sea suficiente. Nosotros usamos las normas americanas, que clasifican las varillas en dos categorías, de acuerdo a su esfuerzo de trabajo. El acero 40 resiste 40,000 lbs/pulg² (2,812 Kg/cm²) el 60 resiste 60,000 lbs/pulg² (4,218 Kg/cm²). Sin embargo, aunque las resistencias difieren, las deformaciones son prácticamente iguales, es decir, un acero 60 resiste una carga 1.5 veces mayor que uno 40, pero se deforma 1.5 veces más, lo que puede resultar en rajaduras indeseables en el concreto terminado. Los diámetros de varillas se expresan en fracciones de pulgadas, o en números que equivalen a los octavos de pulgada que tenga el diámetro, que es nominal ya que equivale al que tendría una varilla lisa del mismo peso por pie. La tabla siguiente da los pesos, perímetros y área de las varillas más usadas. Las varillas de $\frac{5}{8}$ " y de $\frac{7}{8}$ ", si se requieren, hay que pedir las con mucha antelación, ya que normalmente no se encuentran en almacén.

Grueso		N°	Peso unit.		Diámetro		Área		Perímetro	
pg	cm		lb/p	Kg/m	pg	cm	pg	cm	pg	cm
¼	0.64	2	0.167	0.248	0.250	0.635	0.05	0.32	0.786	1.996
3/8	0.95	3	0.376	0.559	0.375	0.953	0.11	0.71	1.178	2.992
½	1.27	4	0.668	0.994	0.500	1.270	0.20	1.29	1.157	3.990
5/8	1.59	5	1.043	1.552	0.625	1.588	0.31	2.00	1.963	4.986
¾	1.91	6	1.502	2.354	0.750	1.905	0.44	2.84	2.356	5.984
7/8	2.22	7	2.044	3.04	0.875	2.223	0.60	3.67	2.749	6.982
1	2.54	8	2.670	3.973	1.000	2.540	0.79	5.10	3.142	7.981

Se ha comprobado que una ligera capa de óxido aumenta la adherencia; pero si las varillas están muy oxidadas, se ha disminuido su sección útil y es posible que no estén aptas para usarse. En este caso se debe tomar una muestra y pesarla para determinar esa disminución. Para aumentar la adherencia se acostumbra formar un gancho en el extremo de las varillas de las vigas y losas y de algunas zapatas muy armadas. El diámetro mínimo de estos ganchos no debe ser menor de 6 veces el diámetro de la varillas para que éstas no se cuarteen al doblarse.

Los empalmes deben solaparse por lo menos 40 diámetros ó 12" (30.5 cm) y no deben ocurrir en los sitios de mayores esfuerzos de los miembros estructurales. Cuando hay que solapar los canastos en las columnas, las varillas inferiores se doblan de modo que queden dentro del canasto de la armadura superior. El espaciamiento de los estribos en columnas y vigas no debe ser mayor de 20 cm. ni menor que la dimensión menor del miembro estructural. Para los canastos de varillas gruesas, de ¾" en adelante, deben usarse estribos \emptyset de 3/8" (#3)

No se deben usar varillas menores de ½" (#4) para la armadura principal de vigas y columnas. El espacio entre varillas debe ser 1.5 veces el diámetro, pero no menos de 1" (2.54 cm) y el agregado máximo del concreto a vaciar debe ser menor del 75% de este espacio. El recubrimiento mínimo debe ser de 3" (7.5 cm) en fundaciones que estén en contacto con la tierra, 1½" (3.81 cm) en columnas y vigas y ¾" (1.91 cm) en losas. Estos mínimos se deben aumentar considerablemente en ambientes corrosivos, como, por ejemplo, en obras marítimas. Para obtener este recubrimiento no se deben usar piedras o gravilla para mantener las varillas separadas de los moldes, ya que no aseguran la distancia adecuada y pueden zafarse fácilmente durante el vaciado. Se deben asentar las varillas sobre calzos idóneos que pueden ser:

- 1.- De alambón soldado con una depresión en la parte superior donde se asienta la varilla, Éstos vienen en diversas formas y hay que especificar la altura y el diámetro de la varilla a soportar.
- 2.- De varillas \emptyset de 3/8" (#3) dobladas de modo que formen un soporte estable. Versión criolla de lo anterior y se usan, sobre todo, para soportar la armadura superior (camellas) en las losas.
- 3.- Paralelepípedos hechos de mortero, de base cuadrada de unos 3 cms. de lado, de la altura necesaria para la separación, con un pedazo de alambre embebido para amarrar la varilla.

Las varillas se amarran con alambre calibre 16 ó 18, puede ser de hierro dulce estirado en frío o, más comúnmente, galvanizado. No es necesario atar todas las intersecciones ya que la función del

alambre es la de mantener las varillas en sus sitios durante el vaciado. Después del fraguado el concreto mismo impide el deslizamiento de una varilla con respecto a la otra.

7.6 VACIADO

Durante el vaciado, el concreto debe mantenerse homogéneo; debe cubrir por completo las varillas y debe llenar todos los rincones del encofrado. Para asegurar todo esto, aparte de que el concreto tenga la fluidez y el tamaño máximo de agregado necesarios para el tipo de estructura a vaciar, se deben observar las reglas siguientes:

- 1.- No vaciar el concreto echándolo desde una altura tal que los agregados se segreguen, quedando los más gruesos en el fondo. Debe vaciarse desde poca altura verticalmente, usando un pedazo corto de tubo que lo deposite en el fondo del molde.
- 2.- Vaciar a todo lo largo del molde y no en un solo sitio, confiando en que el concreto eventualmente llenaría todo el molde.
- 3.- Puyar vigorosamente con varillas gruesas o, preferiblemente, usando vibradores, para que la mezcla fluya alrededor de la armadura y a todos los rincones del molde, sin que este puyado o vibrado afecte el concreto previamente vaciado ya que, si se hace por mucho tiempo o en un solo sitio, se producirá una segregación de los agregados.
- 4.- Organizar el vaciado comenzando por las áreas más lejanas a donde se supe el concreto para no tener que acarrearlo sobre las superficies ya terminadas. Si el vaciado se hace con carretillas, deben hacerse carriles de tablonés, independientemente apoyados para no deformar las armaduras con el tráfico.
- 5.- Vaciar por etapas las superficies inclinadas, como las rampas de las escaleras, de modo que el concreto de la parte inferior se endurezca algo y no se derrame con el vaciado de la parte superior.
- 6.- Si han de dejarse juntas de construcción no previstas en los planos, deben quedar en los sitios donde los cálculos indiquen un esfuerzo cortante mínimo, como en el centro de las losas, y deben colocarse tabiques temporeros para que esta junta quede perfectamente vertical.

Durante el vaciado debe haber una constante vigilancia para asegurarse de que:

- 1.- Se mantenga el recubrimiento mínimo de las varillas, con los canastos de las vigas y de las columnas bien centrados en los moldes y que los calzos colocados en los fondos de vigas y losas permanezcan en sus sitios.
- 2.- No se hayan zafado trabas en los moldes, ni hayan cedido puntales ni riostras, causando deformaciones y abultamientos que, si se detectan a tiempo, pueden subsanarse con relativa facilidad, pero si no, causan graves problemas después del concreto fraguado.
- 3.- No se dejen áreas que permanezcan con el vaciado sin terminar por más de una hora, para evitar juntas frías, ya que el concreto fresco nunca se une al ya fraguado.
- 4.- No se esté saliendo la lechada de cemento por algún nudo que haya saltado o por una junta que se haya abierto, en cuyo caso debe obturarse de inmediato con papel mojado.
- 5.- No se zafen las uniones de los tubos eléctricos, o se salgan de sus cajas terminales. Es buena idea mantener bajo presión las tuberías de agua durante el vaciado, para detectar cualquier escape y corregirlo antes de que el concreto fragüe.

7.7 DESCIMBRADO

El descimbrado consiste en remover las cimbras o moldes una vez el concreto haya adquirido la consistencia necesaria. Debe hacerse con cuidado para proteger tanto la superficie del concreto como la integridad de los moldes, aparte de la protección del personal mismo que realiza la tarea. Los moldes de las superficies verticales pueden quitarse después de las 24 horas del vaciado, aunque es preferible dejarlos el mayor tiempo posible para evitar la evaporación del agua de la mezcla. Los moldes de losas y

vigas, especialmente estos últimos, deben dejarse por lo menos 6 días, para luces de hasta 2 metros y aumentar progresivamente hasta los 28 días para luces de 12 metros o más. Los puntales deben alojarse paulatinamente empezando por los sitios más alejados de los apoyos. Tan pronto se retiren los moldes, deben limpiarse cuidadosamente de la mezcla adherida, protegerlos con un aceite especial para moldes y guardarlos de manera que no se deformen antes de su próximo uso. En los presupuestos se estima en seis veces el uso de la madera para moldes. Con buen cuidado se pueden sobrepasar con creces los diez usos.

7.8 RAJADURAS

Los esfuerzos de tracción que puede resistir el concreto son cerca de 10 veces menores que los que soporta en compresión, y ambos aumentan con el tiempo. La retracción que normalmente sufre el concreto durante el fraguado produce tracciones en la masa si su movimiento está restringido por empotramiento, adherencia a la armadura o fricción contra los moldes. Estos esfuerzos también aumentan con el tiempo. Si, en un momento dado, estos esfuerzos son mayores que la resistencia adquirida, se producen rajaduras. El agua del curado retarda la retracción y permite que el concreto adquiera su máxima resistencia, obstaculizando, por ende, la formación de rajaduras. Esto es más importante aún en los días calurosos o de fuertes vientos, cuando se han vaciado áreas extensas de losas o pisos. La rápida evaporación deseca la capa superior que, al contraerse, se raja formando un verdadero mapa cuyas provincias siguen subdividiéndose en municipios y parajes. Si se trata de una losa de techo, estas rajaduras forman vías de agua que, además de las enojosas goteras y manchas de humedad, contribuyen a la oxidación de las varillas.

Se producen rajaduras después del fraguado si hay concentración de esfuerzos en algún punto de la estructura que sobrepasen la resistencia del concreto. Estos esfuerzos se pueden producir por cargas excesivas, desplazamiento de los apoyos, cambio de temperatura con restricciones en el movimiento, o, más frecuentemente, cuando hay cambios bruscos en la sección del elemento estructural, como ocurre en las esquinas de los huecos. De éstas, las más peligrosas, aunque raras, son las causadas por excesiva compresión, generalmente paralelas a la dirección de la carga, que se manifiestan cuando ya la estructura está al borde del colapso. Las de tracción, que ocurren en la parte inferior de los miembros sometidos a flexión, son perpendiculares al esfuerzo y, si la armadura ha sido diseñada adecuadamente, no pasan de ser capilares que apenas se notan. Las causadas por el esfuerzo cortante se forman siguiendo el plano de deslizamiento o, en la mayoría de los casos, formando un ángulo de 45° con éste. Solamente una armadura adecuada, bien repartida y un cuidadoso manejo de todas las fases del hormigonado, pueden aminorar la ocurrencia de rajaduras. Si se previenen desplazamientos y oscilaciones diferentes entre los cuerpos de una edificación, debemos separarlos con juntas de expansión. Esto puede ocurrir cuando fundamos sobre dos tipos diferentes de terreno, cuando diseñamos una torre de varios pisos adosada a un cuerpo más bajo. Cuando las dimensiones de algún cuerpo de un edificio superan los 30 metros, los esfuerzos acumulados por las contracciones o por los cambios de temperatura se hacen muy grandes y es necesario también dividirlos con juntas de expansión.

7.9 REPARACIONES

Cuando se va a dejar el hormigón visto, a pesar de las muchas precauciones que se tomen, pueden quedar áreas defectuosas que será necesario reparar. Pueden quedar áreas manchadas cuando se usan cementos de diferente procedencia, o moldes con mayor o menor grado de absorción. Cuando los moldes son muy impermeables, como los de acero o los que tienen revestimiento plástico, el hormigón tiende a quedar con burbujas superficiales, en cambio, cuando las juntas de los moldes no son estancas, se producen decoloraciones al escaparse la lechada de cemento. También hay áreas obturadas por el agregado grueso que ocasiona huecos, o cucarachas, debajo. Todo esto se descubre, lamentablemente, después de quitar los moldes. Cuando el concreto está fresco, se puede recubrir con una lechada espesa de cemento, flotándola con la flota de goma para uniformizar la superficie. Las cucarachas hay que rellenarlas con mortero de arena gruesa, si no son muy profundas, y con concreto de

gravilla bien seco, si son muy grandes, para luego terminar la superficie con la lechada de cemento. El parche siempre se verá más oscuro que el resto del concreto. Es recomendable agregar de un 25 a un 30% de cemento blanco para disimular más el parche. En último caso, puede que sea necesario recurrir a la pintura total para conseguir un color uniforme.

7.10 HORMIGÓN LIGERO

Uno de los problemas básicos del hormigón es su elevado peso propio, que puede llegar hasta $2,400 \text{ Kg/m}^3$; para obviarlo, se usan hormigones ligeros cuyo peso propio puede reducirse a $1,000 \text{ Kg/m}^3$. Esto se puede conseguir de dos formas: o introduciendo burbujas de aire en la pasta de cemento o usando agregados ligeros que ya tengan incorporadas las burbujas de aire. Lo primero se consigue por medios físicos, como es el de usar espuma de jabón como humectante de la mezcla o por medios químicos cuya reacción produce burbujas de gas, como por ejemplo, el polvo de aluminio. Hay también aditivos patentados que producen este efecto, como son el **itong** y el **siporex**. Esta práctica casi está limitada a los prefabricados ya que requiere controles muy estrictos durante la fabricación, que no se pueden conseguir en el campo. En cambio, el uso de agregados livianos está muy extendido, principalmente en edificios de muchos pisos y en terrenos malos, donde el peso tiene una gran influencia. Éstos van desde la piedra natural, como la pómez o la vermiculita, a los fabricados artificialmente en hornos especiales usando arcillas esquistosas. Estos últimos se manejan como el hormigón regular en su manufactura pero, por supuesto, tienen una menor resistencia.

8. ZAPATAS

Son los elementos estructurales que transmiten las cargas al terreno. De acuerdo al material de que están hechas, pueden ser de mampostería, como se usaba en las edificaciones coloniales, de hormigón, que han desplazado a aquéllas y que, a su vez, pueden ser simples, para las construcciones sencillas, o armadas, para las más importantes. En la antigüedad se usaron de madera pero hace mucho tiempo que están en desuso. De acuerdo al tipo de cargas que soportan, pueden ser aisladas, corridas o combinadas. Las aisladas soportan las cargas puntuales, como columnas y pilastras, las corridas se colocan debajo de los muros y las combinadas unen varias cargas con el fin de mejorar su resistencia al vuelco.



Figura 8.1

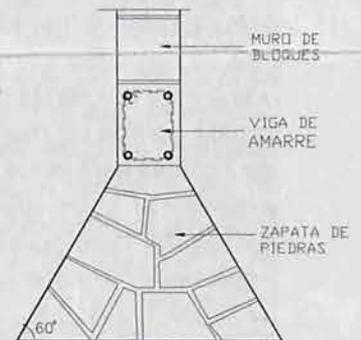


Figura 8.2

8.1 ZAPATAS DE MAMPOSTERÍA

Formada de unidades relativamente manejables, unidas con mortero, tienen poco uso en la actualidad, más bien debido a una falta de costumbre y no por defectos intrínsecos del método. Pueden fabricarse de ladrillos, Figura 8.1, de piedra, Figura 8.2, o de bloques. El área del fondo debe ser la necesaria para repartir las cargas sobre el terreno y se escalonan los lados siguiendo un ángulo de 60° hasta llegar al espesor del muro o pilastra que se va a soportar. Los mampuestos, deben quedar trabados de modo que no coincidan las juntas verticales entre una camada y otra. Si son de bloques es recomendable llenar todos los hoyos para hacerla más homogénea.

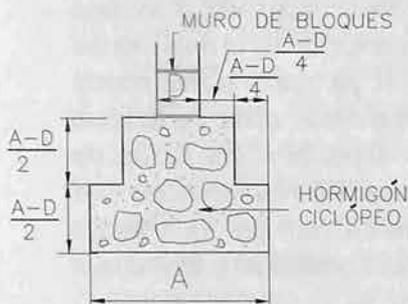


Figura 8.3



Figura 8.4

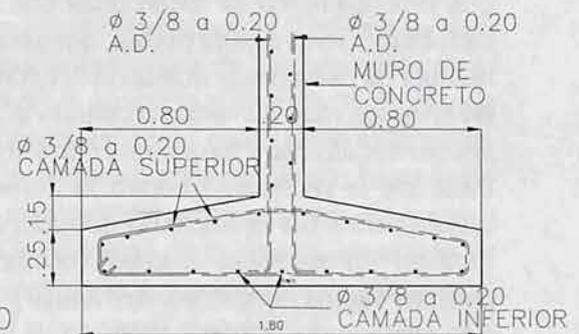


Figura 8.5

8.2 ZAPATAS DE CONCRETO

Pueden ser de hormigón simple, en cuyo caso el espesor se hace dos veces mayor que la proyección del borde con relación a la cara del muro. Para economizar concreto se pueden escalonar manteniendo la proporción mencionada. Se pueden hacer de hormigón ciclópeo, Figura 8.3, vaciando una cama de concreto en el fondo y dejándole caer piedras grandes, bien acomodadas para que no sobresalgan, que luego se recubren con más concreto. Las de hormigón armado, Figura 8.4, se refuerzan con varillas transversales abajo que tienen un gancho en cada punta por lo cual aquí se les llama **cangrejos**, y otras longitudinales que van encima de aquéllas. En zapatas muy anchas, por la poca capacidad de soporte del terreno, o por las elevadas cargas, se aumenta el espesor de la zapata desde el borde hasta el centro y, en algunos casos, se arman en tracción y en compresión, Figura 8.5.

Las zapatas aisladas, Figura 8.6, que transmiten las cargas de las columnas al terreno, pueden tener sección variable como la mostrada en la Figura 8.5, para economizar concreto y peso propio. Los esfuerzos máximos debidos al momento flexor y al esfuerzo cortante, ocurren en el plano de la cara de la columna. Luego que la parrilla de la zapata y el canasto de la columna han sido fijados, se entierran varillas en cada esquina de la excavación para marcar el espesor en los bordes y se amarra un alambre alrededor de las varillas de la columna que da el grueso máximo de la zapata. No hay que olvidar que la parrilla debe calzarse adecuadamente para que haya un recubrimiento de por lo menos 7.5 cms.

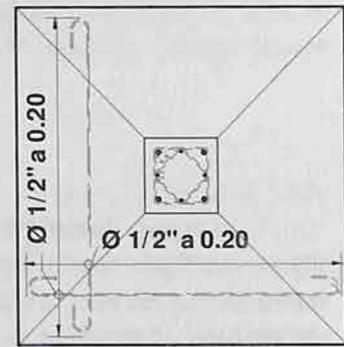


Figura 8.6

A veces conviene agrupar dos o más elementos estructurales formando una zapata combinada, Figura 8.7, con lo cual se consigue un mejor equilibrio y mayor rigidez. Pueden ser una o más columnas o una columna aislada combinada con una zapata corrida de muro. Se usan especialmente cuando una de las zapatas está cerca de la línea de propiedad, para evitar que se extienda al solar ajeno. El ejemplo mostrado tiene una viga rigidizante, pero podrían también ser rectangulares, o de base trapezoidal para que cada lado transmita los esfuerzos al terreno de acuerdo a la carga que soporta. Si el muro o la columna están en la misma línea de propiedad, hay que recurrir a zapatas excéntricas, que agregan momentos flexores a la estructura, por lo cual, si se trata de muros, han de ser, necesariamente, de concreto armado.

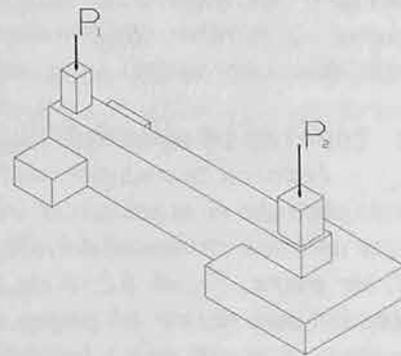


Figura 8.7

Cuando, por la poca capacidad de soporte del terreno, las zapatas aisladas se hacen tan amplias que prácticamente se tocan unas con otras, resulta más económico combinarlas todas en una sola estructura, denominada **platea**, que puede consistir en una losa plana del espesor necesario, o con una retícula de nervaduras que unan los puntos de aplicación de las cargas. Esta solución es la más idónea en terrenos muy húmedos o cuando el sótano queda debajo del nivel freático, ya que la platea puede impermeabilizarse y formar una barrera que impida la entrada del agua. En estos casos, como veremos al tratar de la protección contra la humedad, hay que dedicar un cuidado especial a las juntas de construcción; por ejemplo, la que forman las paredes con la platea. De pasada es bueno notar que también hay que tomar en cuenta el empuje hacia arriba de la presión hidrostática. Han sido muchas las piscinas vacías rajadas por esa causa y muchos los tanques de depósito en las bombas de gasolina que han aflorado durante inundaciones.

Un método empleado en terrenos malos, especialmente en arcillas expansivas, es el fundar sobre pilotes cortos de concreto vaciados in situ, Figura 8.8. Se calcula, no sólo el empuje de la base del pilote, sino también la fricción de la superficie cilíndrica. La viga continua, que abarca tanto los muros exteriores como los interiores, se hace soportar por sí sola las cargas aplicadas como si no tuviera tierra debajo. Se debe vaciar el fondo en forma de quilla para desviar los impulsos ascendentes de la arcilla expansiva. En este tipo de terreno hay que asegurar un drenaje rápido del agua lluvia fuera del edificio, y no permitir la presencia de árboles cerca de los muros, que propicien la presencia de agua en sus raíces.

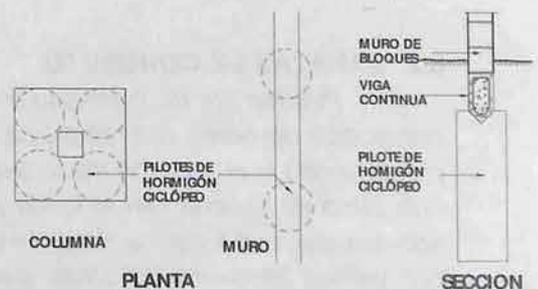


Figura 8.8

9. MATERIALES DE MAMPOSTERÍA

Como vimos en el párrafo 8.1 los mampuestos son bloques de materiales naturales o artificiales que se aglutinan con mortero para fabricar fundaciones y muros.

9.1 ADOBE

Desde los tiempos más remotos hasta nuestros días se ha usado el adobe para la construcción de albergues. Consiste en bloques manuales hechos de barro, reforzados con paja o estiércol, desecados al sol y colocados con un mortero de barro mezclado con cal. Por su poca resistencia se hacen necesarios muros gruesos, de por lo menos 30 cms. Por ser un material deleznable requiere ser protegido con empañete resistente en su cara exterior. No debe usarse en contacto con la tierra porque absorbe mucha humedad; las fundaciones deben ser de piedra, de concreto o de bloques de cemento. Sus ventajas son: la facilidad de conseguir localmente la materia prima y su capacidad de aislamiento térmico y acústico. Sus desventajas son: la necesidad de un mantenimiento constante, sin el cual su durabilidad es muy limitada y su casi nula resistencia a los movimientos sísmicos. Modernamente se ha mejorado el sistema usando bloques de suelo-cemento, como mencionamos en el párrafo 6.4, con una resistencia y durabilidad muy superiores, sin mucho desmedro de la economía.

9.2 PIEDRAS

La piedra se ha usado mucho como material de construcción desde los albores de la civilización, siempre que se desee usar un material prácticamente imperecedero. Testigos de esto son las pirámides de Egipto y de Centro América y los imponentes muros de Sacsihuamán en el Imperio Inca. La piedra debe ser abundante en la cercanía de la obra y lo suficientemente blanda para poder ser labrada, cuando sea necesario. Pueden usarse tal como están en la naturaleza, como es el caso de los cantos rodados o "callaos", o recibir diferentes grados de labrado hasta llegar a los paralelepípedos de caras perfectamente ortogonales que denominamos **sillares**. En nuestro país tenemos canteras de piedra caliza, explotadas desde los tiempos de la colonia, de donde se sacan las piedras tan blandas que pueden cortarse con serrucho, y que, luego de expuestas al aire, se endurecen de tal modo que se convierten en un material sumamente duradero.

9.3 LADRILLOS

También muy usados desde la antigüedad, especialmente en la Mesopotamia donde hay ausencia de árboles y de canteras de piedra. Son pequeños paralelepípedos de barro cocido, que se pueden manejar con una sola mano, de dimensiones que varían de una región a otra, pero siempre guardando una proporción de modo que su largo sea igual a dos veces el ancho más el grueso de una junta, que se puede tomar como de un centímetro. Su dureza y durabilidad dependen de la materia prima y de la temperatura de cocción que va desde 900° C para los ladrillos ordinarios hasta 1,500° C para los refractarios. Antiguamente se quemaban en hornos intermitentes, similares a los de carbón vegetal, donde los ladrillos más cercanos al fuego quedaban casi vitrificados y deformes mientras que los de la periferia apenas quedaban cocidos. Este sistema se usa aún en los llamados ladrillos "hechos a mano", cuyas irregularidades de forma y de color los hacen muy decorativos aunque menos resistentes. En este tipo de horno se pierde mucho combustible ya que hay que

esperar a que se enfríe para poder sacar los ladrillos. Hoy día se usan hornos continuos en forma de túnel, donde los ladrillos, previamente secados en aire caliente, entran por una punta y por la otra salen uniformemente cocidos, con un sonido como de campana cuando se les golpea. La arcilla, que debe contener algo de arena para evitar rajaduras con las altas temperaturas, se despoja de terrones, piedras e impurezas, se mezcla bien con agua y se extruye, como una pasta de dientes, por una broca de una sección rectangular igual a la base del ladrillo, se cortan con alambres al grueso necesario y se llevan a los desecaderos. Allí se aprovecha el aire caliente que se extrae del horno para sacarles la mayor cantidad de agua posible. Este mismo sistema se usa para fabricar bloques huecos de barro de diferentes formas y tamaños. Los ladrillos prensados, como su nombre lo indica, se comprimen en moldes de acero obteniéndose, por ende, un ladrillo más denso y resistente. Generalmente estos tienen las caras más grandes rehundidas para que el mortero agarre mejor, ya que quedan con superficies muy lisas. Los bloques huecos de barro salen con estrías en sus caras exteriores para mejor adherencia del empañete.

El ladrillo es un excelente material de construcción, por algo es el más usado en el mundo entero. Por su facilidad de manejo los operarios expertos pueden cubrir más área de paredes en una jornada que con cualquier otro material de mampostería. Tienen diversidad de colores desde el rojo característico hasta el crema claro. Pueden trabarse muy bien para formar una fábrica homogénea y resistente. Su forma de colocación o aparejo puede producir superficies muy decorativas. Proveen un buen aislamiento térmico y acústico por su alta densidad y capacidad calorífica. En cambio, su porosidad, sobre todo en los hechos a mano, los hace muy absorbentes de la humedad, contra la cual hay que tomar precauciones muy especiales, como veremos más adelante. Por razones que ignoro, en nuestro país nunca ha habido tradición de uso extenso de este material.

9.4 BLOQUES

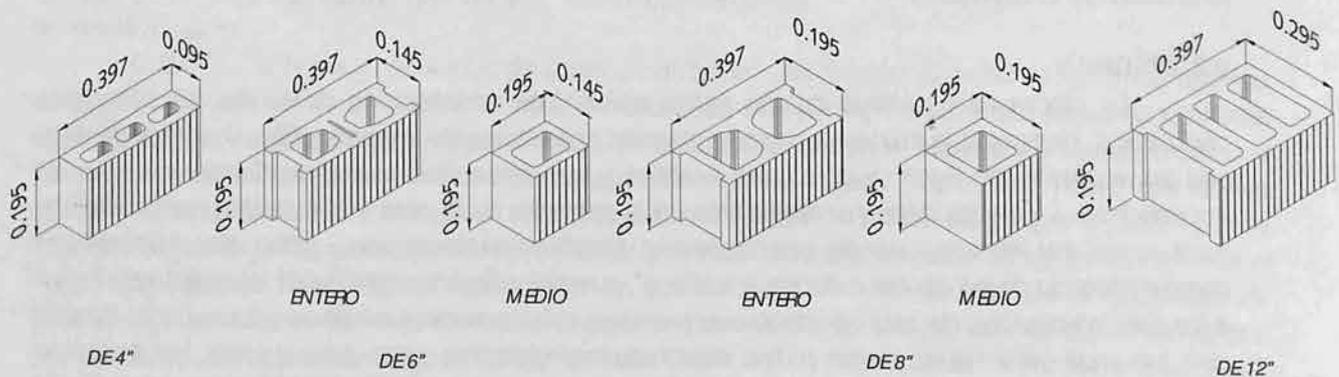


Figura 9.1

El bloque de hormigón es el material de construcción más usado en el país. Los tamaños están normalizados para diversos grosores de muro de acuerdo con las especificaciones americanas, Figura 9.1. Las caras principales son del mismo tamaño para todos los grosores con dimensiones nominales de 8" x 16" (aproximadamente 0.20 x 0.40 m.) Para mantener el módulo de 16", muy usado en la construcción americana, se le ha descontado una junta de 3/8", quedando una dimensión neta de 15 5/8" para el bloque, esto es 0.397 m. Los grosores son 4" (0.095 m), para panderetas que no soportan cargas, 5" (0.125 m) que se usan únicamente en verjas, 6" (0.145 m), 8" (0.195 m) y 12" (0.295 m), estos tres últimos se emplean en muros de carga. De acuerdo a la ley de construcciones vigente, los bloques deben soportar una carga de 60 Kg/cm² de área bruta, es decir, que un bloque de 6" debe resistir una carga total de 15 x 40 x 60 = 36,000 Kg. No todos los bloques cumplen con este requisito ya que hay algunos "majados" en patios que se desmoronan hasta con las trepidaciones producidas por el

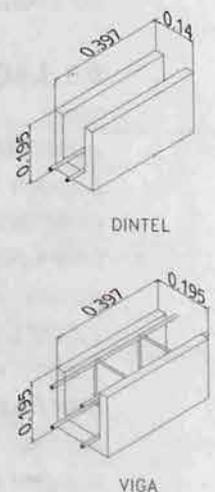


Figura 9.2

transporte. Debemos especificar que se prueben por lo menos tres bloques, tomados al azar, cada vez que se reciba en la obra un pedido grande. Los bloques hechos en industrias reconocidas están sujetos a un chequeo constante del laboratorio tanto en el diseño de las mezclas como durante el proceso de fabricación y curado. La mezcla de gravilla, arena y cemento, con un mínimo de agua es comprimida y sacudida en los moldes de acero de tal manera que pueden ser manipulados, aunque con algún cuidado, tan pronto salen de la máquina. Se fabrican de dos y tres huecos y, a algunos de los de dos huecos, se les proveen ranuras en el centro para poder dividirlo en dos mitades.

También se fabrican medios bloques en todos los tamaños, como se muestra en la Figura 9.1. Cuando no se van a empañetar los bloques, en las paredes de 6" (0.15) y de 8" (0.20), se usan piezas especiales que sirven de moldes a los dinteles y vigas de amarre de modo que todos los paramentos tengan la misma apariencia. Para los dinteles se usan bloques en forma de "U", y para las vigas se usan bloques corrientes con los tabiques recortados para que quepa el canasto de varillas, y, como se muestra en la Figura 9.2. En ambos casos se fabrican medios bloques de modo que se puede seguir el mismo aparejo o trabazón de la pared. Los bloques que no se van a empañetar suelen ser lisos o con una de sus caras con estrías decorativas o de superficie rústica.

9.5 DIMENSIONES MODULARES

Para evitar recortar bloques, con la consabida pérdida de tiempo y la disminución de la resistencia de la pared, es conveniente adaptar las dimensiones, tanto de las longitudes de muros como la de los paños entre un hueco y otro, Figura 9.3, de modo que sean múltiplos de bloques enteros agregando o no un medio bloque. La fórmula general para conseguir esto, considerando las juntas como de 1 cm de espesor y redondeando la dimensión de un bloque a 0.40 es:

$$L = 0.40 \times n + 0.195 \times n^m + 0.01 (n + n^m - 1)$$

Donde: L es la longitud en metros del muro o del paño, n es el número de bloques enteros, que pueden ser 0,1,2,3..... n , y n^m representa el número de medios bloques que es 0 ó 1. La modulación sólo funciona perfectamente en los muros de 8" (.195 m) cuyo grueso equivale a medio bloque. En

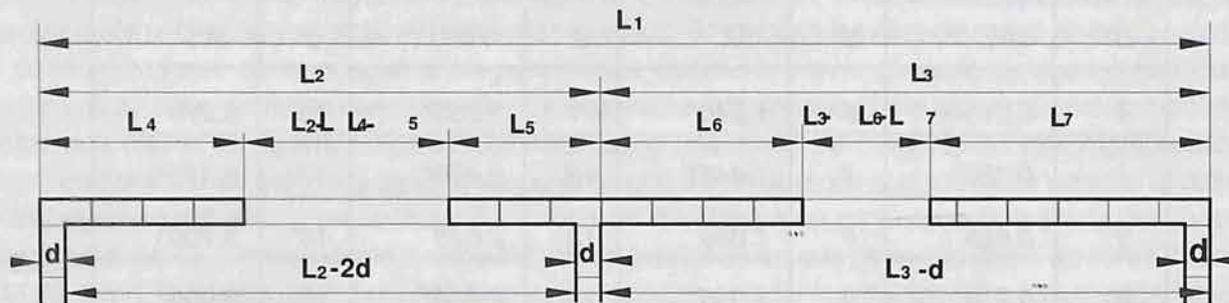


Figura 9.3

los muros de 4" (0.095 m), de 6" (0.145 m) y 12" (0.295 m) hay que usar bloques cortados, en las hiladas alternadas, para poder completar los módulos.

La siguiente tabla ha sido calculada hasta 20 unidades en intervalos de medio bloque, para dimensiones mayores, se pueden sumar cualquiera de las dimensiones modulares de la tabla, agregando 0.01 de junta cada vez. Como es natural, éstas dimensiones pueden variarse ligeramente ajustando los gruesos de las juntas. Las dimensiones grandes, de habitaciones o de entrepaños, se pueden redondear de modo que las medidas queden en módulos de 5 cm.

n	Dim.	n	Dim.	n	Dim.	n	Dim.
	0.195		2.245		4.295		6.345
1	0.400	6	2.450	11	4.500	16	6.550
	0.605		2.655		4.705		6.755

2	0.810	7	2.860	12	4.910	17	6.960
	1.015		3.065		5.115		7.165
3	1.220	8	3.270	13	5.320	18	7.370
	1.425		3.475		5.525		7.575
4	1.630	9	3.680	14	5.730	19	7.780
	1.835		3.885		5.935		7.985
5	2.040	10	4.090	15	6.140	20	8.190

Además de sólo tener que cortar muy pocos bloques, la modulación presenta otras ventajas:

- 1.- La pared, cuando está bien hecha, presenta un aspecto agradable y no se hace necesario empañetarla.
- 2.- Los huecos quedan siempre unos directamente encima de los otros. Los que tienen varillas forman columnas derechas y uniformes.
- 3.- Cuando se usan bloques de dos huecos, las juntas verticales caen directamente sobre el nervio central del bloque inferior, lo que permite llenar la junta sin desperdicio de mortero.

En las alturas de muros y antepechos también debe tomarse en cuenta la dimensión de cada hilada. La fórmula general es:

$$H = 0.195 \times n + 0.01 (n + 1)$$

Donde: H es la altura del muro, del antepecho o del hueco,

n es el número de hiladas de 0.195. Estas alturas dan las dimensiones desde la parte superior de la zapata, losa de entrepiso o dintel hasta la parte inferior de la próxima viga, dintel o losa. Si se tratase de un antepecho o si el muro se va a coronar con una viga de amarre, habría que descontar 0.01 de junta. En la tabla siguiente se muestran las alturas de hasta 20 hiladas:

d	Alt.	d	Alt.	d	Alt.	d	Alt.
1	0.215	6	1.240	11	2.265*	16	3.270
2	0.420*	7	1.445*	12	2.470*	17	3.495*
3	0.625	8	1.650	13	2.675	18	3.700*
4	0.830*	9	1.855*	14	2.880*	19	3.905
5	1.035	10	2.060	15	3.085*	20	4.110*

Las dimensiones con asteriscos corresponden, con ligeras diferencias, a las alturas normalizadas de ventanas de celosías. Las otras dimensiones de ventanas requerirían un relleno del quicio o peana.

La altura de hueco de puerta más corriente es de 7'-1½" (2.17 m) que no corresponde a los módulos de los bloques. El próximo inferior deja un hueco de 6'-9 1/8" (2.06 m) que resulta muy bajo, y el próximo superior no está modulado con relación a las planchas de plywood que se usan para fabricar las puertas. Si vamos a dejar los bloques sin empañetar, debemos usar el próximo módulo de 2.45 (redondeado a los 5 cms más cercanos) con lo cual podemos usar planchas de plywood de 8', un grueso de marco de 0.04 (1½") y 0.01 de hueco entre la puerta y el piso. Si la pared se va a empañetar, o si aceptamos que la terminación del dintel se vea diferente que la del resto del muro, podemos hacer el hueco terminado de 2.17 m. ajustando la altura del dintel a 0.30 para que su cara superior corresponda al tope de la hilada que queda a 2.47 m.

10. MUROS

Los muros son los elementos arquitectónicos verticales que rodean y limitan los diferentes ambientes, protegiéndolos de los agentes exteriores y ayudando a soportar las cargas muertas y vivas que gravitan sobre la estructura. Los distinguimos así de los tabiques o panderetas, que pueden estar hechos de los mismos materiales, pero que sólo soportan su propio peso. Los muros pueden estar hechos con materiales naturales como la piedra y la madera (éste último lo abordaremos más adelante), o de materiales artificiales como los ladrillos, bloques o concreto. En los de mampostería, los mampuestos que se colocan con su longitud mayor paralela al eje de la pared, se dicen colocados **a sogá**, y si son perpendiculares, **a tizón**; los que atraviesan la pared de un lado a otro son los **perpiaños**.

Es regla general que los muros de mampostería queden trabados, es decir, que las juntas verticales no coincidan con las de la camada inferior. Por lo menos un 15% del área del paramento exterior debe estar conectada al paramento interior con perpiaños o mampuestos a tizón. La junta de mortero es la parte débil del muro y si las juntas fuesen corridas formarían planos fácilmente escindibles. La distancia horizontal entre las juntas verticales de dos camadas sucesivas no debe ser menor de $\frac{1}{4}$ de la longitud del mampuesto. Debemos cuidar que se cumpla esta regla en las esquinas e intersecciones de los muros. Hay que recoger con la plana todo el mortero sobrante de las juntas para evitar que ensucie la cara del mampuesto; este mortero, si no ha comenzado a fraguar, puede recombinarse en la artesa con el mortero fresco para ser usado de nuevo.

10.1 REPLANTEO

Después de limpiar muy bien la parte superior de las zapatas, se procede a replantear los muros sea cual fuere el tamaño y el material de los mampuestos. Se colocan los hilos de nuevo en los clavos de las charranchas que corresponden a los paramentos del muro, previo chequeo de que no han sido movidos de su sitio y se bajan con plomadas las esquinas e intersecciones a la zapata. Se marcan dichos puntos con clavos de acero, luego se colocan, sobre una cama de mortero, los dos mampuestos correspondientes a los extremos de la hilada, asentándolos bien de modo que sus caras y aristas queden perfectamente verticales y en su sitio. Se coloca un hilo bien teso en línea con la arista horizontal superior, amarrado a mampuestos sueltos colocados encima de los que ya se han fijado. Se constata con nivel de mano, la horizontalidad del hilo teso y se procede a colocar los mampuestos intermedios hasta completar la hilada. Cada vez que se coloque un mampuesto se chequea con el nivel o con la plomada de albañil, que la cara exterior esté en el plano del paramento del muro y de inmediato se rellenan las juntas verticales usando el mortero sobrante de la junta inferior. Es conveniente, al terminar la primera hilada corrida, constatar con la cinta las medidas de los diferentes espacios y con la escuadra que las intersecciones forman ángulos rectos. Es fácil rectificar pequeñas desviaciones en esta etapa e imposible de hacer cuando los muros estén muy altos. Los escalones de la zapata, si los hubiese, deben estar modulados con la altura de las hiladas del tipo de mampuesto que se vaya a usar. En muros de bloques, por ejemplo, la altura de los escalones debe ser un múltiplo de 20 cm. Si los muros llevan armadura de acero, hay que poner especial atención a la colocación de las varillas que salen de las zapatas de modo que queden dentro del hueco correspondiente del mampuesto. Estos **bastones**, deben quedar a distancias exactamente moduladas y estar sujetas en varios puntos de su altura con otras varillas temporeras para evitar que se desplacen durante el vaciado de la zapata. Es mala práctica forzar la varilla a su sitio a base de mandarriazos o doblándola con el **junque**. Si están fuera de sitio, se debe hacer un vaciado de concreto con la altura de una hilada de modo que la transición no sea muy abrupta.

10.2 NIVELES

Por medio de las estacas con niveles de referencia mencionadas en el párrafo 4.2 se determina el nivel de piso terminado para no colocar mampuestos en los huecos de las puertas. Tan pronto suban los muros sobre el nivel del terreno se deben marcar niveles de referencia en todas las habitaciones, generalmente a 1.00 m. sobre el nivel de piso terminado, para controlar las alturas de los dinteles, de los fondos de vigas y losas y las de las salidas eléctricas y sanitarias. Estos niveles de referencia, si quedan recubiertos por el empañete u otros materiales, deben marcarse de nuevo para controlar las hiladas inferiores de los recubrimientos y los niveles de piso terminados. Para toda obra de mampostería de hiladas regulares se asegura su uniformidad y las alturas de los quicios y dinteles de puertas y ventanas usando una regla, del alto del piso, marcada con rayas que indiquen la altura de cada hilada.

10.3 ANDAMIOS

Cuando la altura del muro sobrepasa 1.50, hay que construir andamios para poder continuar la obra. Pueden ser de madera o de hierro, bien firmes y resistentes para soportar la carga de los operarios y de los materiales que se colocan sobre ellos para acercarlos al sitio de trabajo. La práctica de colocar tabloncillos tambaleantes sobre pilas de mampuestos es sumamente peligrosa y debe evitarse.

10.4 MUROS DE PIEDRA

Por la escasez de mano de obra experta, los altos costos de transporte y de la materia prima, se ha dejado de usar la piedra en muros de carga dejándole sólo un papel decorativo. Se usa en unas pocas residencias y para restaurar monumentos y edificaciones antiguas. Además de la trabazón mencionada, que se aplica a toda la mampostería, los de piedra deben cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.- Las cargas deben actuar perpendicularmente a los lechos de las piedras.
- 2.- No usar piedras con puntas muy agudas, o en forma de cuña.
- 3.- Debe tratar de mantenerse el mismo ancho en las juntas, ni muy estrechas ni demasiado anchas.
- 4.- A cada metro de altura debe haber una hilada horizontal de enrase.

De acuerdo a la labra, la mampostería puede clasificarse como:

Ordinaria: Los mampuestos se colocan sin labrar, tal como salen de la cantera o lecho del río, Figura 10.1.

Careada: Mampuestos irregulares, se labra únicamente la cara, Fig.10.2.

Concertada: Mampuestos irregulares, se labran las caras perimetrales para adaptarlas unas a otras para que las juntas queden regulares, Figura 10.3.

Sillarejos: Todas las caras labradas formando paralelepípedos cuya dimensión mayor no pasa de 30 cm., Figura 10.4.

Sillares: Igual al anterior, con caras de más de 30 cm., Fig.10.5

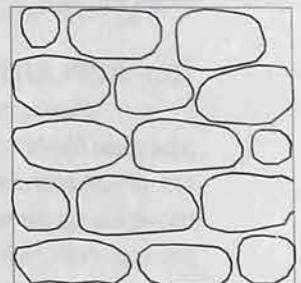


Figura 10.1

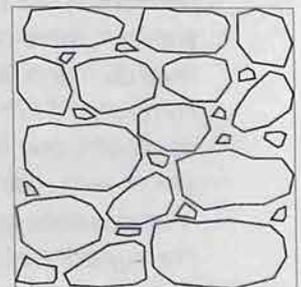


Figura 10.2

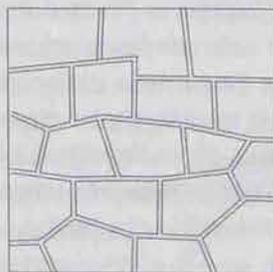


Figura 10.3

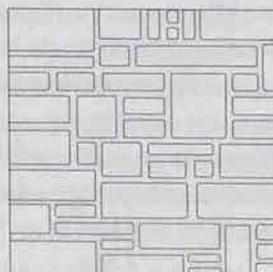


Figura 10.4

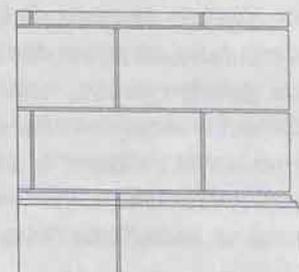


Figura 10.5

La cara exterior de las juntas de mortero debe quedar más atrás que las caras de las piedras, lo que llamamos **junta jalada**, por quedar más protegida contra la lluvia y por disimularse lo variable de su ancho debido a las irregularidades de la piedra. Cuando los mampuestos son muy grandes y pesados, no es posible esparcir primero el mortero de la junta, ya que no habría manera ni de controlar su espesor ni el aplomo o alineamiento de la pieza. Se opta por colocar calzos de madera o de hierro donde se asienta la piedra y luego se vierte el mortero lo suficientemente fluido para poder llenar todo el espacio debajo. Luego se quitan los calzos y se rellenan los huecos con mortero fresco. Es obvio que para mover estas piedras pesadas se precisan poleas y malacates o grúas, y hay que hacerles muescas en la cara superior o en los lados para poder izarlas. Las piedras que se usan en la mampostería careada y en la concertada pueden desbastarse y pulirse en la obra. Los sillarejos, y sobre todo, los sillares, son objeto de planos detallados y vienen listos y catalogados desde la cantera o el taller especializado donde se labran. Hay que cuidar que las aristas no se descantillen durante el transporte protegiéndolas con madera o colocándolas sobre lechos de paja.

Para salvar los huecos de puertas y ventanas se pueden utilizar piezas de suficiente longitud para que queden bien apoyadas en las jambas y de suficiente altura para resistir los momentos flexores. También se pueden salvar con arcos por medio de **dovelas** cuya cara inferior sigue la curva del intradós del arco y la superior la del extradós, siendo radiales las otras dos. Hay que recordar que los arcos introducen empujes horizontales en los soportes que es preciso contrarrestar con la masa del muro para evitar rajaduras; si el peso muerto que gravita sobre el arco es muy grande, pueden usarse arcos empotrados en el muro que queda encima del hueco, para desviar las reacciones hacia los apoyos. La mampostería de piedras es sumamente costosa, precisa de talleres y operarios muy especializados y se toma una enorme cantidad de tiempo. Por ejemplo, y a pesar del uso de métodos modernos para el corte e izamiento de los mampuestos, la construcción de la catedral de San Juan el Divino en New York, ha tomado más de cien años para terminarse. Hoy día la piedra se usa más como un material decorativo de recubrimiento, en combinación con otros materiales más baratos, como el concreto o los bloques. Este uso lo veremos de nuevo al estudiarlos en el capítulo 32. REVESTIMIENTOS.

10.5 MUROS DE LADRILLO

Los ladrillos se colocan sobre una cama de mortero previamente esparcida y, después del primero, a cada uno se le unta mortero con la plana en su cara lateral (testero) para oprimirlo contra el ladrillo ya colocado, formando así la junta vertical. El grueso de los muros se expresa también en **astas**, que equivalen a la longitud de un ladrillo, así, un muro de media asta consta de una sola hilera de ladrillos a soga, una de una asta, en dos hileras a soga o una a tizón, etc. Los aparejos más corrientes se muestran en la Figura 10.2, el más simple, y que cumple con los requisitos de una buena obra de mampostería, es el **americano**, que ellos llaman "running bond", donde una de cada seis hiladas se coloca a tizón. Los otros, especialmente el francés y el flamenco no son tan monótonos como los primeros y producen texturas más decorativas, aunque se desperdicia un poco más de material y de tiempo. Se han sombreado los ladrillos que hay que partir a $\frac{3}{4}$ ó $\frac{1}{2}$ asta. Los aparejos francés e inglés usan hiladas alternativas a soga y a tizón. Las primeras dos hiladas de ambos son iguales. Estas se repiten para el inglés, pero para el francés se hace desplazar media asta cada tercera hilada. Se puede conseguir una textura aún más rica haciendo retallar ligeramente algunas o todas las figuras cruciformes de estos aparejos. En ningún caso debe permitirse la alineación de juntas verticales en más de tres hiladas sucesivas.

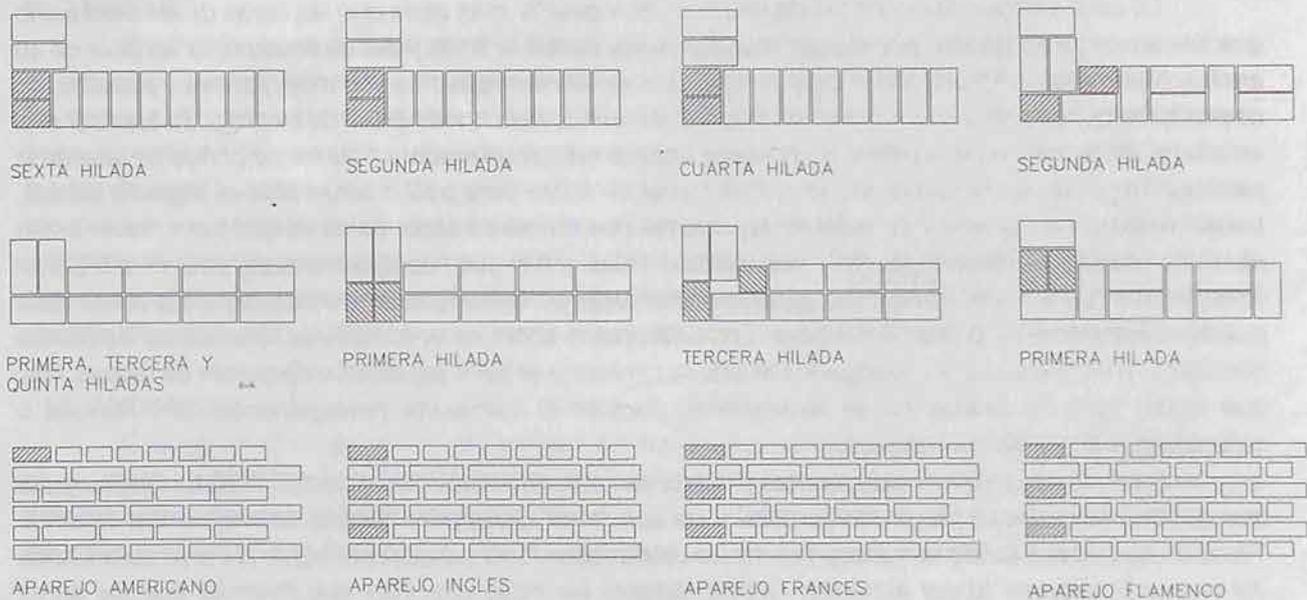


Figura 10.6

Las juntas pueden quedar al rás con la superficie o pueden recesarse como vimos para las piedras, también pueden hacerse cóncavas hacia adentro con una varilla redonda o con el violín, o en "v" con una varilla cuadrada. Es mejor práctica sacar el mortero hasta cierta profundidad cuando aún está fresco y luego rejuntar con mortero más rico en cemento, o al que se le ha añadido color, hasta llegar a la superficie externa.

Luego de terminada la pared, después que el mortero haya fraguado bien, se lava el paramento exterior con agua acidulada con un 5% de ácido clorhídrico para remover las manchas de cemento y luego con agua limpia para remover todo rastro de ácido. Con el tiempo es posible que la lixiviación de los materiales alcalinos del ladrillo y del mortero produzcan una eflorescencia blanquecina que afea la apariencia de la obra y que deberá ser removida lavándola de nuevo con agua acidulada, como se describió anteriormente. Los ladrillos pueden usarse también como material puramente decorativo, respaldados por una pared de carga de concreto o de bloques; ésta aplicación la veremos al tratar los recubrimientos.

10.6 MUROS DE BLOQUES

Los bloques se colocan de modo que la parte más gruesa de los tabiques quede hacia arriba. Se colocan dos hileras de mortero que corresponden a los tabiques exteriores del bloque, excepto en la primera hilada, donde el mortero se extiende bajo toda la superficie del bloque, y alrededor de los hoyos donde haya varillas, para evitar que se salga el concreto. Las juntas verticales pueden hacerse colocando dos hileras de mortero en los bordes laterales del bloque, que se ha inclinado algo para recibirlas, o rellenándola con el mortero que sobra de la junta horizontal después de haber llevado el bloque a su sitio. Para muros de carga, la ley de construcciones vigente, para los cuatro pisos superiores de una edificación, exige los siguientes requisitos:

- 1.- La construcción de bloques no puede tener más de 12 m. de alto.
- 2.- Para el piso más alto, hay que usar bloques de 0.15 m. (6").
- 3.- Para los dos pisos inferiores a éste, bloques de 0.20 m. (8").
- 4.- Para el piso inferior a estos tres, bloques de 0.30 m. (12"), de ahí para abajo es necesario usar hormigón armado.
- 5.- Uno de cada dos bloques (0.80 m.) debe estar armado con varillas verticales ϕ 3/8", lo mismo que en los tres hoyos alrededor de cada esquina y en todos los hoyos cercanos a una intersección. Estos hoyos deben llenarse cada tres hiladas con hormigón de gravilla. Estas columnitas deben ser continuas, desde la zapata hasta las losas o vigas, y, para

facilitar la colocación de los bloques se usan pedazos de 1.20m. (4'-0") de largo, con empalmes de 0.38 m. (15") atados en dos puntos con alambre calibre 16.

Es recomendable, sobre todo en construcciones sobre terrenos malos, armar horizontalmente los muros de bloques colocando 2 varillas \varnothing 1/4" cada dos hiladas, embebidas en la junta de mortero. En los Estados Unidos ésta armadura viene en forma de malla electrosoldada con el ancho específico para cada tipo de bloque.

Hay que cuidar que se mantenga la alineación y la verticalidad del muro, especialmente en las esquinas, que deben quedar, como guías, siempre más arriba que el resto de la pared; sólo es necesario que el borde externo superior de cada bloque se alinee con el hilo y que se constate, con el nivel de mano, que la cara exterior está en el plano vertical del paramento. Debe levantarse la obra pareja en toda su extensión. No es conveniente subir más de 2 metros de muro en un solo día porque el peso propio puede deformar las juntas de mortero, aún frescas, de las hiladas inferiores. Es conveniente que todas las tuberías de agua y de desagüe estén en su sitio, y que las eléctricas se coloquen antes de cerrar las paredes para evitar el tener que ranurarlas después. Las varillas de refuerzo deben doblarse en la losa o viga de amarre o, si han de seguir a un antepecho, terminarlas antes del tope de modo que queden recubiertas y protegidas por el concreto.

Es muy importante, cuando se va a vaciar una losa de piso, que se haga un replanteo cuidadoso de las paredes y panderetas, incluyendo la ubicación de las puertas, para que las varillas de refuerzo y todas las tuberías sanitarias y eléctricas queden dentro de las paredes correspondientes. La mejor forma de hacerlo es dibujar la traza de las paredes y panderetas sobre el falso piso, antes de colocar las varillas de refuerzo. Cuando se cambia el espesor de una pared de un piso a otro, se usa el mismo eje para las paredes interiores y se alinean los paramentos exteriores para las paredes perimetrales. En algunos casos, como cuando el ancho del cuarto de baño corresponde al largo de la bañera, hay que mantener una medida interior exacta, que en el caso mencionado, debe ser de 5'-2 1/4" (1.58 m.), si las paredes van a estar recubiertas de azulejos.

Las esquinas de los muros deben quedar trabadas, como se explicó para la construcción de ladrillos. En las intersecciones no es posible trabar cada hilada de ambos muros; en este caso debemos conseguir que no queden alineadas más de tres juntas verticales sucesivas en ningún punto. Esto se consigue haciendo que cada cuarta hilada del muro o pandereta penetre dentro de la otra pared. Otro modo de tratar estas intersecciones es anclando en ambos una pletina de acero de 1" x 1/8" x 24" (0.025 x 0.003 x 0.61) doblada en forma de "Z", cada 5 hiladas. Para la unión de una pandereta con un muro de carga se puede usar un anclaje de tela metálica galvanizada de 1/4" de 3" x 12" (0.075 x 0.305) cada dos hiladas. Éstas se pueden dejar colocadas en el muro de carga para luego construir la pandereta. Este tipo de junta siempre tendrá algún movimiento por lo cual es recomendable terminarla, en ambos lados, con masilla plástica. Si hay pernos de anclaje, deben colocarse en los huecos de los bloques, preferiblemente en los que ya tienen varillas, de no ser así, deben llenarse de concreto por lo menos dos hiladas obturando la inferior a éstas con papel o tela metálica para que el concreto no se pierda en el hoyo.

Las paredes de bloques no se pueden limpiar con ácido por lo cual hay que tener especial cuidado en mantenerlas libres de mortero durante la construcción, si van a permanecer sin empañetar. Cualquier chorreadura de mortero que ensucie el bloque hay que esperar que se seque antes de intentar quitarla, porque húmeda lo mancharía. Después de seca se puede frotar con un pedazo de bloque o con un cepillo duro.

La longitud o altura máxima que debe tener un muro de bloques entre soportes estructurales es de 40 veces su espesor, es decir, que un muro de 0.20 no debe tener un largo o altura mayor de 8.00 sin soportes estructurales. Esto se consigue intercalando columnas, vigas o losas de hormigón armado, o muros que le incidan perpendicularmente, para que no se excedan estos límites. Siempre hay una concentración de esfuerzos donde hay cambios bruscos en la sección del muro, alrededor de los huecos, por ejemplo, en cuyos ángulos frecuentemente se producen rajaduras típicas. Algunos códigos, para remediar esto, exigen un marco de hormigón armado alrededor de todos los huecos.

11. MUROS MOLDEADOS

Los muros hechos a base de aglomerantes y agregados inertes necesitan de moldes que puedan contener la mezcla recién hecha, que está en estado fluido, hasta que fragüe y se endurezca, como vimos en el párrafo 7.4. En la tapia se usa cal como aglomerante y en el concreto se usa el cemento Portland.

11.1 MUROS DE TAPIA

Muy usados durante el período colonial y aún hoy en día en muchas partes del mundo en construcciones rurales. Es un muro de tierra apisonada, mezclada con cal y muy poca agua, a la que se le agregan cascotes de ladrillo o de piedra. Decían las buenas normas antiguas que la tapia debía mojarse sólo con el sudor del que la apisonaba. Los moldes, Figura 11.1, estaban hechos de tabloncillos de 2" x 10" o de 2" x 12" sujetos abajo con pernos y tuercas de hierro o con cuartones de 2" x 4", ranurados para recibir las costillas verticales que se afianzaban a ellos por medio de cuñas. Las costillas se aseguraban arriba con trabillas de madera. La tapia se depositaba por camadas a todo lo largo de la obra. Para salvar los vanos de los huecos de puertas y ventanas se usaban gruesos cuartones de madera dura, como el capá (*Cordia alliadora*), el guayacán (*Guaicum officinale*) o la caoba (*Swietenia mahogany*) que, por aquel entonces, crecían abundantemente en la isla. Estas especies de madera son muy resistentes a la pudrición y al ataque de los insectos, como podemos ver en nuestras casas coloniales, donde éstos dinteles perduran hasta nuestros días. La tapia hay que protegerla con empañete. Originalmente se usó la cal como aglomerante; hoy usamos el cemento Portland pero, para reparar los muros antiguos, se usan mezclas con poco cemento, arena y caliche. Las retracciones de una mezcla muy rica causarían rajaduras y el empañete podría desprenderse en pedazos con porciones de tapia adherida. Las ventajas de este material son su gran atermancia y su resistencia a la transmisión de sonidos, de allí la expresión de "sordo como una tapia". Su gran desventaja es la poca resistencia a la compresión y, sobre todo, a la tracción, lo que pone la estructura en peligro de colapso durante los movimientos sísmicos. Para obviar estas dificultades, las construcciones de tapia se hacían con muros bien gruesos, de 50 ó 60 cms. con casas en hileras, trabadas unas con otras para reforzarse mutuamente; tampoco se elevaban a más de dos pisos.

11.2 MUROS DE CONCRETO

El concreto como material de construcción se estudió en el Capítulo 7, veremos ahora su aplicación específica a la fabricación de muros. Los moldes pueden ser de madera, metálicos o una combinación de ambos y deben cumplir con los requisitos que ya vimos en la sección 7.4, **ENCOFRADOS**; los metálicos pueden ser de aluminio o de acero, y estos últimos pueden estar combinados con madera. Si se han de movilizar a mano, no pueden ser muy pesados y generalmente no pasan de 1.20 m de altura y 6.00 m de largo. Se hacen con tablas cepilladas que constituyen el **tablero** y de cuartones de refuerzo que son las

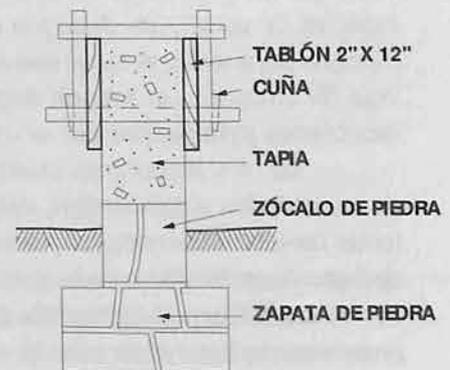


Figura 11.1

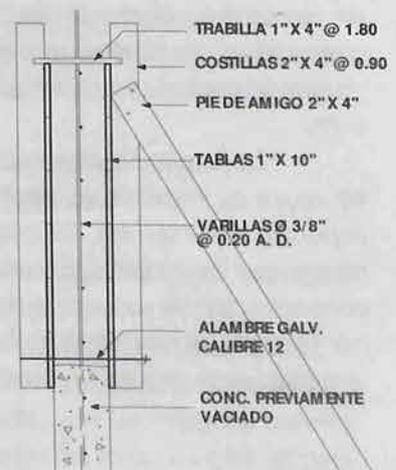


Figura 11.2

costillas, Figura 11.2. El final del tablero se clava de modo que quede media costilla libre para poder clavar allí el próximo tablero.

Para la primera moldeada sobre la zapata o sobre una losa de entrepiso, se fijan dos cuartones con clavos de acero dejando entre ellos el ancho del muro; luego las costillas de los moldes se clavan a estos durmientes. Hay que proveer un separador entre los moldes, cuyo largo corresponda al grueso del muro y se llama un **número**. Este puede ser un tubo metálico o de PVC de paredes gruesas con un perno que apriete los dos moldes o un taquete de madera con un lazo de alambre dulce al que se le da tortar para juntar los moldes. En este último caso, es necesario removerlo durante el vaciado porque, de dejarlo en su sitio, formaría una expedita vía de agua hacia el interior o un opíparo banquete para el comején.

Cuando se dispone de equipo de izamiento en la obra, se pueden utilizar moldes grandes que abarquen paredes completas, estos se denominan con el anglicismo de **gangas**, que pueden ser a base de sistemas patentados o construídos en el lugar de la obra con plywood y cuartones. Los refuerzos de estas gangas de moldes deben ser sujetos a cálculos de resistencia ya que, por su altura, las presiones hidrostáticas del concreto fresco son considerables.

Uno de los sistemas más comunes usa tableros de planchas de plywood, o mejor de **plyform**, de 3/4", que se colocan vertical u horizontalmente, Figura 11.3. Las costillas, de un largo igual a la altura del muro a vaciarse, son de 2" x 4", espaciados a 16" ó 24", a las cuales se clava el tablero. Las costillas a su vez, se refuerzan horizontalmente con pares de largueros también de 2" x 4". La distancia entre estos pares varía de acuerdo con la altura, estando más juntos los de la parte inferior. Estos largueros se clavan bien a las costillas, con clavos inclinados, de modo que el conjunto pueda resistir los izamientos y los descimbrados. Se fija generalmente la cara interior, que puede apuntalarse al piso con pies de amigo, se alinea y se aploma cuidadosamente en todas sus partes, se coloca la armadura de acero, que también viene pre-ensamblada, y finalmente, se coloca el molde exterior, que se amarra al primero por medio de conectores patentados que mantienen la separación que corresponde al grueso del muro y se aprietan con cuñas o tuercas un molde contra el otro. Estos conectores, que se conocen con su nombre inglés de "ties", (pronunciado "táís"), son de dos tipos principales. Unos son recuperables, que se usan con tubos de acero o de PVC como separadores que se quedan en el concreto; los otros tienen una sección más estrecha, algo recesada con relación a la cara del muro, por donde se quiebran con una ligera retorcadura del martillo, cuando se está descimbrando. En ambos casos, el hueco que dejan los conectores se rellena con mortero de cemento. Si el hormigón ha de quedar visto, debe tomarse en cuenta la distribución de estos huecos para que formen un conjunto armónico.

Otro tipo que se consigue en el país son los moldes "Simmons", Figura 11.4, formados de angulares de acero forrados con plyform de 5/8", estos vienen de una altura standard de 8' (2.44 m) y anchos en múltiplos de 2" (0.05 m) desde 4" (0.10 m) hasta 24" (0.61 m). Con estos mismos anchos vienen también en alturas de 3 hasta 7 pies en incrementos de 1 pie. Los conectores, de pletinas de acero, sirven para unir al mismo tiempo un panel con el otro y con la cara opuesta, manteniendo la separación correspondiente al ancho del muro. Las esquinas se hacen con angulares de acero que tienen las mismas perforaciones para conectarse a los otros paneles. En paredes muy grandes, hay que reforzar estos paneles con travesaños de madera, horizontal o verticalmente, como vimos en el método anterior. En todo caso se precisan piés de amigo para mantener la verticalidad. Estos moldes vienen también forrados con capas de fibras de vidrio o de plásticos elastoméricos que le dan a la superficie del

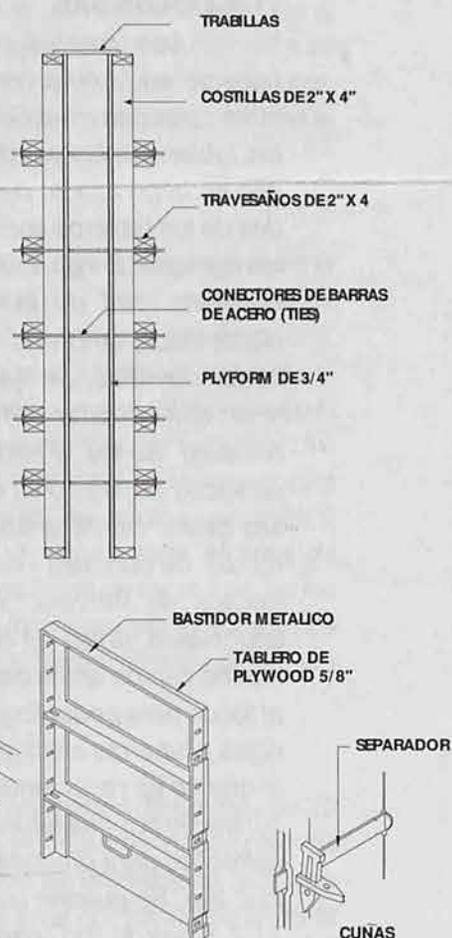


Figura 11.4

concreto terminada una apariencia rugosa o que imita ladrillos o piedras.

Las gangas de moldes, al descimbrarse, deben ser limpiadas de todo resto de concreto, su superficie reparada, si fuese necesario y untadas con los aceites especiales para moldes, que no manchan el concreto. Se estiban verticalmente, de modo que no queden en contacto con el suelo y desde donde puedan ser sacados individualmente cuando vayan a ser usados de nuevo. El sitio de almacenaje debe quedar dentro del radio de acción de la grúa, si es fija o que ocasione un desplazamiento mínimo, si es movable.

11.3 COLUMNAS

Los moldes para columnas rectangulares aisladas pueden hacerse en la obra con tablas cepilladas, o ensamblarse con paneles modulares como los Simmons. Si son de madera, Figura 11.5, se clavan los tableros a las costillas correspondientes a las caras de la columna, con su largo exacto del piso al fondo de vigas, tomando en cuenta que dos de los tableros son del mismo ancho de las caras y a los otros dos se les agregan dos gruesos de tabla. Las costillas se espacian de acuerdo a la altura total de la columna, de modo que resistan la presión hidrostática, colocadas de tal modo que queden una sobre otra para poder clavarlas. Se fijan tres caras del molde en forma de "U" para no tener que ensartar el molde sobre el tope del canasto de las varillas de refuerzo. Se fija la parte inferior con taquetes de madera previamente clavados en la zapata o en la losa y se aploma y alinea bien por todas sus caras. Se traba en, por lo menos, dos direcciones ortogonales por medio de puntales inclinados y se limpia bien en la base para eliminar trocitos de madera, virutas o cualquier basura que allí se haya acumulado, antes de cerrar el molde por la cuarta tapa. Si va a pasar mucho tiempo antes del vaciado, es conveniente dejar una portezuela en el fondo para poder limpiar de nuevo. Antes de cerrar hay que revisar las cajas y tuberías eléctricas y si hubiese algún tubo de agua o de desagüe, lo que no es recomendable, deben probarse a presión para protegerse contra filtraciones futuras. Para columnas redondas se usan listones bien estrechos para producir la superficie curva, Figura 11.6, si no se van a empañetar, se forran con hojas de zinc liso. Se pueden usar tubos de cartón, idóneos para estos fines, que se usan sólo una vez, Figura 11.7, tubos de PVC para drenaje o para agua que se parten en dos mitades y se refuerzan con cepos de madera. Las varillas de las columnas deben colocarse lo más afuera posible, siempre dejando la debida protección de concreto, ya que, para los fines de cálculo, sólo se toma en cuenta el área limitada por el perímetro del canasto. Para absorber los esfuerzos cortantes y para evitar el pandeo de cada varilla cuando esté bajo carga, se amarra con estribos que no deben estar a más de 0.20 m y deben unir cada varilla individualmente, es decir, si hay más de cuatro varillas, deben haber dos tipos de estribos, uno que una las varillas de las esquinas y otro las intermedias. Los ganchos terminales de los estribos deben doblarse más allá del perímetro de modo que apunten hacia el centro de la columna en ángulo de 45°. Cuando las columnas tienen varios pisos, las varillas deben proyectarse sobre la losa de entrepiso por una longitud de empalme de cuarenta diámetros y deben doblarse hacia adentro, como vimos en la sección 7.5, de modo que el canasto superior quede por fuera del inferior. Es casi mandatorio hacer este empalme ahí porque, con la cantidad de varillas envueltas, más las que aportan las vigas, sería imposible un vaciado exitoso. Si la ampliación hacia arriba ha de hacerse en el futuro, las varillas salientes se protegen contra la intemperie con hormigón pobre, que pueda demolerse fácilmente cuando se continúe la obra. En columnas muy altas, el vaciado debe hacerse con tubos o mangueras de modo de acortar la caída libre del concreto, ya que, de otro modo, el agregado grueso se acumularía en el fondo.

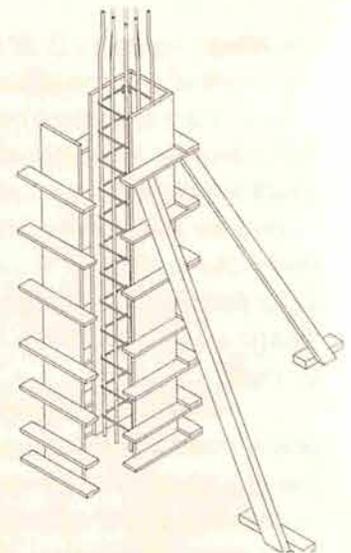


Figura 11.5

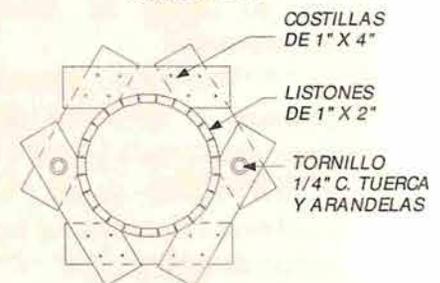


Figura 11.6

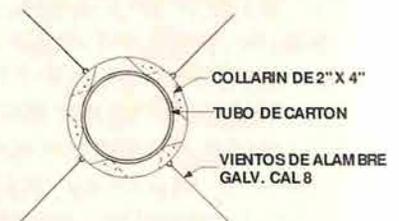


Figura 11.7

12. RELLENO

Cuando el área de construcción es grande, y es propicio el uso de equipo pesado para el movimiento de tierra, puede resultar más económico hacer el relleno del interior del edificio antes de excavar para las fundaciones. En este caso, se trata el relleno como un terraplén, Sección 2.2, consolidando un área algo mayor que la planta del edificio y luego se procede con las excavaciones, a través del terraplén, hasta llegar al terreno firme. Con esto se consigue un mejor control de calidad y se ahorra tiempo, lo que compensa, con creces, la cantidad adicional de excavación que se requiere. Volvemos a insistir en la necesidad de eliminar por completo la capa vegetal, antes de proceder con el relleno.

12.1 PROTECCIÓN CONTRA EL COMEJÉN

En esta etapa es recomendable un tratamiento que proteja la madera que ha de usarse en la edificación, contra el ataque del comején. Este consiste en inyectar un veneno en el suelo para destruir las colonias subterráneas de este dañino insecto. Puede usarse una solución de creosota con kerosene, si no hay objeción al olor de la creosota o compuestos de cloro y bencina, como el ortodichlorobencina o la paradichlorobencina, diluidos en agua al 2%. Este trabajo debe dejarse a compañías especializadas en el control de plagas, quienes tienen el equipo y la mano de obra idóneos. Son necesarias por lo menos dos aplicaciones, una en el terreno natural, luego de terminadas las excavaciones para la zapata, y otra después de terminado el relleno de pisos, poco antes de vaciar la losa. Esto se hace inyectando a presión el insecticida, en barrenos previamente hechos, de modo que se sature toda el área de construcción y la tierra en movimiento. La segunda aplicación se hará a ambos lados de los muros, en los huecos de los bloques, alrededor de las tuberías de agua y en las salidas de tomacorrientes, además de rociar toda el área de piso. Deben tratarse, también, los árboles y verjas circundantes, se haya detectado o no, la presencia de comején.

12.2 CONSOLIDACIÓN

Tal como se explicó para los terraplenes, el relleno debe hacerse en capas de no más de 20 cm., rociando agua hasta obtener la humedad óptima, y luego consolidando vigorosamente con pisones de mano o con equipo idóneo, neumático o de gasolina, que por sus saltos característicos han sido bautizados con el nombre de **macos**. Especial cuidado hay que poner en el área comprendida entre la excavación de la zapata y el muro, que, por su estrechez, dificulta el apisonado y que, muchas veces, los obreros se limitan a palear la tierra sin consolidarla. Más importante aún que en los terraplenes, la consolidación real de los rellenos debe controlarse haciendo frecuentes pruebas de Proctor. Los hundimientos causados por un relleno mal hecho son estéticamente objetables y muy costosos de corregir a posteriori.

12.3 BARRERA DE VAPOR

El vapor de agua asciende hacia la superficie, especialmente durante la noche y se transmite a través de los pisos, ya que el concreto es permeable al vapor. En áreas donde haya poca ventilación, como en closets o ambientes poco frecuentados, esta humedad puede hacer proliferar el moho, con su secuela de malos olores y el deterioro de los materiales orgánicos como madera y cuero. Para evitarlo, se debe proveer una barrera que impida el paso del vapor, y que consiste en una lámina de polietileno, como veremos en la sección 16. IMPERMEABILIZACIÓN.

13. VIGAS Y LOSAS DE CONCRETO

13.1 VIGAS

Las vigas de hormigón armado reciben las cargas de las losas de techo o de entrepiso para transmitir las a las columnas o mechones. Actúan por flexión; para resistirla se utiliza el acero para soportar los esfuerzos de tracción y el concreto solamente los de compresión. En algunos casos, también se utiliza acero para absorber los esfuerzos de compresión si éstos superan la capacidad de resistencia del concreto. El esfuerzo de tracción puede considerarse aplicado al centro de gravedad de la sección de acero. Éste debe estar lo más alejado posible del eje neutro para que el momento resistente sea el máximo, tomando en cuenta el grueso de concreto necesario para proteger el acero y que el espacio entre las varillas permita pasar el agregado grueso que se ha de usar. De manera práctica, la distribución de las varillas debe limitarse a una o dos camadas. Idealmente podría disminuirse la sección de acero en la medida en que disminuye el momento flexor a ambos lados del momento máximo, pero, para asegurar la adherencia de las varillas, se continúan por lo menos dos de éstas hasta los apoyos. Algunas se doblan a 45° cerca de los apoyos para absorber los esfuerzos cortantes y para aportar área de acero sobre los apoyos en las vigas continuas. Estas varillas se denominan **camellas**. El canasto de las varillas se acaba de armar con los estribos, que son aros de varillas que amarran las longitudinales y también sirven para resistir los esfuerzos cortantes. Normalmente se colocan más juntos cerca de los apoyos. En estructuras aperticadas, los estribos se colocan aún más cercanos en los apoyos para asegurar la rigidez de los nudos.

13.2 FORMALETAS

Las formaletas de vigas, Figura 13.1, se construyen en el taller de carpintería, a pie de obra, armando un tablero de fondo, del mismo ancho que ha de tener la viga, y dos costados de un ancho igual a la altura de la viga más un grueso de madera. Estos tres tableros se clavan a costillas espaciadas a no más de 60 cm., colocadas de modo que las del fondo puedan eventualmente clavarse a las de los costados. Se coloca primero el fondo apoyándolo y asegurándolo bien en los extremos, luego se coloca la cargadera unida a los puntales que, a su vez se apoyan en dos cuñas sobre un tablón en el piso. Se colocan hilos en las aristas de la tabla de fondo para marcar la posición final y, apretando o aflojando las cuñas, se lleva el fondo hasta hacerlo coincidir con los hilos. Es necesario repasar todos los puntos porque el martilleo de las cuñas afecta lo hecho anteriormente. Luego que el fondo está en su sitio en toda su extensión, se aseguran las cuñas clavándolas al tablón. Cuando los puntales son muy altos, hay que arriostrarlos con enlates brutos para evitar el pandeo. Después que el fondo está fijo, se procede a colocar los costados. Si las vigas son aisladas, es decir, no hay una losa que las una, las costillas del fondo deben sobresalir bastante para poder clavar enlates inclinados que aseguren la verticalidad de los costados; Cuando hay losa, el falso piso los asegurará. Los puntales pueden ser metálicos telescópicos, cuya altura puede ajustarse deslizando la parte superior y girando la rosca, en un rango de 4' (1.22 m). Tanto en la base como en el cabezal, tienen planchuelas de acero que pueden clavarse a la madera, son de diversos tamaños para alturas de 1.00 a 5.00 metros. Tal como con los de madera, los muy largos deben arriostrarse por el medio para evitar el pandeo.

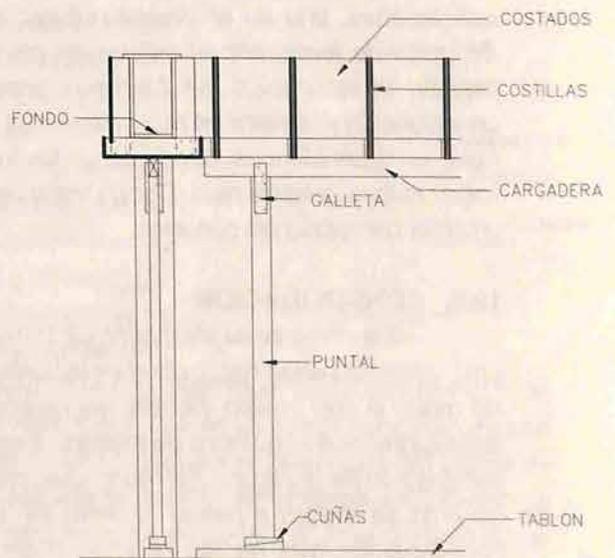


Figura 13.1

Figura 13.1

13.3 LOSAS

El molde, o **falso piso**, para las losas consiste de un tablero de madera o plywood soportado por costillas que, a su vez, se apoyan en cargaderas y éstas en los puntales. La separación entre costillas está entre 2 y 4 pies (0.61 y 1.22 m) para modularlas con las dimensiones del plywood. Pueden ser cuartones de 2"x 4" en adelante o viguetas telescópicas de acero, apoyadas en los muros o en los costados de las vigas. Dependiendo de las luces que se han de salvar y de las cargas envueltas, pueden requerirse cargaderas intermedias colocadas a dos o tres metros de distancia unas de otras. Los puntales, descritos en el párrafo anterior, generalmente no están a más de 4 pies (1.22 m) entre sí, y su altura se ajusta con cuñas. El centro de la losa debe levantarse ligeramente sobre el nivel del perímetro, unos 3 mm. por metro de luz, de modo que, al deformarse bajo carga, quede plana la superficie inferior. Primero se colocan sobre el piso los tableros donde se van a colocar los puntales, luego se suben éstos con las cargaderas, arriostrándolos temporalmente para mantenerlos en su sitio. Con clavos de acero se asegura un enlate bruto a lo largo del perímetro de pared y después se colocan las costillas asegurándolas con clavos inclinados a las cargaderas y al enlate de la pared. Encima de las costillas se coloca el tablero que, si es de planchas de plywood, no necesita clavarse. Por economía, se colocan planchas enteras y lo que falte se rellena con tablas cepilladas, aunque el grueso de éstas es ligeramente inferior al del plywood. Como tablero también se pueden usar planchas de acero corrugadas, que se quedan en su sitio, o placas rígidas de fibras de vidrio, que ayudan al aislamiento térmico y acústico. Es importante que ningún borde del falso piso quede arropado por el concreto porque será muy difícil de quitar después. Luego que toda la losa esté forrada, se procede a ajustar las alturas por medio de las cuñas bajo los puntales. Se colocan hilos sobre el falso piso siguiendo la línea de las cargaderas y, entre dos operarios, se lleva cada área a su ubicación final. Como para las vigas, hay que revisar todos los puntos de nuevo, ya que han podido desplazarse con el martilleo. Una vez que todo esté en su sitio, se clavan las cuñas para asegurarlas. Para los puntales pueden usarse también los gatos metálicos, descritos para las vigas, o andamios tubulares fácilmente ensamblables, bien arriostrados y que se empalman unos encima de otros, con módulos de 6 pies (1.82 m), para llegar a alturas considerables. Bajo el primero y sobre el último se colocan piezas atornilladas que pueden ajustar la altura en un rango de hasta 12" (0.305 m.) cada uno. Con estas **camas** se pueden fabricar los moldes voladores (Flying shores), compuestas de un tablero de plywood, las camas tubulares bien arriostradas a ambos sentidos y dos tableros de base, todo sólidamente unido, cuyo largo sólo depende del equipo disponible para moverlo, y que facilitan grandemente el cimbrado y el descimbrado de los pisos en edificios de mucha altura, ya que se mueven de un piso a otro con relativa facilidad, izándolos con grúas. Sólo es necesario que en el diseño estructural se eliminen las vigas perimetrales para poder sacar los voladores sin problemas.

13.4 LOSAS NERVADAS

El concreto se puede usar más eficientemente si aumentamos el espesor de la losa y, por ende, el momento resistente, sin aumentar el considerable peso propio del concreto. Esto se consigue con las losas nervadas cuyos nervios pueden ser paralelos, formando cuadrículas o, como brillantemente ha mostrado Nervi, siguiendo las curvas de mayores esfuerzos. Para el primer tipo, se colocan los fondos de las nervaduras, como describimos para las vigas, y entre ellos se colocan moldes de acero modulares, en forma de "U", cuya profundidad forma la altura del nervio. En los apoyos se usan piezas especiales que cierran uno de los costados para formar la viga perimetral. Para los cuadriculados, que reciben el nombre de **artesonados**, se pueden usar cajones de cartón, que se usan una sola vez, módulos hechos de espuma de polietileno, que quedan insertos en la losa, o moldes de acero o de fibra de vidrio, que se recuperan soplándolos en el medio con aire comprimido. En estos casos, se pueden dejar de colocar los cajones alrededor de las columnas, formando capiteles muy reforzados donde los esfuerzos son mayores. Para este tipo de losas resulta más económico hacer el falso piso completo, colocando los cajones sobre él. Para los nervios curvos hay que hacer verdaderas esculturas en plásticos reforzados con fibras de vidrio, párrafo 36.15, que sólo resultan rentables si se van a usar muchas veces.

13.5 ARMADURA

Las losas siempre se arman en ambas direcciones ya que la retracción del concreto y las deformaciones debidas a los cambios de temperatura son omnidireccionales. Los esfuerzos se distribuyen siempre de acuerdo a la capacidad de resistencia de la losa, es decir, los esfuerzos mayores están en la dirección de la luz menor. La camada más próxima al falso piso, donde es mayor el brazo de palanca del momento resistente, debe estar en la dirección donde los esfuerzos sean mayores, o sea, que las varillas inferiores deben siempre quedar en la dirección de la luz más corta. La buena práctica recomienda que el área mínima de acero debe ser mayor de 0.003 (0.3%) de la sección de la losa, distribuida en varillas del menor diámetro posible para que su espaciamiento no sea mayor de 2.5 veces el grueso de la losa. Se marca el espaciamiento con tiza en el falso piso, se distribuyen las varillas en ambas direcciones, cada una de la longitud necesaria y con un gancho doblado en cada punta, hacia arriba, en la porción de la varilla que va a quedar en la parte inferior de la losa, y hacia abajo cuando va a quedar sobre los apoyos. Se amarran con alambre calibre 16 algunas de las intersecciones de varillas y luego, a una distancia aproximada de 1/5 de la luz desde los apoyos, se doblan con el **junque** la mitad de las varillas para que queden en la parte superior de la losa donde han de absorber los momentos negativos. En esta área se colocan las barras adicionales, si las que suben de las losas adyacentes son insuficientes. Esta camada superior debe soportarse sobre apoyos que la mantengan en su sitio, ya con sillas de alambro galvanizado, que vienen fabricadas para alturas específicas, o con recortes de varillas \varnothing 3/8" dobladas para formar asientos estables. Aprovecho la oportunidad para destacar la importancia de mantener las varillas de la camada inferior separadas del falso piso, como se describe en la sección 7.5. Si esto no se hace adecuadamente, las varillas se oxidarán irremisiblemente, haciendo difícil, costosa y de dudosa eficacia, su reparación.

De las operaciones más peligrosas en la construcción es el vaciado de vigas y losas de concreto, especialmente en pisos altos. Graves accidentes, con pérdidas materiales y de vidas, han ocurrido en todos los países, incluyendo el nuestro, cuando la obra falsa se desploma bajo el peso del concreto fresco. En la mayoría de los casos se ha determinado que estos fracasos se deben a errores humanos y muy pocas veces a materiales defectuosos. En todos los pasos debemos mantener una actitud inquisitiva, no dormirnos en nuestros laureles repitiendo rutinariamente lo que antes nos había salido bien. Como guía, nunca completa porque las circunstancias cambian para cada caso, incluimos un listado mínimo de recomendaciones:

- 1.- El material que usemos en los encofrados debe estar en muy buenas condiciones, especialmente los puntales, que no deben tener nudos soltadizos o rajaduras que disminuyan su capacidad de soporte.
- 2.- Las dimensiones y el espaciamiento de las costillas, cargaderas y puntales deben ser calculados estructuralmente y con un alto factor de seguridad.
- 3.- Debemos revisar cuidadosamente que la obra esté bien asegurada, antes de comenzar el vaciado. Los puntales deben estar bien aplomados y arriostrados y las cuñas firmemente clavadas.
- 4.- El sitio hacia donde se van a transmitir las cargas debe tener la capacidad para soportarlas, terreno bien compactado o sobre una losa previamente vaciada, pero que ésta, a su vez, esté bien apuntalada.
- 5.- No sobrecargar un área vaciando sobre ella un gran volumen de concreto para, de ahí, tratar de repartirlo.
- 6.- No verter el concreto desde gran altura. No sólo puede haber segregación de los agregados sino que introducimos cargas dinámicas que pueden sobrepasar lo que los moldes pueden soportar.
- 7.- Mantener una inspección constante durante el vaciado en todas las áreas afectadas, tanto encima como debajo, de modo que los problemas se detecten siendo aún incipientes y puedan ser remediados.
- 8.- Colocar barreras en el perímetro de las losas y alrededor de los huecos de escaleras o de ascensores, para protección de los obreros.

14. CONCRETO PRECOMPRESIONADO

Uno de los problemas del concreto es su poca resistencia a la tracción. En las vigas sometidas a flexión, el área útil de concreto se reduce a menos de la mitad, en la parte superior, mientras que la inferior aumenta considerablemente el peso propio sin contribuir al momento resistente. Si comprimimos esta parte inferior, antes de cargar la viga, con esfuerzos iguales o mayores que los de tracción que se producirían después de cargada, habremos, en efecto neutralizado los esfuerzos de tracción y toda la sección de la viga quedará sometida a compresión, que el concreto resiste bien. Esto se logra estirando el acero para que al tratar de recuperar su tamaño después de soltarlo, sujete al concreto a los esfuerzos de compresión deseados. Si este tensado se hace en el molde, antes de vaciar el concreto, el sistema se denomina **pretensado**, si se hace después de fraguado el concreto, se denomina **postensado**. Así logramos un uso mucho más eficiente del concreto, que redundará en estructuras más esbeltas disminuyendo notablemente la carga muerta. Aunque, es necesario decirlo, se aumentan las deflexiones y las vibraciones. Por supuesto que el acero tiene que resistir la tracción original más la producida por las cargas; sólo se tuvo éxito con el sistema luego que se desarrollaran cables de acero de poco diámetro y de muy alta resistencia, llegando hasta $20,000 \text{ kg/cm}^2$.

Otra de las ventajas del concreto pretensado es la economía de formaletas y la rapidez de la construcción. Se necesitan muy pocos puntales para absorber las cargas dinámicas durante la preparación y el vaciado.

Las piezas pretensadas se hacen normalmente en talleres muy especializados, con bloques de concreto fuertemente anclados en los extremos, para poder soportar las tensiones que pueden llegar hasta 80 toneladas. Se usan moldes fijos de acero con la sección de viga que se va a fabricar, comúnmente en forma de "T" sencilla o doble, Figura 14.1, y un largo considerable, que puede llegar a los 100 metros. Este molde se

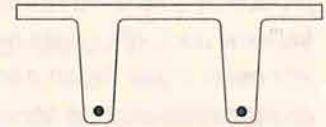


Figura 14.1

secciona con dobles tabiques verticales para obtener los largos de viga deseados, se colocan los cables en el fondo y también se arman con varillas y estribos en forma convencional, ya que tienen que soportar esfuerzos durante el transporte y los izamientos. Se tensan grupos de cables que quedan anclados en una punta y unidos a un gato en la otra y se fijan con cuñas de concreto especial o de acero para evitar el retroceso. Esto se hace paulatinamente hasta llegar a la tensión deseada cuando las cuñas se fijan definitivamente. Cuando todos los cables han sido tensados, se vacía el concreto muy bien dosificado y mezclado, ya que se requiere una alta resistencia. Se usa cemento tipo III, de fraguado rápido, o se le agregan aditivos para este efecto al cemento corriente, para no tener inutilizado el molde por mucho tiempo. Si se va a vaciar una losa sobre estas vigas, la parte superior se termina con rastrillos para dejar una superficie rugosa. Al día siguiente se cortan los cables con soplete, se sacan las vigas y se llevan al sitio de curado, preferiblemente al vapor, donde permanecen varios días. Siempre se dejan ganchos de varillas cerca de los apoyos, por donde se amarran las vigas para poder izarlas. Un procedimiento parecido se usa con las losas. Para disminuir el peso propio, se le incorporan longitudinalmente tubos de cartón, tubos de goma inflados o bolitas de arcilla cocida y aligerada, Figura 14.2. Luego se cortan las losas, con sierra de carborundum, a los largos ordenados. A estas losas se le dejan cuatro ganchos para el izamiento. El pretensado se usa también para pilotes y para los postes de transmisión eléctrica.

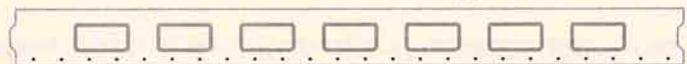


Figura 14.2

Cuando se cortan los cables de las piezas pretensadas éstas se arquean hacia arriba produciéndose una contra-flecha que generalmente no es uniforme en todas las piezas. Se deben clasificar de acuerdo a estas deformaciones, para que, al colocarlas en obra, la diferencia de altura sea gradual entre una y otra. El problema principal es el transporte, por lo cual las piezas pretensadas están limitadas en el peso y en la longitud. Para piezas pesadas y voluminosas hay que recurrir al postensado, que se hace en el lugar de la obra, sea vaciado en el suelo e izado después, o vaciado en su sitio, soportado temporalmente con puntales, para luego tensar los cables. En este sistema, los cables se envuelven en un plástico para que no se adhieran al concreto, o se dejan conductos vacíos para luego ensartar los cables y atirantarlos. En ambos casos, luego de atirantados, se inyecta una lechada de cemento para fijarlos y protegerlos contra la oxidación.

En el caso de vigas "I", Figura 14.3, los cables se colocan a ambos lados del alma de la viga y se fijan en el concreto únicamente en las cabeceras para proveer los empotramientos. Los cables que quedan a la intemperie deben estar muy bien forrados para protección contra el óxido. Para facilitar el transporte, la viga se divide en piezas o dovelas, que pueden fabricarse en el taller, para ensamblarse cuando van a ser izadas.

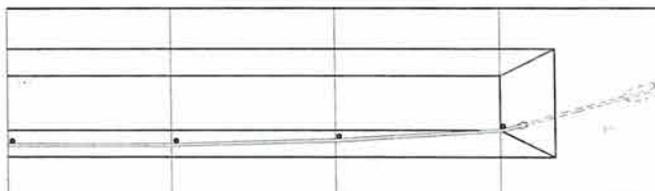


Figura 14.3

Para el postensado de vigas en obra, hay que preparar un área bien plana donde se vacían carriles de concreto pulido, que servirán de molde para el fondo de las vigas, se colocan los moldes, generalmente de acero, se coloca la armadura convencional, los cables envueltos en plástico o los conductos vacíos y se vierte el concreto. Hay que esperar hasta que los cilindros que se toman de prueba adquieran la resistencia necesaria antes de comenzar el tensado de los cables. Después, hay que esperar unos días para que fragüe la lechada de protección, se izan las vigas a su sitio definitivo. Para vez estas vigas llegan a la calidad de las pretensadas ya que no se tiene el mismo control de calidad y no es posible el curado con vapor.

Las losas postensadas in situ son vaciadas con armadura convencional dejando conductos vacíos para los cables o se colocan éstos envueltos en camisas plásticas. Después que el concreto ha adquirido la resistencia necesaria se tensan los cables uno por uno, se inyectan con lechada y se fijan con cuñas especiales. La contraflecha hace que la losa se separe del falso piso facilitando el descimbrado

El postensado se usa también en la construcción de tanques y silos cilíndricos donde los cables horizontales en arco de círculo se tensan en varios puntos de la periferia para oponerse a los esfuerzos producidos por los líquidos, o granos de cereales, que se almacenan en el interior.

Se usan factores de seguridad menores en el diseño de las estructuras de concreto precomprimido ya que, durante la fabricación, están sujetas a esfuerzos mucho mayores que a los que van a ser sometidos durante su vida útil. Hay que calcular, sin embargo, que los esfuerzos de compresión inducidos han de disminuir, con el tiempo, debido al flujo plástico tanto del concreto como del acero.

La misma esbeltez de los miembros de concreto precomprimido se convierte en desventaja cuando un excesivo cimbreo sea objetable o cuando se precisen diafragmas rígidos para el diseño anti-sísmico. En ambos casos hay que aumentar la masa con concreto vaciado, lo que puede neutralizar las ventajas del sistema.

15. PREFABRICACIÓN

La prefabricación consiste en el ensamblaje de las edificaciones con elementos que han sido fabricados de antemano. Ésto podría cubrir desde la erección de muros con módulos constructivos como bloques de hormigón a sillares de piedra hasta la inserción de unidades de apartamentos completas, incluyendo las instalaciones sanitarias y eléctricas, en edificios de vivienda. Para limitar algo el campo, la acepción de prefabricación se refiere más bien a la construcción que utiliza elementos producidos en masa por industrias especializadas que precisan de equipos pesados, tanto para su fabricación como para su erección. Se utilizan los mismos materiales que en la construcción ordinaria: metales, plásticos, madera y concreto. Por ahora estudiaremos estos últimos.

Las ventajas de la prefabricación son:

- 1.- Mejor control de calidad en las terminaciones,
- 2.- Rapidez en el ensamblaje,
- 3.- Abaratamiento de costos cuando hay un número suficiente de elementos repetitivos.
- 4.- Economía de moldes y apuntalamiento.

Las desventajas son:

- 1.- Problemas de rigidez y estanqueidad en las juntas,
- 2.- Precisa de un mercado amplio y constante, por los altos costos de instalación.

No hay límites para la variedad de elementos arquitectónicos que pueden prefabricarse; desde las zapatas, columnas, vigas, losas y paneles de pared hasta ornamentos arquitectónicos. Los sistemas de ensamblaje van desde, como ya mencionamos, unidades habitacionales completas listas para ser habitadas hasta sistemas mixtos donde los elementos prefabricados se unen y terminan con hormigón vaciado en obra. En la prefabricación se pueden usar hormigones ligeros, vistos en la sección 7.10, para hacer más fácil la manipulación de las piezas, así como con el concreto pre-comprimido para que trabaje a compresión toda la sección de la pieza.

14.1 DISEÑO DE JUNTAS

Las juntas son el problema crucial en los sistemas pre-fabricados; un diseño inadecuado puede anular sus ventajas, produciéndose movimientos y rajaduras que atentan contra la impermeabilidad y, sobre todo, contra la estética. Una junta debe cumplir con los siguientes requisitos principales:

- 1.- Precisión dimensional.

Imprescindible para poder acoplar las diferentes piezas de modo que queden bien aplomadas y a nivel, y que las cajuelas y camisas de una, correspondan a las espigas y varillas de empalme de la otra. Hay que dejar alguna tolerancia porque no es de esperar una precisión de relojería suiza en el campo de la construcción.

- 2.- Continuidad.

Idealmente la estructura debe comportarse como si fuera monolítica y de nudos rígidos, con la economía que conllevan las estructuras aporricadas, así como una mayor resistencia a los movimientos sísmicos.

3.- Estanqueidad.

Las juntas no deben permitir el paso del agua. Deben diseñarse dejando ranuras apropiadas para rellenarlas con masillas que se adhieran bien al concreto, que permanezcan elásticas y que no sean afectadas por la luz solar ni por otros agentes.

4.- Economía.

Deben reducirse al mínimo los costos de los materiales que forman las juntas, pero especialmente debe analizarse el tiempo perdido por el personal y por los costosos equipos de izamiento, mientras se traban definitivamente unas piezas con otras, y se puedan sostener solas.

14.2 PLACAS DE HORMIGÓN

Hay gran variedad de diseños de placas de hormigón que se usan para erigir paredes y techos a entresijos, que van desde paneles estrechos y quizás hechos de concreto ligero para que puedan ser manipulados por dos hombres, hasta grandes paneles vaciados sobre el piso, que luego se yerguen para formar las paredes, sistema conocido en Norteamérica como "tilt-up slabs". En las juntas se dejan huecos con varillas para llenarlos con hormigón de gravilla para anclar y entrelazar los paneles, como se muestra en la Figura 15.1. En las losas, tanta de entresijo como de techo, debe vaciarse un fino de mortero como capa de terminación para nivelarlo o, en el caso de los techos, proveer las pendientes necesarias para el desagüe.

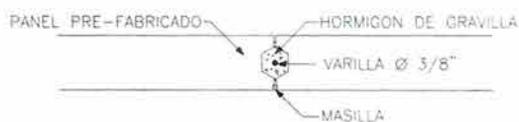


Figura 15.1

14.3 LOSA CON VIGUETAS

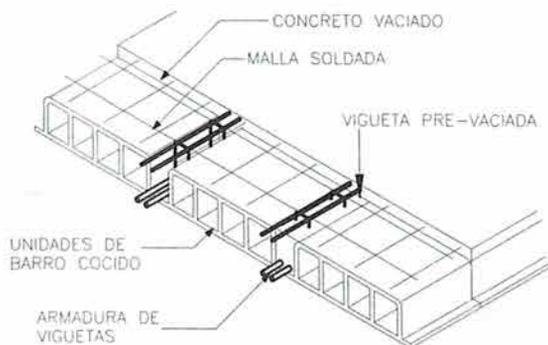


Figura 15.2

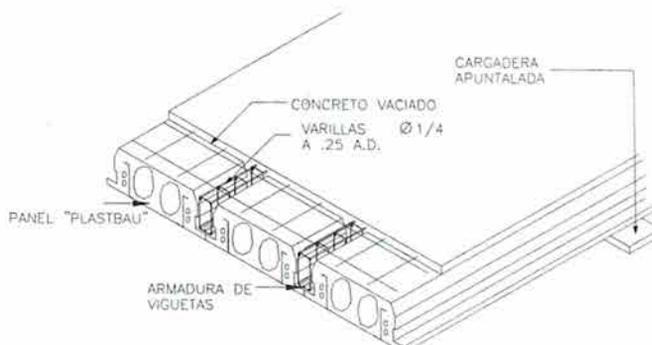


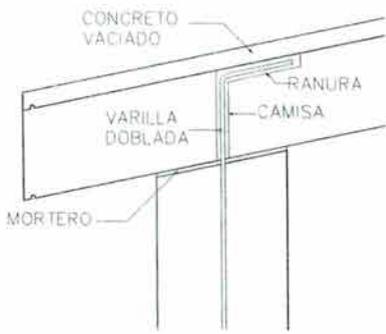
Figura 15.3

Constan de una combinación de nervios regularmente espaciados y elementos de relleno, que pueden ser de bloques de barro cocido, Figura 15.2, de espuma plástica o de concreto, Figura 15.3. En el primero, para economizar apuntalamiento, se pueden pre-vaciar dos hileras con una vigueta intermedia e izar el conjunto a su sitio. Luego se vacía un relleno de concreto que completa la estructura, quedando prácticamente monolítica.

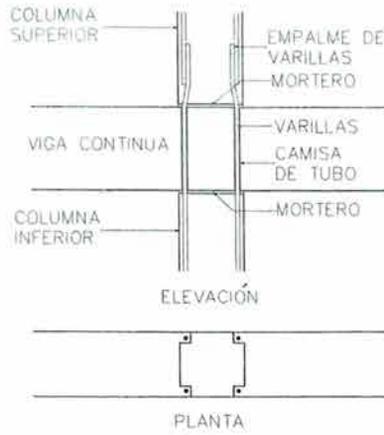
El hormigón debe ser, por lo menos de 210 Kg/cm^2 . Las cargaderas estarán a no más de 1.25 m y debe haber un puntal cada 6 m^2 . Las viguetas pre-vaciadas a las tijerillas de acero deben izarse por puntos situados a $1/3$ de los extremos. La armadura de la losa puede ser de varillas $\text{Ø } 1/4$ " o de malla electrosoldada. La armadura de los muros de apoyo debe entrelazarse con la de las viguetas.

En la página siguiente se muestran algunos detalles típicos de las piezas pre-fabricadas, algunos usando el postensado para obtener mayor rigidez. Debe ponerse especial cuidado en la protección de estas áreas durante el manejo de las piezas ya que, generalmente, son los puntos débiles.

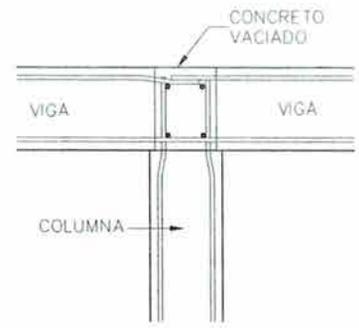
UNIONES TÍPICAS DE PIEZAS PREFABRICADAS



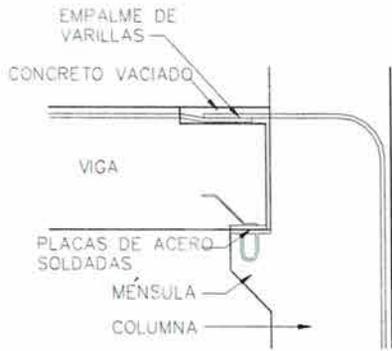
LOSA Y MURO
Figura 15.4



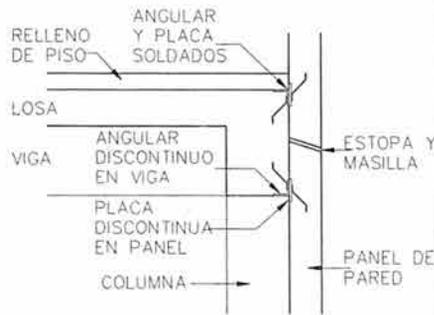
VIGA Y COLUMNAS
Figura 15.5



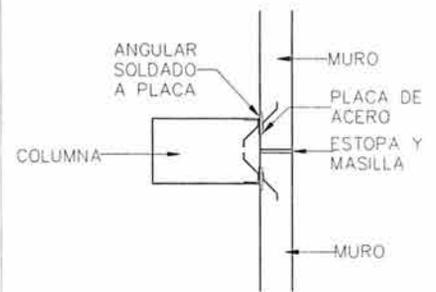
VIGAS Y COLUMNA
Figura 15.6



VIGA Y COLUMNA
Figura 15.7



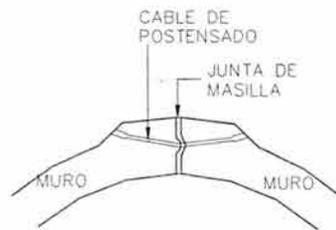
MUROS Y VIGA
Figura 15.8



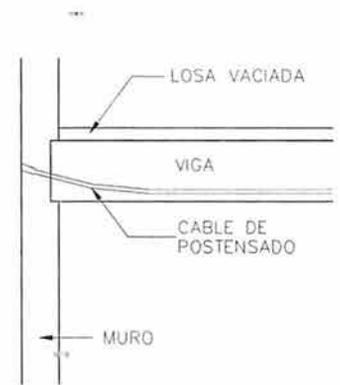
MUROS Y COLUMNA
Figura 15.9



VIGAS DOBLE "T" Y MUROS
Figura 15.10



MURO DE TANQUE
Figura 15.11



VIGA Y MURO
Figura 15.12

16. IMPERMEABILIZACIÓN

El agua es uno de los peores enemigos de los materiales de construcción. En muy contadas ocasiones se comporta como amigo, como cuando se usa moderadamente para mezclar morteros de cemento, y luego para su curado; cuando se usa, en forma de vapor, para quitar la mugre acumulada en las fachadas o cuando se mezcla con colorantes y otras sustancias para fabricar las pinturas de agua. En todos los otros casos, el agua produce deterioro en casi todos los materiales usados en la construcción, acelera la oxidación de otros, o favorece la formación de hongos que, a su vez, aceleran aún más el deterioro. Es necesario pues, combatir el agua, venga ésta en forma de vapor, como líquido o como sólido. Es este último estado el que produce mayores deterioros, en las latitudes donde ocurre, pues puede resquebrajar las piedras y hacer reventar tuberías. Entre nosotros, esto sólo concierne a los que fabrican cámaras frigoríficas.

El vapor de agua es un gas incoloro cuya presencia se detecta por medio del higrómetro. Aun en las regiones más secas de nuestro país, el aire siempre contiene un porcentaje de humedad; sólo tiene efectos deletéreos cuando se acerca a la saturación, es decir, a una humedad relativa cerca del 100%, cuando pueden ocurrir condensaciones que se acumulan, o tardan mucho en evaporarse. Esto pasa generalmente, cuando hay poca circulación de aire, como dentro de closets cerrados, o en el interior de muros de madera o de mampostería. El gradiente de presión del vapor de agua lo hace transmudar desde las regiones más húmedas hacia las más secas. Los terrenos, especialmente los cohesivos, tienen una gran capacidad de almacenar agua. Existe un ciclo diurno donde la evaporación reseca la superficie de la tierra durante el día que, por capilaridad, vuelve a humedecerse durante la noche. Esto mantiene un gradiente de presión contra las partes de la edificación que están en contacto con la tierra y, como el concreto no ofrece una buena barrera a la transmisión de humedad sino que, por el contrario, es bastante permeable al vapor de agua, esta humedad emigra hacia el interior, a menos que se lo impidamos por medio de una barrera de vapor. Esta puede consistir en una o dos manos de pinturas impermeabilizantes, a base de asfalto, vinilos o siliconas, o en membranas como telas asfálticas o láminas de polietileno. Es siempre recomendable usar este tratamiento en las losas de piso que están en contacto con la tierra. Una capa de polietileno de 4 a 6 mils de grueso, continúa de pared a pared, con solapes de 10 a 15 cms., hará mucho por evitar la migración del vapor de agua a través de la losa, impidiendo así la formación de hongos que imparten a la ropa guardada ese característico olor desagradable y que cubre los zapatos con una capa blanquecina difícil de erradicar. Es necesario poner especial cuidado, si la losa lleva armadura de acero, para evitar la rotura de la membrana. En las paredes de los sótanos, es preferible usar una o dos manos de pintura asfáltica, aplicada con brochas o escobas en caliente o en frío, o, en casos extremos de terrenos muy húmedos, en forma de pasta que hay que aplicar con la llana. Estos tratamientos, que siempre deben hacerse cuando la construcción esté en contacto con la tierra, sólo son efectivos contra la humedad, no contra la presión del agua.

Para la protección contra la humedad de los elementos de la edificación situados sobre tierra, hay que tomar en cuenta que el aspecto de los materiales aplicados no afée la apariencia del conjunto, ya que quedarán bien a la vista. Es preferible combatir la humedad desde la primera línea de defensa, es decir, en el paramento exterior del muro, para lo cual se recurre a pinturas o barnices, o, cuando no se quiera alterar la apariencia natural del material de fachada, se usan siliconas transparentes. También es posible colocar la barrera de protección detrás del material de terminación. En ese caso hay que proveer desagües para que se escurra hacia afuera el agua acumulada; ésto se hace dejando conductos tubulares, que tengan pendiente hacia afuera, en la parte inferior del muro, pero que queden a más de 15 cms. sobre el nivel del terreno. En los muros compuestos de varios materiales, bloques forrados de ladrillo, por ejemplo, hay que proveer en los dinteles de puertas y ventanas láminas de protección que saquen al

exterior cualquier agua acumulada en la junta entre los dos materiales, que de otro modo, podría encontrar una vía de penetración hacia el interior.

16.1 IMPERMEABILIZACIÓN DE SÓTANOS Y MUROS

En presencia de agua, especialmente si hay presión hidrostática, es necesario tomar medidas de protección más extensas. Por lo pronto, la barrera tiene que ser continua, es decir, tiene que estar debajo de la losa y en los muros hasta una altura superior al nivel freático máximo previsible. Los solapes también tienen que ser impermeabilizados porque cualquier brecha que permita la entrada del agua detrás de la barrera, la inutiliza por completo. Esta impermeabilización puede ser integral, o aplicada o, en algunos casos, pueden emplearse ambos sistemas simultáneamente. El primer método es más económico, pero sólo funciona si no se vulnera la integridad del elemento estructural, ya que cualquier rajadura hace que la barrera sea inoperante. El segundo método, más eficaz aunque más costoso, bien aplicado, puede asegurar la estanqueidad durante toda la vida de la edificación.

Para la impermeabilización integral, recomendable para toda construcción bajo tierra que vaya a ser utilizada como habitación o para almacenaje, se usan aditivos patentados que vienen en forma de polvos o líquidos que se dosifican de acuerdo a las instrucciones del fabricante, que pueden especificarse al ordenar el concreto mezclado en planta o agregársele al mezclado en obra. Como se dijo anteriormente, cualquier rajadura posterior al fraguado forma una vía de agua que hace inoperante la barrera. Cuando hay juntas frías, como por ejemplo la que hay entre la losa de piso y las paredes, si el vaciado no se ha hecho continuo, se usan cintas corrugadas de goma cuya mitad queda empotrada en la losa y la otra mitad en las paredes para impedir el paso del agua. Estas cintas deben ser continuas, es decir, que los extremos deben pegarse con adhesivos especiales o por medio del calor, y debe evitarse que la atraviesen varillas o tuberías.

La impermeabilización aplicada es más efectiva en la cara externa del muro pero, en algunos casos, hay que hacerla en la cara interior, como por ejemplo, si el problema de las filtraciones ocurre después de terminado el edificio. En este caso se recurre a pinturas impermeabilizantes aplicadas al paramento interior de los muros exteriores, algunas de las cuales aseguran que pueden soportar columnas de agua de más de 3 metros de altura; también se usa un empañete de un mortero especial que contiene limaduras de hierro que al oxidarse se expanden y obturan todas las vías de agua. Este sistema se usa también en el exterior donde no se note la apariencia herrumbrosa. En caso de que hubieren chorros de agua saliendo a presión, es posible obturarlos con cementos expansivos especiales, de fraguado muy rápido, que se mojan en la mano y, tan pronto se comienza a sentir el calor del fraguado, se usa la bola para taponar el chorro de agua.

Para las aplicaciones exteriores, además de los materiales asfálticos o las limaduras expansivas, se usan las arcillas expansivas, especialmente la bentonita, por su intrínseca impermeabilidad. Generalmente viene en paneles de 1 ó 2 cms. de grueso, protegidos con cartón del lado afuera y papel del otro, que se quita antes de instalarlo de modo que la arcilla quede en contacto con el concreto. El cartón se disuelve con el tiempo, quedando sólo la capa de arcilla como impermeabilizante. Las juntas entre paneles se tratan con la misma arcilla de modo que se forma una barrera continua. El método más utilizado es formar una membrana continua de tela asfáltica de tantas capas como sean necesarias para resistir las presiones hidrostáticas, y que pueden disminuirse de abajo hacia arriba, a medida que la presión disminuya. Para estos fines es necesario mantener el nivel freático controlado y debajo del nivel de los trabajos. Normalmente se vacía una losa auxiliar de cemento pobre para formar una plataforma de trabajo limpia y libre de fango. Es necesario dejar suficiente pestaña en la membrana todo alrededor de la losa de piso, para luego empalmarla con la membrana de las paredes. Las tuberías eléctricas, y las de agua y de desagüe, deben ser impermeables en toda su longitud y lo suficientemente flexibles para que los movimientos posteriores del edificio no causen roturas. Se requieren camisas especialmente calafateadas donde las tuberías atraviesan las paredes. Se colocan camisas de hierro fundido o de PVC de diámetro ligeramente mayor que el tubo, el espacio entre el tubo y la camisa se llena con estopa bien comprimida con cinceles planos especiales y se rellenan los extremos con plomo derretido o con masillas fabricadas a base de asfaltos, polisulfuros (Thyokol) o caucho artificial (Neopreno). La membrana impermeabilizante debe siempre terminar, en su parte superior, metida en una ranura hecha en la pared, y embebida en masilla, de modo que el agua no pueda penetrar detrás de la membrana. La tela asfáltica, realmente es fieltro impregnado en asfalto, generalmente viene en rollos de 36" (0.915m) que se colocan en

espesores de 2 o más láminas, dependiendo de la presión de agua que han de resistir.

La colocación se hace en una sola operación, como sigue: si ha de tener 4 capas, por ejemplo, se corta un rollo a un ancho de 9" y 27" (23 y 69 cms) y otro en dos de 18" (46 cms.). Se coloca primero el de 9", se asfalta la parte superior de éste por unos cuantos pies de largo, se coloca uno de 18" sobre éste y se asfalta también, luego el de 27" y finalmente uno de 36", continuando con rollos enteros de ahí en adelante, asfaltando delante y desenrollando paulatinamente todas las capas. En el otro extremo se hace lo contrario para terminar con un rollo de 9". Como dijimos, hay que dejar suficiente pestaña en los bordes para luego doblarla y empalmarla con la membrana que se colocará verticalmente en la pared; ésta requiere de asfaltos más pastosos que no la dejen deslizar hacia abajo por el peso propio. Normalmente no se coloca asfalto entre la membrana y la losa auxiliar para permitirle a aquélla cierto movimiento. Es recomendable dejar una ranura en la zapata, como se indica en la Figura 16.1, para enllavar la pared y que no sea solo el acero de refuerzo el que absorba el esfuerzo cortante ocasionado por las presiones del terreno y del agua.

Para proteger la construcción contra la penetración del agua, deben siempre tomarse las medidas siguientes:

- 1.- La rasante del terreno terminado debe tener una berma alrededor del perímetro del edificio, de por lo menos un metro de ancho, con una pendiente mínima de un 4%, que aleje el agua lluvia de los muros exteriores.
- 2.- No deben haber árboles cerca del edificio ni de las tuberías de desagüe, especialmente si éstas son de barro o de cemento; las raíces del árbol atraerían la humedad y su crecimiento podría ocasionar rajaduras en las paredes o penetrando por las juntas de los tubos, pueden llegar a obturarlos.
- 3.- Si no hay agua permanente, es conveniente hacer un relleno poroso de grava junto a los muros exteriores que pueda hacerse drenar a un sitio alejado del edificio. Esto puede hacerse con tuberías plásticas perforadas o con tubos de barro con la junta sin mezcla para que el agua tenga una vía expedita de drenaje, como se muestra en la Figura 16.2.
- 4.- El relleno de la parte exterior del muro debe hacerse con sumo cuidado para evitar la perforación de la capa impermeabilizante. Hay paneles patentados de fibras plásticas entrelazadas que, además de la protección, facilitan el drenaje del agua hacia el fondo, donde puede ser recogida en tuberías para alejarla de la edificación.

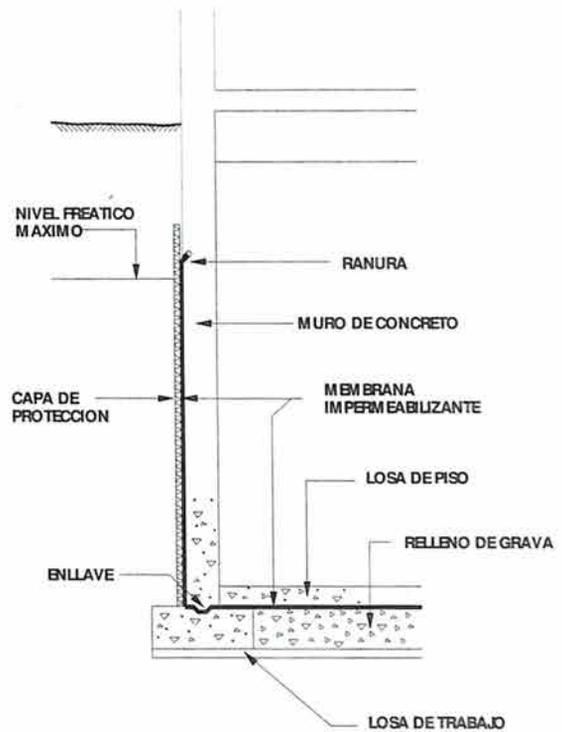


Figura 16.1



Figura 16.2

16.2 IMPERMEABILIZACION DE TECHOS

Trataremos solamente de la impermeabilización de los techos de mampostería o de concreto, ya que los demás se verán en la sección 19. CUBIERTAS más adelante.

También en los techos puede usarse una impermeabilización integral, como vimos anteriormente, o aplicada, con el mismo inconveniente, para la primera, de que las fisuras y rajaduras son vías de agua que hacen inefectivo el tratamiento. La aplicada puede ser a base de hidrocarburos, de materiales cementicios, plásticos o siliconas. Antes de aplicar cualquier tipo de impermeabilizante es imprescindible tener una pendiente de un 1% mínimo, que garantice que el agua corra rápidamente y sin obstáculos para que no se formen charcos de alguna permanencia. Hay que tomar en cuenta las deflexiones de las losas de gran luz. Ninguno de los materiales usados en la construcción puede resistir indefinidamente la acción del agua sin deteriorarse.

Los asfaltos son hidrocarburos fósiles que se obtienen de la destilación del petróleo, o que afloran naturalmente a la superficie en algunos lugares del mundo, como por ejemplo el betún de Judea, que se conoce desde los tiempos más antiguos, el lago Bermúdez en Venezuela y el de La Brea, en California. Vienen en muy diversas formas, desde la consistencia de pinturas hasta mezclas muy pastosas a las que se les ha agregado arcilla o fibras de refuerzo. Algunos vienen en forma de emulsión, suspendidas en agua, que luego se evapora dejando sólo el asfalto como película continua, o disueltos en nafta o kerosene que puede o no evaporarse, estos se aplican en frío. También vienen en forma de panes sólidos que hay que calentar hasta su punto de reblandecimiento, cuidando de que no se llegue a la temperatura de ignición, que puede ocasionar un incendio. Otros hidrocarburos son las breas, derivadas de la destilación de la hulla o de las maderas. Éstas no deben usarse en nuestro clima porque se reblandecen a más bajas temperaturas que los asfaltos. La impermeabilización puede hacerse con escobas, brochas o rolos para los más líquidos o, con llanas, para los más pastosos. Como ya explicamos para los sótanos, también pueden usarse en combinación con capas de tela asfáltica.

Los impermeabilizantes cementicios son polvos hidrófugos que se mezclan con agua, con alguna dificultad, y se aplican en dos o más capas sobre toda la superficie del techo. Generalmente se usa una capa de color gris para la primera aplicación y una blanca para las sucesivas, de este modo es fácil constatar que se han aplicado las dos capas por lo menos. Estos materiales son poco elásticos por lo cual sólo pueden cubrir fisuras capilares inertes. De haber fisuras mayores o activas, hay que obturarlas con productos elásticos idóneos, antes de aplicar las capas cementicias. Hay muchos tratamientos de este tipo en el mercado; en general requieren que se haya eliminado todo sucio, grasa, moho, etc. de la superficie a tratar antes de aplicar el impermeabilizante, pero siempre deben seguirse meticulosamente las recomendaciones del fabricante del producto, tanto para la dosificación como para la aplicación. Los movimientos diferenciales ocurren mayormente cuando hay cambios de dirección en las superficies a tratar, como donde se junta una losa con el paramento vertical de un muro o antepecho.

En todos los casos, pero especialmente cuando se trata de membranas, deben evitarse los ángulos rectos suavizando la unión por medio de zabaletas, que pueden hacerse con mezcla, u otro material, formando un ángulo de 45°, o redondeadas en cuarto de círculo, y el tope de la impermeabilización vertical debe quedar cubierto por una membrana de protección, como se muestra en la Figura 16.3. Ésta puede ser plástica o preferiblemente metálica, de cobre, de aluminio o de zinc. El cobre es el mejor material por su larga duración y facilidad de poder soldar los empates; el aluminio no se puede soldar, de modo que los empates sólo se consiguen con dobleces y el zinc, a la larga, termina por oxidarse, dejando la membrana sin protección. Es conveniente colocar también una lámina protectora debajo del tope del antepecho, especialmente si es pre-vaciado, ya que en las juntas pueden crearse rajaduras que permitirían el paso del agua al interior de la pared.

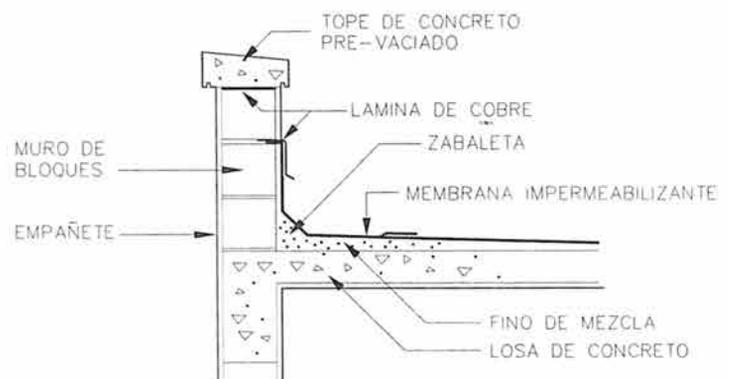


Figura 16.3

Últimamente se han desarrollado membranas, que vienen en rollos de hasta 3.00 m. de ancho, cuyos solapes quedan soldados con calor o por medio de disolventes químicos, cubriendo todo el techo con un solo grosor del material. Esta protección queda adherida al techo sólo en el perímetro, de modo que la membrana se mueve independientemente de la estructura, evitando así las concentraciones de esfuerzos que podrían producir rajaduras en las membranas convencionales. Todos estos techos se recubren con gravilla fina, suelta en el caso de una sola lámina, y embebidas en la última capa de asfalto en los otros, para disminuir el área expuesta al sol, controlar la expansión y el ablandamiento y, en general, proteger la membrana.

También se usan materiales creados por el hombre en los laboratorios, especialmente para impermeabilizar superficies curvas como domos y paraboloides. Estos productos vienen como líquidos que se aplican con atomizadores sobre las superficies a tratar y allí adquieren sus características finales. Una combinación usada con mucho éxito desde las regiones tropicales hasta el círculo ártico es la de **neopreno**, un caucho sintético desarrollado durante la segunda guerra mundial, que es siempre de color negro, recubierto por una capa de **hypalón**, producido por la Dupont, que puede obtenerse en una extensa gama de colores. Otro producto usado con mucho éxito es la espuma blanca de poliuretano que, además de impermeabilizar, refleja los rayos solares y provee aislamiento térmico por las pequeñas burbujas de aire que contiene. Aún mayor protección ofrecen las siliconas, polímeros sumamente duraderos, fabricados a base del silicio, que pueden usarse solas o recubriendo la espuma de poliuretano.

Especial cuidado se ha de poner para impermeabilizar las penetraciones de los techos, como chimeneas, antenas o tubos sanitarios de ventilación. Deben estar circundados por zabaletas o láminas metálicas adaptadas a la forma del elemento penetrante y, en el caso de las chimeneas, hay que desviar las aguas con limatesas para evitar que ésta embista contra las paredes.

Hay que insistir en que no es posible conseguir una protección contra el agua sin un mantenimiento adecuado. Todos los materiales tienen una vida útil limitada, después de la cual se hace necesario reemplazarlos. Si se permite que hojas, papeles, etc. obturen los desagües, se formarán charcos que, en poco tiempo, deterioran el material afectando su durabilidad.

16.3 IMPERMEABILIZACIÓN DE JUNTAS

En las juntas de expansión donde hay materiales disímiles, como alrededor de los marcos de puertas y ventanas, siempre ocurren movimientos que las hacen abrir y cerrar alternativamente. Es necesario proteger estos puntos con masillas que impidan el paso del agua, que sean lo suficientemente elásticas para resistir las sucesivas expansiones y contracciones. Vienen en tubos especiales hechos para que, al oprimir el pistón de la pistola, salga por la punta un cordón más o menos grueso, de acuerdo al corte de la punta, para calafatear por completo el perímetro. Las más baratas y, por ende las más usadas, se hacen a base de yeso o albayalde que, relativamente en poco tiempo, pierden su flexibilidad y se cuartean. Las hechas a base de vinilos son más duraderas y más compatibles con las pinturas. Mejor aún son los polisulfuros (Thyokol), cuyo inconveniente es que sólo vienen de color negro o gris oscuro, Las más duraderas, y costosas, son las de silicona, que vienen de varios colores, incluyendo una transparente.

Las juntas de expansión se rellenan con materiales compresibles dejando una ranura en la cara exterior que se rellena con masilla, que debe sólo adherirse a la mampostería y no al material de relleno. Éstas pueden esconderse con cubrefaltas de metal o de madera. En los pisos se usan perfiles especiales, Figura 16.4, que se deslizan uno sobre el otro y se sellan con goma flexible. En los techos hay que levantar la junta y protegerla con un tope de concreto o metálico, Figura 16.5.



Figura 16.4

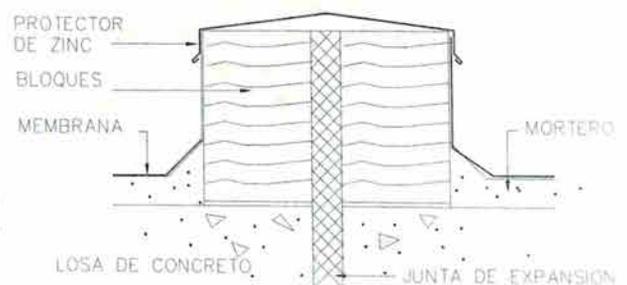


Figura 16.5

17. HIERRO Y ACERO

El hierro es el segundo metal en abundancia en la corteza terrestre, aunque rara vez se encuentra puro por ser fácilmente combinable con el oxígeno del aire. Es uno de los materiales más usados por el hombre desde los tiempos más remotos, llegando a caracterizar una época de la pre-historia que se conoce como la "Edad de Hierro". Siempre viene combinado con otros minerales como azufre, fósforo, manganeso, silicio y, sobre todo, carbono, que cambia las características del metal desde el hierro forjable o dulce al acero y al hierro colado o de fundición. En la antigüedad sólo se conocía el hierro forjable, que contiene menos de un 0.1% de carbono, que al calentarse al rojo vivo puede martillarse contra el yunque para darle la forma requerida o para soldar una pieza con otra. Hoy día, por ser ligeramente más blando y maleable que las otras aleaciones, se usa en la construcción para alambres estirados en frío, clavos, varillas de enrejados y para piezas torneadas. Los griegos y los romanos lograron producir acero, que contiene entre 0.1 y 2 % de carbono. Su dureza aumenta considerablemente con el templado, que consiste en un enfriamiento rápido después de estar al rojo vivo, pero ese conocimiento se perdió con el tiempo. Durante la Edad Media, exceptuando los árabes, se avanzó muy poco en esta rama de la metalurgia. La invención de la forja catalana, a fines del siglo 13, y el redescubrimiento del acero por los herreros toledanos, ayudaron a que las armaduras y espadas castellanas pudiesen desalojar de España a los moros al igualar el temple de sus alfanjes damasquinos y superar el de sus hombres. A fines de la Edad Media se desarrollaron hornos que combinaban carbón vegetal, carbón mineral, chatarra y menas ferrosas en una misma cuba, con corrientes de aire impulsadas por fuelles para que el oxígeno ayudara a la combustión. De aquí sale un hierro con alto contenido de carbono, duro, que no se puede forjar, que es el hierro de fundición. Hoy día éste se obtiene en los altos hornos y, además de su uso en objetos de hierro colado, sirve de base para una posterior refinación y aleación para convertirlo en acero. Hasta mediados del siglo XIX, cuando se desarrollaron métodos industriales para obtener acero, las piezas de hierro colado tuvieron un gran uso en la construcción. Por su dureza, durabilidad y su alta resistencia a la corrosión, aún se usa en tuberías de desagüe, tapas de registros del alcantarillado y, recubierta de cerámica, en aparatos sanitarios pesados, como bañeras y lavamanos. Con los hornos y procesos inventados por Bessemer y Thomas en Inglaterra y los de Martin en Francia y Siemens en Inglaterra, se logró la producción industrial del acero, pudiéndose, sobre todo en el sistema Martin-Siemens que dura unas seis horas, controlar, en forma muy estricta, las aleaciones y características físicas del producto. En el proceso Bessemer o Thomas, que sólo dura unos pocos minutos, se produce una descarbonación casi completa. Esto se funde en otros hornos, junto con chatarra, hierro de fundición y otros minerales, en las cantidades necesarias, para impartir las características requeridas al producto final. Esto se hace en hornos de cubilote, hornos de reverbero o, como en el caso de nuestra industria siderúrgica, en hornos eléctricos. En estos últimos, el calor necesario para la fundición proviene del arco eléctrico que salta entre los electrodos de carbón dentro de un crisol de acero forrado de ladrillos refractarios, y un enorme consumo de energía eléctrica.

El carbono es el elemento más determinante de la dureza del producto final. Los aceros dulces contienen hasta un 0.18% de carbono y se usan cuando se necesita mayor ductilidad y la resistencia no es tan importante, tales como tubos y alambres. Los aceros estructurales necesitan ser trabajados y doblados por lo cual se usa un acero de mediano contenido de carbono, entre 0.15 y 0.35%, para resortes de 0.85 a 1.05% y para instrumentos cortantes, entre 1.05 y 1.20%. Además se usan otros minerales, en más pequeñas proporciones, para mejorar las características de la aleación. El manganeso mejora la resistencia y dureza, todas las aleaciones usadas en la construcción lo contienen. El cobre ayuda a la resistencia contra la corrosión, una aleación con más de un 10% de cromo lo convierte en acero inoxidable. Normalmente el azufre y el fósforo son muy perjudiciales, por lo cual sus porcentajes no deben pasar de 0.04. En algunos aceros

especiales como el Cor-ten o Mayari, se aumenta el porcentaje de fósforo hasta el 0.15 o 0.12% lo que hace que el óxido forme una costra superficial que impide que el óxido siga avanzando hacia el interior del metal.

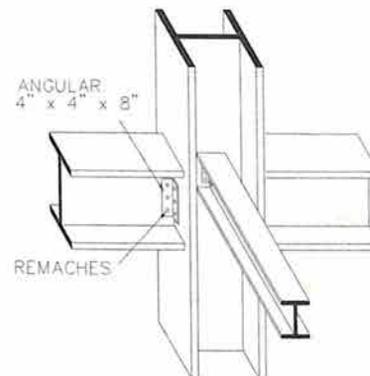
17.1 PERFILES

Para obtener los diversos perfiles estructurales, las varillas y las planchas de acero, se usa el laminado, que consiste en calentar los lingotes de acero hasta unos 1,200°C de temperatura, y hacerlos pasar entre rolos de acero cada vez más próximos y que van acercando la sección cada vez más a la del producto terminado. En los perfiles estructurales, cada pase implica, casi siempre, dos juegos de rolos cuyos ejes están a 90° unos de otros, para darle la forma tanto al ancho como a la altura de la pieza. En las varillas estructurales, exceptuando las de 1/4", la última pasada les imprime también las corrugaciones necesarias para su adecuada adherencia con el concreto; como el trabajo mecánico envuelto, que es en efecto un forjado, aumenta la resistencia del acero, éstas operaciones deben efectuarse con la suficiente rapidez para evitar que la pieza se enfríe y se haga imposible continuar con la laminación. Sin embargo, para fabricar alambres y láminas, se continúa sin recalentar la pieza, es decir, se hace el estirado en frío, lo que hace alinear las moléculas de hierro con la dirección del eje del estirado, aumentando aún más la resistencia en esa dirección.

Los perfiles estructurales más usados en la construcción, son: angulares, canales, tees, zetas, viguetas ligeras, vigas ligeras, vigas "standard" y vigas de ala ancha. Los angulares pueden ser de alas iguales o de alas desiguales y se especifican por el ancho de sus alas, en pulgadas, y por el grueso, que es el mismo para ambas alas, por ejemplo:

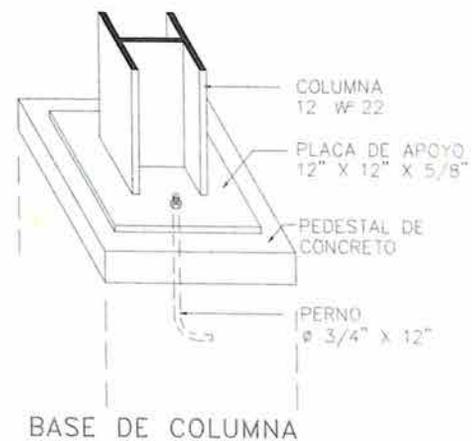
$\angle 2 \times 3 \times 3/8$ ó $\angle 4 \times 4 \times 1/4$. Los canales y los perfiles en "i" o en "h" (WF=Wide Flange ó Ala Ancha), se especifican dando la altura de la sección en pulgadas y el peso en libras por pie, por ejemplo: 10J 20.0, 12 i 22 ó 12 WF 50.

Las piezas de acero se cortan con segueta, que puede ser manual o mecánica, cizalla, que se usa principalmente para varillas de hasta 3/4" (2 cm) de diámetro y para planchas de hasta 1/2" (1.25 cm), o con soplete de oxiacetileno. Este último es mucho más rápido, pero da un corte muy irregular. Si se exige mejor apariencia o mayor precisión este corte habrá de pulirse con piedra o a máquina.



UNION REMACHADA DE VIGAS Y COLUMNA

Figura 17.1



BASE DE COLUMNA

Figura 17.2

17.2 UNIONES

Las uniones se hacen por medio de remaches, Figura 17.1, tornillos y pernos o con soldadura autógena, así llamada porque se usa el material fundido de la misma pieza. Generalmente se usan piezas intermedias, como planchuelas o angulares entre las partes que se van a unir, pues así se obtiene una mayor superficie de adherencia y se controlan mejor las dimensiones. Los remaches son cilindros de acero de diversos gruesos y largos, con una cabeza semiesférica de un lado, que se calientan al rojo vivo, se introducen en los agujeros de las piezas previamente barrenados y se martilla la otra punta para formar otra cabeza similar a la primera. Ésto es mucho más fácil decirlo que llevarlo a la práctica. Hay que visualizar un

par de operarios, a 4 metros de altura, en el tope de una columna recién erigida, aparando un candente proyectil lanzado desde el piso inferior, donde está la fragua, y manipulándolo con tenazas para colocarlo en el agujero correspondiente; luego uno lo martilla mientras que el otro sostiene la otra cabeza. Al enfriarse el remache se contrae, asegurando una íntima unión entre las piezas ensambladas. El grueso y la cantidad de remaches se calculan por los esfuerzos de tensión y cortantes a los que estarán sometidos. Las piezas siempre se fijan temporalmente con pernos y tuercas para liberar cuanto antes el equipo de izamiento que, de otro modo, permanecería ocioso.

Los pernos o tornillos, en forma similar a los remaches, precisan de agujeros pre-taladrados; pero tienen la ventaja sobre aquellos que pueden ser removidos para reensamblar las piezas de nuevo en otro lugar. Los pernos son la solución idónea para unir la base de las columnas con las pilastras de fundación, Figura 17.2; a los pernos de anclaje a veces se les incorpora una camisa tubular en la parte superior para darles cierta flexibilidad y que no haya problemas ensartándolos en los agujeros de las bases. La desventaja que tienen las tuercas es que las vibraciones, que siempre ocurren en mayor o menor grado en todas las construcciones, pueden aflojarlas poniendo en peligro la estabilidad de la estructura. Para combatir esto es preciso usar contra-tuercas, arandelas de presión o usar equipo con el que se pueda medir el grado de torsión que se aplica para apretar las tuercas, para que esté dentro de las normas especificadas.

Las soldaduras usadas en construcción, en su mayoría, son de dos tipos: de arco eléctrico y de llama de gas. En esta última, se unen, al salir del soplete, un gas combustible, principalmente el acetileno, con oxígeno, se enciende esta mezcla y se gradúan las proporciones hasta obtener una llama azulosa y fina, cuya temperatura puede llegar hasta los 3,000 °C, suficiente para fundir el metal en el área de la soldadura, así como la varilla del metal que se va a usar como relleno. La habilidad del operario evitará que el metal derretido fluya con demasiada rapidez, ocasionando deformaciones o pérdida de material. La varilla sirve, no sólo de relleno, sino de fundente para acelerar el flujo y evitar la oxidación.

Para la soldadura eléctrica, se conectan las piezas que se van a soldar a uno de los polos del generador mientras que el otro polo se conecta a un electrodo que, al acercarse a las piezas, produce un arco eléctrico, cuya temperatura puede llegar a los 1,600 °C, que funde el electrodo y el metal de las piezas en el área afectada, formando una unión molecular íntima y resistente. Los electrodos, que vienen en diversos diámetros, se componen de un alma metálica, que depende del tipo de los materiales a unir, rodeada de un fundente que, al igual que las varillas antes descritas para las soldaduras de gas, crean vapores que coartan la oxidación y ayudan al proceso de fundición del metal de las piezas. Siempre se forman escorias que el operario remueve golpeando con una piqueta, lo que ayuda a la resistencia, al ser una especie de forjado, y a la vez le sirve para detectar huecos o fallas en el cordón de soldadura. Por razones más bien estéticas, se recurre a cortar en "v" las piezas que se van a unir y se rellena con soldadura, en varios pases, hasta llenar este hueco de modo que la soldadura termine a ras con la superficie. En casos extremos se requiere pulir la junta con piedra hasta hacer desaparecer toda traza de rugosidad. Hay métodos, que se emplean casi exclusivamente en el taller, para hacer soldaduras puntuales, a distancias graduables, que sirven para unir láminas delgadas o electrodos de forma circular para hacer soldaduras continuas. Las uniones hechas con soldadura eléctrica pueden ser a

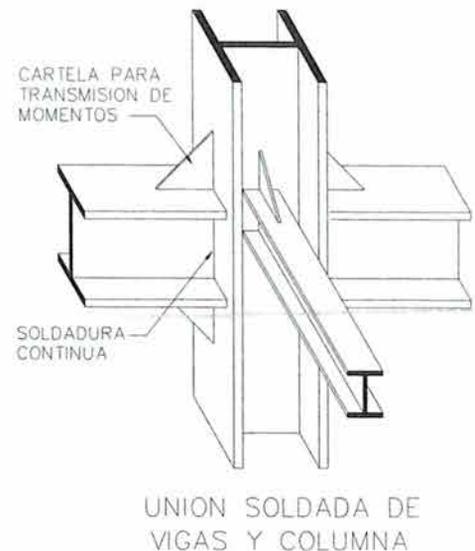


Figura 17.3

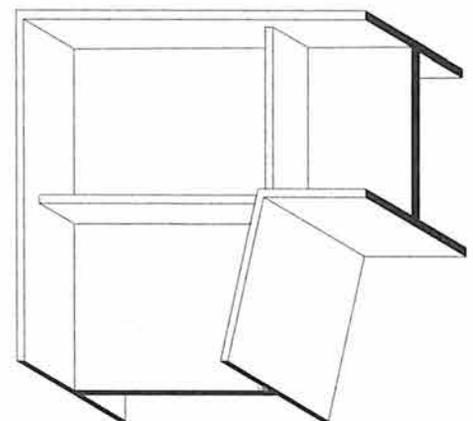


Figura 17.4

tope, Figura 17.3, es decir, sin piezas intermedias, lo que produce uniones más agradables a la vista; pero requieren mucho mayor cuidado y precisión en el corte de las piezas.

Las soldaduras por fusión tienen el grave inconveniente de que, al producirse calentamientos sólo en algunas áreas de las piezas, hay deformaciones o alabeos y, lo que es peor, se inducen esfuerzos internos, difícilmente mensurables, que pueden hacer frangible la unión bajo la influencia de las cargas vivas. Sería preferible limitar las uniones soldadas al taller, donde se podrían detectar estos defectos con aparatos de rayos X o neutralizar los esfuerzos secundarios calentando la pieza entera en hornos especiales que hacen más homogénea la estructura cristalina del metal.

Los perfiles de acero pueden haber sido laminados directamente en los molinos, que se caracterizan por tener los ángulos entrantes redondeados y, a veces, las alas de espesor variable, para dar espacio a los rolos laminadores. Pueden hacerse doblando planchas, en cuyo caso tanto los ángulos internos como los externos quedan redondeados o pueden hacerse de piezas soldadas, con lo que se consiguen secciones variables de un punto a otro del miembro estructural. Las estructuras de acero pueden ser de alma llena o reticulares. Las primeras se utilizan principalmente en las soluciones de vigas y columnas que forman la osamenta de los edificios modernos; también se usan, especialmente cuando son soldadas, en pórticos y arcos por la facilidad de cambiar la forma del perfil para adaptarlo a los momentos flexores que se generan, especialmente en los nudos. Hay que tomar en cuenta los pandeos y alabeos que las altas compresiones inducen en secciones delgadas, que demandan costillas rigidizantes en los puntos críticos, Figura 17.4.

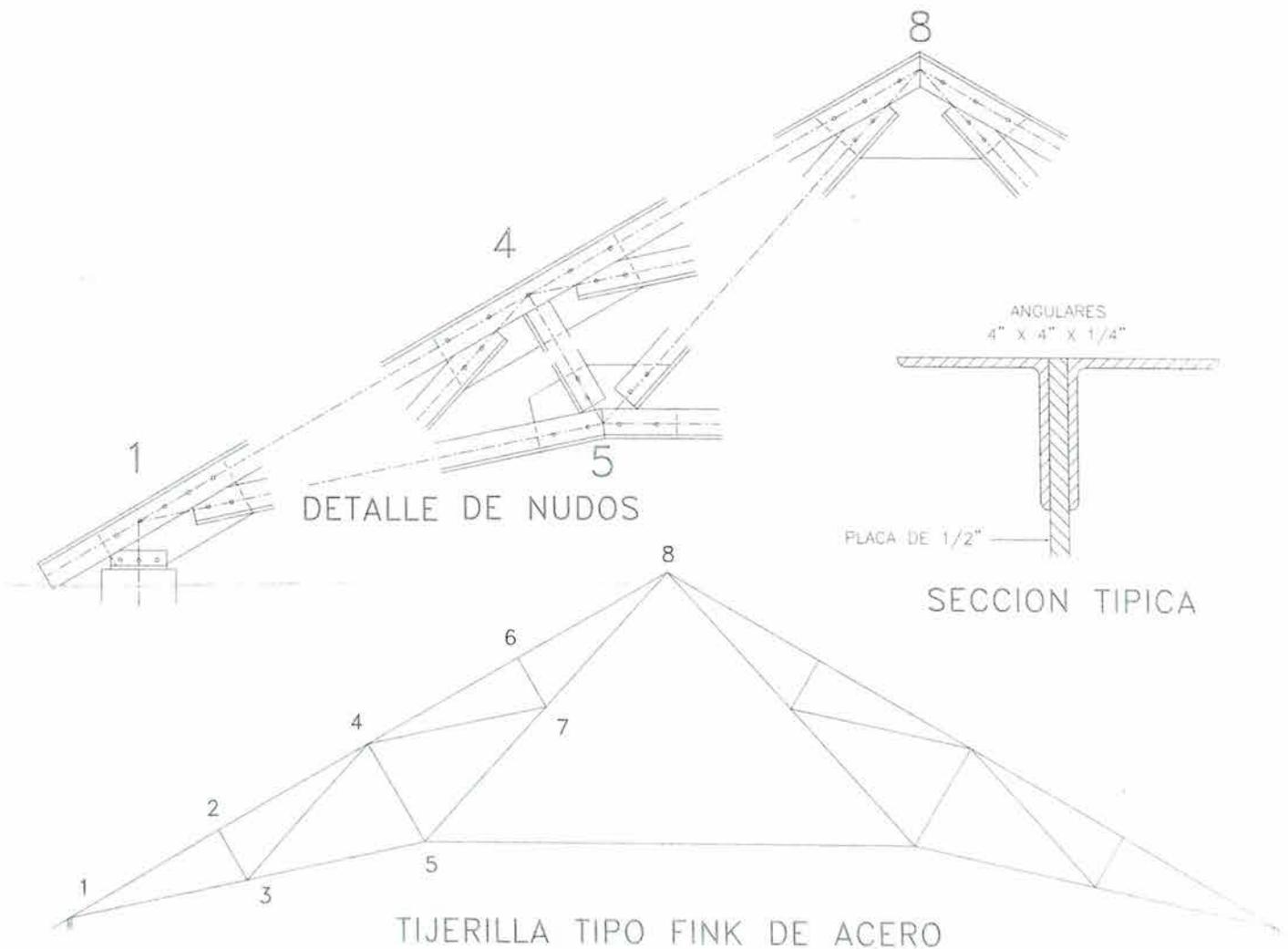


Figura 17.5

17.3 TIJERILLAS

Por la capacidad del acero de soportar tanto tensiones como compresiones, se hace ideal para las estructuras reticulares, formadas por miembros rectos relativamente cortos, que soportan, sólo hipotéticamente, esfuerzos axiales, y cuya rigidez se consigue a través de la triangulación de sus elementos. Por el poco espesor de las alas de los miembros componentes, las uniones pueden ser solapadas sin que por ello deje de considerarse que la estructura queda en un solo plano. Las uniones pueden hacerse directamente entre las diferentes barras o por medio de placas de transición, que aseguran que los ejes de las diversas barras confluyentes se encuentren en un punto, como se requiere para no introducir momentos flexores que desvirtuarían la hipótesis de las cargas axiales, Figura 17.5. Este tipo de estructura ofrece una gran resistencia en su propio plano pero precisa de tirantes para soportar las cargas que vengan de otras direcciones, como las de viento o movimientos sísmicos. Hay una gran economía de material y por ende de peso muerto, en las estructuras reticuladas, lo que las hace aptas para salvar grandes luces, como en el caso de los grandes galpones o para puentes cuyos apoyos tengan, necesariamente, que estar distantes. El máximo aprovechamiento de este material se obtiene en las estructuras espaciales reticuladas, como se verá más adelante en el capítulo 21. ESTEREOESTRUCTURAS.

17.4 PROTECCIÓN

Como vemos, el acero es un material ideal para la construcción, y existe una gran variedad de perfiles estructurales que lo hacen adaptable para un gran número de edificaciones. Tiene algunos limitantes, entre los cuales están su elevado coste, su susceptibilidad a la corrosión y las grandes deformaciones que sufre en los incendios, cuando no está bien protegido. Es por eso que su uso es más generalizado en los países industrializados, donde su abundancia y la rapidez de su erección compensan los costos iniciales del material. Es necesario protegerlo contra la oxidación con pinturas adecuadas e inspecciones frecuentes, cubriéndolo con metales más inertes, como el zinc o el estaño, por inmersión en cubas de metal fundido, por galvanoplastia o usando aceros especiales, de alto contenido relativo de fósforo, que como el COR-TEN, forman una capa densa de óxido de hierro que evita la oxidación progresiva que sufren los aceros corrientes. Debido a su alto coeficiente de expansión térmica, y por las altas temperaturas a que se llega durante un incendio, el acero sufre grandes deformaciones que, generalmente, empujan los muros y columnas de soporte, pudiendo inducir un total colapso de la edificación. Se protege con una capa de concreto de por lo menos 2 centímetros de grueso, o con otros materiales resistentes al fuego como los empañetes a base de perlita o vermiculita.

18. MADERA

Indudablemente que la madera es el material de construcción que ha sido utilizado por el hombre desde los tiempos más remotos para proveer alguna protección contra las inclemencias del tiempo. Un simple entramado de ramas, apuntalado con dos pies de amigo y forrado de frondas, o más tarde, con pieles de animales, se ha utilizado hasta nuestros días, como abrigo temporero en viajes de exploración, peregrinación o de cacería, o como es conmemorado anualmente en el "sukkoth" judío, o "fiesta de los tabernáculos", para recordar las vicisitudes del éxodo a través del desierto. Es un material sumamente versátil y noble, que puede también ser muy duradero, si tomamos en cuenta las limitaciones impuestas por su origen orgánico. Proviene de los árboles maderables, que nos ofrecen una gran variedad de características y que, con una explotación racional, podrían mantenerse como un recurso renovable preservado para incontables generaciones futuras.

El crecimiento del árbol se localiza en una capa más o menos cilíndrica, de espesor microscópico, llamada **capa generatriz** o de **cambium**, donde, por división celular va formando una capa externa y otra interna, cuya consistencia refleja las condiciones ambientales del momento. Enjutas y densas en los períodos de sequía y anchas y esponjosas en las épocas de agua abundante. Esto retrata fielmente el recurrente ciclo climático anual de la región, por lo cual pueden distinguirse, en un gran número de árboles, los **círculos anuales**. Las capas exteriores a la generatriz forman el **líber**; llamado así por su tendencia a exfoliarse como las hojas de un libro, y cuyas capas exteriores mueren para formar la corteza. Las células de ésta, hinchadas de suberina, forman una barrera protectora contra los agentes externos. Las capas formadas hacia el interior, forman la **madera** propiamente dicha, Figura 18.1. Debido a la gran presión ejercida por el crecimiento, las más internas también mueren, cesando su participación en las funciones vitales y limitando su aporte a una función puramente estructural de soporte. En algunas especies hay una notable diferenciación entre ambas partes, denominándose **albura**, por su color siempre claro, a la parte viva y **corazón** a la otra. La inclusión de algunas substancias como tanino y aceites esenciales imparten a esta última una oscura coloración rojiza o marrón.

La alimentación comienza con la extracción de agua y nutrientes por las raíces y la ascensión de esta **savia bruta** por el líber hacia las hojas. Allí ocurre la evaporación del agua y la milagrosa conversión clorofílica de los nutrientes brutos en químicamente complicados azúcares y almidones que son el verdadero alimento de la planta. Como bonificación adicional, este proceso fija el dióxido de carbono en las fibras vegetales y libera el oxígeno a la atmósfera, tan necesario para nuestra supervivencia. La **savia elaborada** desciende por conductos en la albura, cerca de la capa generatriz, para repartirse alimentando todas las células vivas de la planta por los rayos medulares.

La madera está formada principalmente por dos substancias: la celulosa en un 80% y la lignina en el porcentaje restante. Esta unión ha sido comparada con la del concreto, donde la celulosa hace el

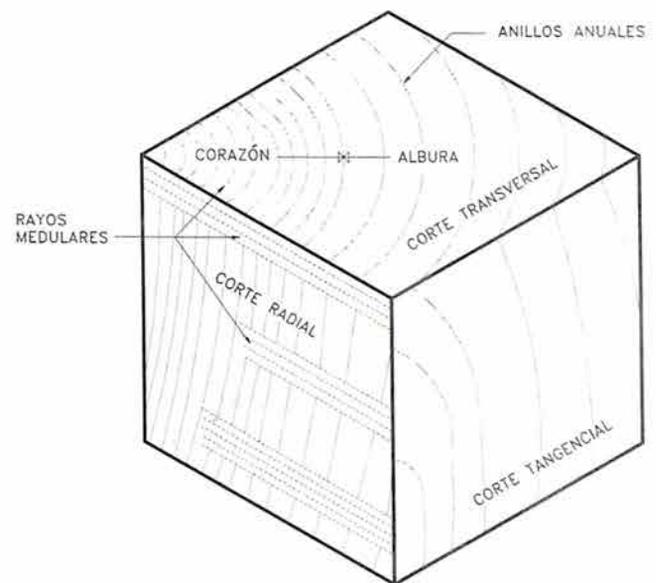


Figura 18.1

papel de los áridos y la lignina la de la pasta de cemento aglomerante. Las células, principalmente de celulosa, son alargadas y se unen con lignina unas con otras formando las fibras que, a su vez, forman los conductos necesarios para la circulación de la savia. La forma de estas células caracterizan las diversas especies. Rectas y alargadas como en los pinos o cortas y retorcidas, como el eucalipto. Las fibras también hacen que la madera sea **anisotrópica**, es decir, que sus características de resistencia y deformabilidad varíen de una dirección a otra, como veremos más adelante.

Los árboles maderables pueden clasificarse en dos grandes categorías, según la forma de sus hojas. Los que tienen hojas propiamente dichas, y que, en regiones de inviernos crudos, se desprenden por el pedúnculo y por ello se denominan **caducifolias**; estos son los árboles **frondosos**; y los que no tienen hojas sino agujas, que por la forma del fruto donde se alojan las semillas, se les llama **coníferos**. También pueden clasificarse como **maderas preciosas**, que pertenecen, en su mayoría, a las caducifolias y las **maderas corrientes**, que, con la posible excepción del cedro, pertenecen a las coníferas.

Todos los árboles toman un largo tiempo para hacerse comercialmente maderables; algunos hasta cien años para que el tronco alcance su máximo diámetro. Se han extraído muestras de algunas secoyas *Sequoia gigantea* de California (**redwood**), cuyos anillos anuales muestran edades superiores a los mil años. En el bosque virgen, cada vez más escasos en el mundo, los árboles compiten unos con otros por tener su lugar en el sol, haciendo que los de crecimiento más rápido obstaculicen y atrofien los más lentos; los que caen, luego de haber agotado su ciclo de vida, arrastran consigo a los más jóvenes a su alrededor. La **silvicultura** nos muestra el manejo racional del bosque, para darle a los árboles más vigorosos la oportunidad de crecer hasta su máximo diámetro, entresacando los enclenques o parasitarios de los alrededores, que sólo competirían con aquéllos en la absorción de los nutrientes del suelo. Sobre todo, es imprescindible asegurarse, mediante la oportuna siembra y el corte racional, de que siempre haya más madera en crecimiento que la que se extrae. Se ha comprobado que, en bosques bien manejados, en el mismo período de tiempo, los troncos alcanzan el doble de la altura y del diámetro que en los bosques vírgenes.

En los árboles en pie, tanto los conductos de circulación como las células mismas de la madera están llenos de líquido, constituido principalmente por agua. Cuando se corta el árbol, este fluido se pierde por desecación, produciendo contracciones que varían de una dirección a otra, según la posición relativa de las fibras. La primera, y más importante desecación, es la de la savia libre en los conductos. Si las condiciones de sequedad continúan, se pueden también perder los fluidos ubicados dentro de las membranas celulares, pero esto raramente ocurre en forma natural. De modo similar, la resistencia de la madera a los esfuerzos inducidos por cargas exteriores varía de acuerdo al ángulo que forman las fibras con la dirección del esfuerzo. La resistencia es máxima y la contracción es mínima en la dirección paralela a las fibras. La resistencia es mínima y la contracción máxima en la dirección tangencial a los círculos anuales y quedan en una posición intermedia en la dirección radial. En los cortes tangenciales, como realmente sólo hay un punto de tangencia, ocurren contracciones desiguales a todo lo ancho de la pieza, produciendo alabeos que, en efecto, tienden a enderezar la curvatura de los círculos anuales.

Para minimizar estas deformaciones durante la vida útil de la madera, es necesario secarla hasta un punto en que su humedad esté en equilibrio con la del medio ambiente. Sería inútil desecarla más porque a la larga volvería a absorber la humedad circundante. Lo primero que debe hacerse al tumbar el árbol es descortezarlo para exponer al aire su parte más húmeda, la capa de cambium. En algunos países madereros, estos troncos se transportan haciéndolos flotar en los ríos, lo que ayuda a la lixiviación de los fluidos naturales. Luego se llevan a los aserraderos donde se trocean en escuadrías convenientes, de acuerdo a las necesidades del mercado. Las partes curvas del perímetro, llamadas **costaneras**, se utilizan para forrar construcciones rurales o de poca importancia. Estas trozas es necesario seguir las desecando, sea al aire o en estufas especiales. En el primer caso, los maderos se estiban de modo que no queden en contacto con el suelo, dejando espacios entre unos y otros, de modo que cada camada quede en dirección perpendicular a la inmediata inferior, para así dejar amplios espacios de circulación de aire. Las estibas se cubren con lonas, separadas de la camada superior, para protegerla de la lluvia y de

la excesiva influencia del sol. Para una desecación adecuada, este proceso debe durar entre seis meses y un año lo que hace preferible, muchas veces, que se recurra a los secaderos para acelerarlo. Estos consisten en espacios cerrados, donde la madera se estiba en la forma anteriormente indicada, pero donde se induce una circulación de aire caliente que extrae más rápida y uniformemente la humedad. La temperatura del aire se hace subir paulatinamente desde los 50 a los 75° C pues el resecado muy rápido, o las temperaturas muy altas, pueden producir hendeduras y resquebrajamientos en la madera. El aire cargado de humedad se expela al exterior ya que, por razones obvias, no puede hacerse recircular. Con este sistema, el tiempo de secado se reduce a 4 ó 5 días. La cantidad residual de agua generalmente se deja entre un 10% y un 15% de la originalmente contenida, lo que casi siempre asegura su equilibrio con el medio ambiente.

La madera adquirirá ciertas características de acuerdo a cómo se haga el despiece. El más rápido y económico es hacer los cortes utilizando una serie de sierras paralelas para darle al tronco una sola pasada. Esto hace que las piezas del centro tengan un corte casi radial, pero, a medida que se alejan del centro, los cortes van siendo cada vez más tangenciales, con el consabido problema del alabeo excesivo. Se mejora esta condición sacando primero las piezas centrales, luego cortando en dos cada una de las piezas semi-circulares restantes, por lo que el método se denomina al cuarteo, y a éstas, a su vez, se les hacen cortes paralelos aproximadamente radiales. Este método es el que más se usa para algunas maderas preciosas por las partes brillantes, o aguas, que produce el corte paralelo a los rayos medulares. Finalmente, láminas delgadas de madera, exclusivamente para recubrimientos y para madera enchapada, pueden cortarse con cuchillas tangenciales, como si se tratase de un rollo de papel que se desenvuelve.

Para las medidas de la madera nosotros usamos el sistema inglés de pies y pulgadas. En el resto del mundo, excepto en el área de influencia anglosajona, las secciones se miden en centímetros y las longitudes en metros. La tendencia hacia la metrificación uniformizará estas medidas, de modo que debemos irnos acostumbrando a ello. Las secciones son siempre nominales, ya que, además de no tomar en cuenta los desperdicios que ocasionan los gruesos de las sierras, tampoco se incluyen las contracciones debidas al posterior secado. A las trozas tal como salen del aserradero, se les denomina **madera bruta**, que, como su nombre lo indica, ofrecen una superficie bastante rugosa, y que se usan cuando prima más la resistencia que la apariencia. Para una superficie más lisa, se emplea la **madera cepillada** (castizo: acepillada), proceso que hace disminuir aún más la sección. La nomenclatura de las piezas depende de la escuadría: **varetas**, menores de 1"x 2" (2.5 x 5 cms); **enlates**, 1"x 3" y 1"x 4" (2.5 x 7.5, 2.5 x 10 cms); **tablas**, cuando el grueso es de 1" (2.5 cms) y el ancho es mayor de 4" (10 cms); **tablones**, cuando el grueso es mayor de 1" (2.5 cms) y la relación entre el ancho y el grueso es mayor de 3, por ejemplo 3" x 12"; y **cuartones**, con un grueso de 2" (5 cms) o mayor, y la relación entre el ancho y el grueso es menor de 3, por ejemplo 4" x 6" (10 x 15 cms). Se llaman **horcones**, cuando se usa el tronco entero con su sección circular o que ha sido burdamente desbastado con el hacha. Como se explicó antes, las **costaneras** tienen una superficie plana y otra convexa, y han sido usadas por nuestros campesinos, solapando unas sobre otras, para forrar las paredes exteriores de sus chozas. Estas pueden provenir de los desperdicios de los aserraderos, o haber sido cortadas para ese propósito de los troncos de la palma de **yarey**, antes muy abundante en el país. La madera se mide, hasta ahora, en **pies de madera**, medida volumétrica que equivale a 144 pulgadas cúbicas, o sea, una tabla de 12" x 12" x 1" o un cuartón de 3" x 4" x 1'-0" tienen un **pie de madera**. Como fórmula general se multiplican las dimensiones de la sección en pulgadas por la longitud de la pieza en pies (lo que significan pulgadas/12) y se divide el total por 12. Por ejemplo, un tablón de 2" x 8" x 16'-0" ($2 \times 8 \times 16/12$) = 21.33 pies.

18.1 DEFECTOS DE LA MADERA

Los defectos más comunes de la madera son los nudos, que se forman cuando algunas fibras cambian de dirección para formar las ramas; hay una oclusión del duramen de las ramas en la albura del tronco, a veces con tendencia a ser saltadizo, que disminuye notablemente la resistencia de la pieza ya que las fibras dejan de ser paralelas a los esfuerzos. Hay que seleccionar muy bien las piezas que han de

quedar muy cargadas, de modo que haya un mínimo de nudos, especialmente en las áreas que van a ser sometidas a esfuerzos de tracción. En el pandeo, las deformaciones se producen en un mismo plano, quedando la pieza en forma de arco más o menos rebajado; si se han de usar piezas pandeadas hay que cuidar que la curvatura quede hacia arriba, de modo que las cargas coadyuven en la eliminación de la deformación. El alabeo produce deformaciones que hacen salir la pieza de su plano, formando curvaturas distintas en las diferentes secciones; ha de evitarse el uso de piezas alabeadas cuando van estar sujetas a grandes cargas, ya que el pandeo adicional causado por los esfuerzos de compresión causa grandes deformaciones que pueden llegar hasta la rotura de la pieza. En forros donde se usan tablas alabeadas, hay que forzarlas a un plano a base de clavos, con el consiguiente peligro de que ocurran rajaduras en otra parte. Hay otros defectos, causados por agentes meteorológicos o biológicos, como la **acebolladura** que produce huecos de separación en los círculos anuales o rajaduras, más o menos radiales por la contracción de los tejidos en períodos prolongados de sequía. Los árboles vivos, o luego de cortados, pueden ser afectados también por los hongos y los insectos, lo que les puede causar daños irreparables, que hacen inutilizable la madera, como veremos en el párrafo siguiente...

18.2 ENEMIGOS DE LA MADERA

Hay tres grandes enemigos de la madera: el fuego, los insectos y los hongos. Contra el primero es poco lo que se puede hacer, ya que la madera, sin tratamiento especial y en un incendio intenso y prolongado, queda totalmente destruida y convertida en cenizas. Hay pinturas intumescentes (que se hinchan) a altas temperaturas y forman una capa esponjosa y protectora que actúa como aislamiento térmico, párrafo 35.15. La carbonización superficial de la madera, también protege el resto, si es que se logra controlar el incendio a tiempo. Sólo nos resta una protección pasiva colocando muros rompedores de mampostería para aislar una sección de otra e impedir así la propagación del incendio.

Los otros dos enemigos, que lamentablemente poseemos en abundancia, son relativamente controlables si tomamos las medidas pertinentes de protección inicial y de mantenimiento. En otros países hay otros enemigos dentro del reino animal; algunas aves, como el pájaro carpintero, hacen perforaciones en busca de insectos o para hacer sus nidos. También hay larvas que atacan especies específicas, como las mariposas que están acabando con las hayas de Nueva Inglaterra, o la Polilla Gitana (Gypsy Moth) que ataca los robledares en esa misma área. En nuestro caso solo tenemos que luchar, asaz arduamente, contra el comején y la polilla.

El comején o termita, *Reticulitermes lucifugus*, que se le llama también hormiga blanca, a pesar de que las hormigas son sus enemigos naturales, tiene una estructura social muy rígida, semejante a la de otros insectos, como abejas y hormigas, donde la especialización altera la morfología hasta tal punto, que hay diferencias notables entre las diversas clases. Estas son la de los obreros, que hacen todo el trabajo de la colonia, y son los que verdaderamente hacen daño a la madera; los soldados, que se encargan de la defensa, del nido por lo cual desarrollan mayor tamaño y grandes mandíbulas, o aguijones venenosos para repeler el ataque de cualquier intruso, inclusive de su misma especie, pero de otra colonia. Ninguna de estas dos clases tiene sexo diferenciado, dejando las funciones reproductivas a la casta especializada de los reyes y las reinas. Una vez al año, cuando comienzan las lluvias de primavera, a estos le salen alas para emprender un vuelo nupcial y aparearse. Estas son las "hormigas de alas" tan bien conocidas por su abundancia, sin que, tal vez, las conectemos con la infestación de tan dañina plaga. Muchos de ellos mueren durante ese período, pero siempre hay un número considerable de parejas que regresan a tierra para asegurar la preservación de la especie. Allí pierden sus alas y la reina, que puede aumentar su volumen más de diez veces el original, se encierra con su consorte en nidos subterráneos y anualmente producen centenares de miles de huevos que, a no ser por sus enemigos naturales, ya hubieran cubierto la tierra. Es curioso que el comején, por sí solo, no puede digerir su principal alimento, que es la celulosa; necesita, en su sistema digestivo, de unos microbios parasitarios que la desdoblan en azúcares y otras sustancias que la hacen digestible. Estos microbios los adquieren las larvas por contacto con las heces fecales que siempre abundan en el nido, es decir, si lográramos vedarle a las larvas ese contacto, se morirían de hambre en medio de la mayor abundancia

de alimentos. Los obreros son más pequeños que las otras castas, ciegos, fotófobos (enemigos de la luz), de donde viene su apellido científico, y necesitan de la humedad para poder vivir. Por eso sus nidos son subterráneos y, cuando tienen que salir a obtener alimento, construyen, con aserrín ligado con sus propios excrementos, los típicos túneles y panales que, a las claras, proclaman su presencia en la localidad. Algunos árboles son más susceptibles al ataque de estos insectos, pero, si no hay alternativa, ellos atacan hasta los más resistentes. Es de notar, que los grandes panales que vemos en las horquetas de los árboles, son almacenes y refugios que construyen los obreros; no hacemos nada destruyéndolos porque la actividad reproductiva sólo ocurre en las cámaras subterráneas. El comején no atraviesa la mampostería o los metales, pero aprovecha las grietas en la primera y las juntas en los segundos, para penetrar con sus túneles a todas partes de la construcción. Es por eso que debemos ejercer especial cuidado en no dejar trozos de madera, o papel, ocluidos dentro de la mampostería o del relleno que hagamos próximo a la construcción. Tampoco es conveniente sembrar árboles o arbustos cuyas ramas vayan a estar en contacto con las paredes, especialmente si éstas van a ser de madera, ya que proveeríamos una cabeza de puente para facilitar la invasión.

El comején es una plaga generalizada por todas las regiones tropicales y subtropicales del globo, de modo que siempre hay que presumir su presencia en el área de la construcción, y tomar las medidas de protección a nuestro alcance, como se describe en el párrafo 12.1. Pasados los cinco años, cuando la lixiviación ha disminuido la efectividad del tratamiento, o cuando se trate de una construcción ya terminada, se hacen las perforaciones en todo el perímetro exterior y se barrenan los pisos en el interior junto a todas las paredes, se inyecta el insecticida como se describió anteriormente y luego se tapan los hoyos con el mortero de cemento del color más parecido al de los pisos terminados. De manera pasiva, se combate el comején creando barreras metálicas, como las que se muestra en la figura 18.2 utilizando madera tratada, como ampliaremos en el artículo **18.3 TRATAMIENTO**, o especies naturalmente resistentes al ataque de los insectos, como se ve en la tabla al final de este capítulo.

El otro insecto sumamente dañino es la carcoma, *Anobium striatum*. Se trata de un coleóptero (escarabajo) muy pequeño, de poco más de un milímetro de largo, que hace una minúscula perforación para penetrar en la madera, especialmente las que tienen mucho almidón, y luego barrena túneles a su antojo, sin salir al exterior, hasta dejar la madera completamente dañada. Este insecto ataca tanto las coníferas como las maderas preciosas, sean éstas parte de la construcción o del mobiliario. Su presencia sólo se detecta por el polvillo grisáceo que se acumula en el piso, a la salida de sus túneles, siendo, la mayoría de las veces, demasiado tarde para salvar la madera. En caso de que el daño no sea irreparable, el tratamiento consiste en someter la pieza infestada al influjo de vapores de insecticidas volátiles, por períodos de 24 horas. En el caso de muebles, esto se hace en cámaras especiales, pero en el caso de viviendas grandes, se requiere cubrirlas por completo con lonas impermeables, dejando latas de insecticidas en aerosol abiertas en cada habitación. Es necesario repetir el tratamiento tres o cuatro semanas después, para acabar con la nueva generación de insectos que nacen de los huevos y larvas que no fueron afectados por el primer tratamiento.

Aún más formidables enemigos que los insectos, son los hongos. Estos son miembros del reino vegetal, pero no tienen clorofila, de modo que, para su subsistencia, aprovechan los nutrientes elaborados por los vegetales que sí la tienen; es decir, son eminentemente parasitarios. Los hongos se

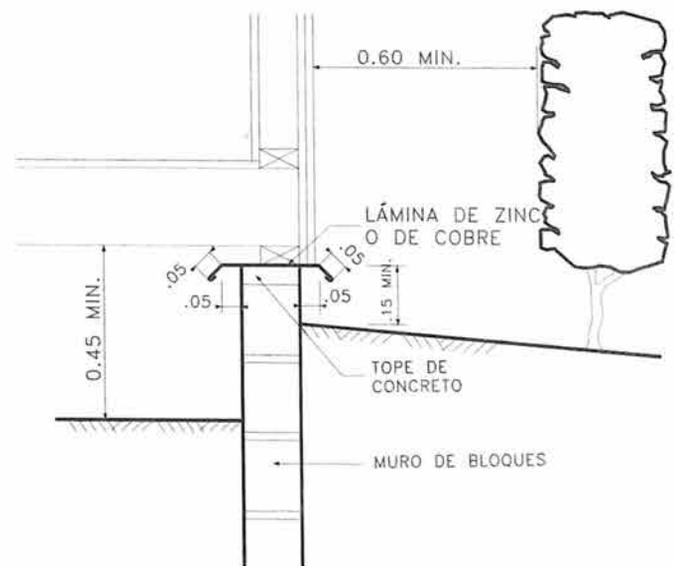


Figura 18.2

reproducen por medio de esporas, minúsculas esferas negruzcas que levanta la más leve brisa y que son transportadas a grandes distancias hasta encontrar un sitio apropiado para su desarrollo. De no encontrarlo, se mantienen latentes por períodos que pueden llegar hasta los miles de años, esperando que las condiciones se les hagan propicias. Cuando éstas llegan, y consisten en un alto grado de humedad y unas temperaturas entre 20 y 40 °C, de las esporas salen unos hilos blancos, denominados **hifas**, que, en contacto unas con otras, forman una masa húmeda llamada **micelio**, que es la etapa destructiva del hongo, pues su crecimiento se hace a base de absorber la celulosa de la madera, convirtiéndola en un material deleznable e inservible. Es decir, que los hongos son la causa de la pudrición de la madera. La condición sine-qua-non para combatir los hongos es la de mantener controlada la humedad. Aún la madera tratada, si hay humedad permanente o por un largo tiempo, el hongo, a la larga, proliferará, haciendo inútil el gasto extra que representa el tratamiento. Este control de humedad se consigue con una adecuada impermeabilización, un rápido drenaje y una adecuada ventilación o una elevación de la temperatura, para promover la evaporación. Como hemos dicho antes, el agua es el peor enemigo de los materiales de construcción, y la mejor defensa es mantenerla a raya y alejarla, lo antes posible, de la edificación.

18.3 TRATAMIENTO

Hay varias sustancias que se usan en el tratamiento de la madera, cada una con sus ventajas e inconvenientes desde los puntos de vista de la eficacia, durabilidad, coste, apariencia, olor, exudación o su contribución al envenenamiento del ecosistema. Pueden ser hidrocarburos, derivados de la hulla y del petróleo, como el alquitrán, brea, creosota o la carbosota; de metales, como los cloruros de mercurio o de zinc, o sulfato de cobre; o productos químicos como el pentaclorofenol.

La forma más económica, aunque menos efectiva, es la de pintar, con uno de los materiales antes mencionados, las superficies de la madera. La absorción natural de las fibras hace que la protección penetre algo, pero siempre quedará la mayor parte sin tratar. Hay que cuidar de que se protejan también los cortes que se hacen en la obra, ya que dejaríamos un camino abierto a los enemigos, que siempre están al acecho de estas oportunidades. En algunos casos se ha hecho el tratamiento en los árboles en pie, descortezando un anillo alrededor del tronco, colocando allí el líquido protector, y dejando que la propia circulación lo lleve a todas partes. Es más eficaz el tratamiento si se han diluido los líquidos propios del árbol, ya sea, como dijimos, por la transportación fluvial, o por la introducción del tronco en calderas o autoclaves donde, con vapor de agua a presión, se extraen los líquidos en una operación de desflemado. Luego se sumerge en el líquido protector donde, después de cuatro o cinco días, se saca a los secaderos. Mejor aún es el método del vacío, donde, luego de desflemado, se hace un vacío en el autoclave para extraer todo el líquido, después de lo cual se introducen, a una presión de varias atmósferas, los líquidos y vapores en suspensión que así penetran hasta la misma médula de la madera. Este tratamiento puede hacerse a los troncos o a la madera despiezada con igual efectividad. Los asfaltos y la hullas son excelentes protectores, però, por su color oscuro y porque nunca se secan del todo, sólo se utilizan en postes del tendido eléctrico o en lugares que van a quedar ocultos. Es una falacia generalizada, la creencia de que el aceite automotriz quemado protege la madera; sólo contribuye a afeitar su apariencia y a ensuciar las ropas de los que se recuestan contra ella. La creosota y la carbosota tienen un olor muy penetrante y desagradable, que tarda mucho en dispersarse; además, producen exudaciones que afloran a la superficie y pueden manchar las pinturas u otras terminaciones que se le haya dado a la madera. De los mejores tratamientos es el del pentaclorofenol, que no exuda, es muy poco soluble en agua y su transparencia, con un ligero tinte amarillo-verdoso, permite terminaciones con barnices claros.

18.4 ESPECIES DE MADERAS

Las maderas más comunes en la construcción son las coníferas, de las cuales hay una gran variedad de especies repartidas por todo el mundo; los más abundantes y versátiles son:

Los **pinos**, entre los cuales se encuentra nuestro pino nativo, ***Pinus occidentalis***, que fue

inmisericordemente explotado y que, si le damos oportunidad de regenerarse, podrá servirnos de nuevo en un futuro no muy lejano. Todas las coníferas son maderas muy resinosas, con círculos anuales bien marcados, con la madera de primavera casi blanca y la de otoño rojiza y densa. Las fibras son derechas y resistentes. Hay poca, o ninguna, diferenciación entre la albura y el duramen. Los árboles adultos son realmente majestuosos, llegando hasta los 40 metros de altura y 1.20 de diámetro. Del pino se extraen derivados, que también se usan en construcción, como breas y trementina. Como el gobierno, sabiamente, ha prohibido por completo la tala de árboles, la madera de pino la importamos de los Estados Unidos, casi siempre de los estados del sureste, donde crece el Southern Pine, **Pinus palustris**, que suple una excelente madera para la construcción, y de Chile, una conífera del género **Araucaria**, más clara y menos resistente que la anterior. Antiguamente se traía también el Pitch Pine (Pino Resinoso), **Pinus rigida**, que nuestro argot popular bautizó como **pichipén**. En Europa existen el **Pinus silvestris**, en los inmensos bosques escandinavos y, en Europa Central, **Pinus nigra**, caracterizado por el verdor intenso de sus fascículas.

Otras coníferas, muy conocidas y que a veces se importan de Norte y Centro América, son el cedro (el verdadero cedro) **Cedrus libani**, por su agradable y permanente olor, y el Redwood Californiano, **Sequoia sempervirens**, erróneamente denominado pino rojo. Proviene de los árboles más grandes y viejos del mundo, algunos especímenes alcanzan los 110 metros de altura y un diámetro mayor de 4 metros. El redwood es una bellísima madera, algo blanda, de fibras muy rectas, que es de las que mejor resisten la intemperie y el ataque de los insectos, comparable sólo al ciprés, **Cupressus fastigiata**, conífera que crece en los pantanos del sur de los Estados Unidos, y es prácticamente imputrescible.

De las maderas preciosas, sacadas de árboles frondosos que aún crecen en nuestro suelo, copiamos primero las descripciones extraídas del libro "Árboles Dominicanos" del Dr. Alan Henri Liogier, publicado por la Academia de Ciencias de la República Dominicana, en orden alfabético:

Baitoa, **Phyllostylon brasiliense**, árbol de hasta 10 m. de alto y 50 cm. de grueso en el tronco, la madera de color amarillo claro a marrón pálido, con una capa delgada de albura blanca o incolora; es pesada, dura y compacta, con una textura muy fina y uniforme, el grano recto o casi, fácil de labrar o de tornear, y tomando un alto pulimento. Es muy apreciada en ebanistería y para hacer objetos de adorno y curiosidades. Debido a que no se raja ni se astilla, se puede doblar fácilmente y darle la forma deseada; por esta razón sirve para muebles que requieren doblar la madera, como sillas o mecedoras.

Candelón, **Anadenanthera peregrina (L.)**, árbol mediano de hasta 20 m. de alto y unos 20 cms. de diámetro en el tronco, la albura es blancuzca o de color marrón claro, el duramen es de color marrón oscuro o rojizo con vetas más oscuras, extremadamente dura, pesada, fuerte, durable, con peso específico 0.8, pero difícil de trabajar por su dureza. Se usa para postes, en carpintería y ebanistería. Debido a lo escaso de este árbol en la actualidad, es poco conocido y por lo tanto poco usado. Las semillas producen un polvo alucinógeno que nuestros indios usaban en la ceremonia religiosa de la Cohoba o Cojoba.

Caoba, **Swietenia mahogani (L.)**, alcanza unos 20 m. de alto y hasta 1.50 m. de diámetro, ha sido siempre muy buscada como madera preciosa. La madera nueva es blancuzca o amarillenta, la de corazón rojiza, rosada o amarillenta cuando se acaba de cortar, y se torna poco a poco en un pardo rojizo oscuro. Es moderadamente dura, pesada, fuerte, muy resistente a la podredumbre y al ataque de los insectos. Se utiliza principalmente en ebanistería y para interiores de casas; se trabaja fácilmente y adquiere un pulimento muy bello. Se utiliza mucho como árbol de sombra, por desarrollar una copa ancha, por lo bello de su follaje y por lo densa de su sombra.

Capá blanco, **Petitia domingensis Jacq.**, árbol que llega hasta 22 m. de alto y 30 cm. de ancho en el tronco, llamado también Capá de Sabana. La madera es de excelente calidad y una apariencia muy atractiva. La albura es moderadamente blanda, de un color marrón claro y poco separada de la madera de corazón. Esta última, de color marrón claro o medianamente oscuro, tiene frecuentemente vetas de diferentes tonos de marrón, a veces presenta franjas más oscuras de apariencia de cera. La madera tiene grano más bien fino, que puede ser recto, algo ondulado o entrelazado. Es muy dura, pesada,

resistente y fuerte, con peso específico de 0.66. La madera de capá es medianamente resistente al ataque de los termites de la madera seca, y moderadamente duradera en contacto con el suelo. La madera es suficientemente atractiva para ser usada en ebanistería para muebles, objetos torneados, paneles para interiores y usos semejantes.

Capá prieto, **Cordia alliodora (R y P) Oken**, árbol mediano que mide de 8 a 20 m. de alto y hasta 45 cm. de diámetro en el tronco, la albura es de color marrón claro moderadamente blanda y gruesa. El duramen es de color marrón claro, a menudo con vetas más oscuras; es moderadamente blando, peso mediano, fuerte, tenaz y fácil de trabajar. Toma buen pulimento y es generalmente resistente al ataque de los termites de la madera. Su peso específico es de 0.57. La madera seca al aire con rapidez y los defectos debidos al secado son moderados; su reacción al trabajo de las máquinas es como sigue: el cepillado, moldeado, escopleado y lijado, son satisfactorios; el torneado y taladrado son excelentes, y la resistencia a las rajaduras por tornillo es deficiente. Se puede usar para construcciones rurales, para pisos, puertas, vigas, pilares y durmientes; es apreciada en ebanistería, tomando una vez pulida, un color ceniciento vetado que le da aspecto de estar bajo un cristal. También puede usarse en la fabricación de enchapados y madera terciada con fines decorativos y para parquet.

Cedro, **Cedrela odorata L.**, nombre que le fue dado por la fragancia de la madera, que se asemeja a la del *Cedrus Libani*. Alcanza los 35 m. de altura y el tronco llega casi a los 2 m. de diámetro en su mayor desarrollo, sin embargo, raras veces se encuentra un árbol tan corpulento. La albura es de color crema rosado con su olor muy característico y sabor amargo; el duramen de color marrón claro a marrón rojizo, mostrando vetas y anillos de crecimiento. Esta madera se asemeja a la de la Caoba, pero con una fragancia característica; es blanda, liviana, con peso específico de 0.45, fuerte, fácil de trabajar, cogiendo buen pulimento, durable, resistente al ataque de los termites y otros insectos. Seca al aire con rapidez. Su uso más indicado es en enchapados de madera laminada, así como en la fabricación de artículos torneados, para cajas y envolturas de tabaco y puros, y también en ebanistería para roperos y gaveteros.

Ébano verde, **Magnolia pallescens Urb & Ekm**, se caracteriza por su porte majestuoso, alcanzando hasta 20 m. de altura o a veces más, en ejemplares más viejos; su tronco tiene de ordinario 40 cm. a 1 m. del suelo, alcanzando a veces los 60 cm. La madera es dura, resistente, de grano fino, por lo cual ha sido muy buscada para la ebanistería; no se tuerce ni encoge, se trabaja fácilmente y es capaz de coger pulimento; tiene un color aceitunado, de aquí el nombre de ébano verde; este color es bastante raro entre las maderas, lo que hace que sea muy buscada y estimada, pero como el área donde crece es muy reducida, la tala despiadada y el afán de lucro, han provocado gran escasez en esta madera.

Espino, **Zanthoxylum martinicense (Lam) DC.**, árbol mediano, siempre verde, de hasta 20 m. de alto y 45 cm. de diámetro en el tronco, la albura es dura y blancuzca, el duramen es de color amarillo claro; muestra anillos bien definidos; es duro y pesado, con peso específico de 0.46; tiene grano fino y recto. La madera seca al aire con rapidez y los defectos debido al secado son considerables; su reacción al trabajo con máquina es como sigue: el cepillado, moldeado, taladrado y escopleado son regulares; el torneado y cepillado son deficientes, y la resistencia a la rajadura por tornillos es satisfactoria. Esta madera al ser cortada y cepillada despide un perfume agradable y penetrante. Esta madera no debe usarse en contacto con la tierra, porque además de podrirse a los pocos meses, atrae enormemente al comején. Se usa para horconaduras, trabajos de interiores y ebanistería, toma buen pulimento. Es una de las maderas usadas en el campo para la construcción de casas y ranchos.

Guayacán, **Guaiacum officinale L.**, es uno de los árboles más valiosos de la flora antillana. Siempre verde, su altura es más bien baja, alcanzando los 10 m. en pleno desarrollo y el tronco corto puede medir de 12 a 50 cm. de diámetro. La albura es de color amarillo pálido; el duramen de color verde aceituna a verde oscuro o marrón, casi negro, con anillos de crecimiento bien marcados. Es una de las maderas comerciales más pesadas, con peso específico de 1.2, es durísima, de grano muy fino, fuerte, durable, difícil de cortar, y cogiendo buen pulimento. El duramen es muy resistente al ataque de los termites. Una de las propiedades más valiosas del guayacán es la resina no secante que contiene la madera, con propiedades lubricantes. Por ese motivo ha sido muy usada para chumaceras de hélices de

buques, rodillos, mazas, dientes de ruedas, poleas, juegos de bolos y novedades torneadas.

Lanero, **Ochroma pyramidale (Cav.) Urban**, liviana, débil y blancuzca. Es la madera comercial "Balsa" y es la más liviana del mercado, pesando menos que el corcho; su peso específico es 0.22, es usada cuando se necesita un material muy ligero. Adolece de varios defectos, entre otros de ser muy absorbente, lo que se impide tratándola con parafina; tuerce mucho y requiere instrumentos muy afilados; se pudre con facilidad y es muy susceptible al ataque de los termes. Agregamos que se usa mucho en arquitectura para la confección de maquetas.

Roble, **Catalpa longissima (Jacq.) Dum. Cours.**, (no se trata del roble que abunda en las zonas templadas, que pertenece al género **Quercus**), es un árbol muy conocido en nuestra isla; lo hallamos tanto silvestre como sembrado en parques o a lo largo de nuestras carreteras. Alcanza una altura de 20 a 30 m. y el tronco mide hasta 1 m. de diámetro. La albura es blancuzca y la madera de corazón es grisácea a marrón claro, presentando vetas irregulares muy apreciadas en trabajos de ebanistería; la textura es de medianamente fina a gruesa, cogiendo buen pulimento. La madera seca tiene un olor característico, que recuerda el keroseno, pero no tiene sabor en particular. El peso específico de esta madera es de 0.60 a 0.80. Es medianamente dura y elástica. Es duradera en contacto con la atmósfera, pero menos en contacto con el suelo, aunque afirman que es imputrescible. Se afirma que esta madera es sólo medianamente resistente a los termes de la madera seca. Esta madera es útil para construcciones en general, tanto para vigas y tablas como para pisos; es muy útil en ebanistería, cogiendo un pulimento muy lustroso. Tenemos en la República Dominicana otros árboles que llevan el nombre de roble, la **Tabebuia berterii** mejor conocida como Aceituno, el Roble amarillo, **Tecoma stans**, el Roble blanco, **Tabebuia heterophylla**, y Roble prieto, **Ehretia tinifolia**. Todos se caracterizan por tener madera dura, fuerte y muy útil para construcción, herramientas y ebanistería.

Las características más sobresalientes de otras maderas de árboles criollos que se han usado o podrían usarse en construcción, se han resumido en forma de tablas, extraídas del libro "Árboles Dominicanos" antes citado, catalogando, en orden alfabético, su nombre común, su nombre científico; su relativa resistencia, que también implica su dureza; su densidad; la relativa facilidad de trabajarla; su tendencia a la putrefacción; su propensión a torcerse y a alabearse; su tendencia a rajarse y su resistencia al ataque de insectos. Además se cataloga la altura y diámetro máximos del árbol, lo que nos da idea del tipo de escuadrías que se pueden obtener. Finalmente, se catalogan los usos a los que se han destinado o a los que se pueden destinar las maderas incluidas.

A = Alta; M = Mediana; B = Baja

Nombre común	Nombre científico	Resistencia	Densidad	Trabajabilidad	Putrescibilidad	Alaben	Hendibilidad	Resist. a insectos	Altura en mts.	Diám. en cms.	Usos
Aguacate	<i>Persea americana</i>	B	B	A			A		20	40	Tablas, tornería
Aguacatillo	<i>Alchoenea latifolia</i>	B	B	A				B	20	45	Postes, huacales
Álamo blanco	<i>Thespecia populnea</i>	A	A					A	10	20	Ebanistería, Instrumentos musicales
Algarrobo	<i>Hymaenea courbaril</i>	A	A	M	B			A	25	120	Ebanistería, postes
Almácigo	<i>Bursera simaruba</i>	B	B	A	A			B	30	100	Cajones, enchapados
Almendra tropical	<i>Terminalia catappa</i>	A	M					B	16	60	Ebanistería, muebles
Amacey	<i>Tetragastrus balsamifera</i>	A	A				B		25	50	Ebanistería, exteriores

Amapola	<i>Erythrina poeppigiana</i>	B	B					B	25	150	Cajonería	
Árbol del pan	<i>Artocarpus altilis</i>	B	B	A	A			B	20	50	Carpintería interior	
Bayahonda	<i>Prosopis juliflora</i>	A	A	A	B			B	13	45	Postes, durmientes	
Café cimarrón	<i>Casearia guianensis</i>	A	A	A					10	5	Ebanistería, reglas	
Cajuil	<i>Anacardium occidentale</i>	M	M	A				B	12	15	Carpintería, yugos	
Campeche	<i>Haematoxylum campechianum</i>	A	A	A	B	A			15	20	Ebanistería, colorantes	
Cigua blanca	<i>Neolandria coriácea</i>								10	40	Carpintería, ebanistería,	
Cigua prieta	<i>Ocotea leucoxylon</i>	B	B	A				B	15	25	Carpintería, postes	
Copey	<i>Clusia rosea</i>	A			B			B	20	60	Construcción, postes	
Corazón de paloma	<i>Colubrina arborescens</i>	A	A	B	B			B	20	50	Pilotes, traviesas	
Cha-chá	<i>Albizia lebeck</i>	A	A	A					15	40	Construcción, postes	
Eucalipto	<i>Eucalyptus rostrata</i>	B	B	B	A				30	60	Postes, pilotes	
Frijol del monte	<i>Capparis cynophallophora</i>						A	A			Postes	
Gri-grí	<i>Bucida buceras</i>	A	A	A	A		A	A	35	100	Pilotes, horcones	
Guácima	<i>Guazuma ulmifolia</i>	M	M	A	A			B	15	60	Carpintería, ebanistería	
Guama	<i>Inga vera</i>	A	A					B	20	45	Postes, carpintería	
Guaraguao (duramen)	<i>Buchenavia capitata</i>	M	M	A				A	20	00	Ebanistería, construcción	
Guárana	<i>Cupania americana</i>	A	M					B	20	25	Postes, ebanistería	
Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	A	A	B					7		Herramientas	
Jabilla	<i>Hura crepitans</i>	M	B	A	M			A	30	150	Carpintería, ebanistería	
Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria</i>	A	A	B	A			B	15	40	Postes, herramientas	
Jagua	<i>Genipa americana</i>	A	A	A				B	B	44	45	Muebles, enchapados
Jobobán	<i>Trichilia hita</i>	A	A	A	B		A	A	6	15	Ebanistería, enchapados	
Juan primero	<i>Simarouba glauca</i>	B	B	A	A			B	25	50	Carpintería, ebanistería	
Lengua de vaca	<i>Dendropanax arborens</i>	B	B					B	25	70	Enchapados	
Limoncillo	<i>Melicoccus bijugatus</i>	A	M		A		A	A	25	120	Ebanistería, interiores	
Majagua	<i>Hibiscus tilaceus</i>	A	B						20	30	Carpintería, ebanistería,	
Mangle colorado	<i>Rhizophora mangle</i>	A	A					B	8	20	Postes, pilotes	
Mangle prieto	<i>Mangifera indica</i>	A	A	A				B	16	30	Postes, pilotes	
Mango	<i>Mangifera indica</i>	A	A	A				B	25	100	Carpintería, muebles	
Manzanillo	<i>Ilippomane mancinella</i>	M	A	A				B	20	90	Ebanistería, muebles	

Mara	<i>Calophyllum caslava</i>	A	M	A	B			B	30	45	Construcción, ebanistería
Memiso de paloma	<i>Threma mickranthum</i>	B	B	A	A				15	30	Postes
Ozúa	<i>Pimenta racemosa</i>	A	A		B		A	A	15	20	Postes, carpintería
Péndola	<i>Cytharexylum fruticosum</i>	A	A						10	20	Ebanistería, inst. musicales
Peonía	<i>Adenantha pavonina</i>	A	A	A					15	45	Construcción, ebanistería
Peralejo	<i>Byrsonima crassifolia</i>	A	A					A	10	20	Construcción
Pino australiano	<i>Casuarina equisetifolia</i>	A	A	M	A	B	A	B	25	45	Postes, vigas
Pino macho	<i>Zanthoxylum martinicense</i>	A	M	M	A	A	A	B	20	45	Ebanistería
Piñón cubano	<i>Gliricidia sepium</i>	A	A	A	B				17	35	Postes, ebanistería
Pomo	<i>Syzygium jambos</i>	A	A	B					10	20	Duelas de barriles
Samán	<i>Samanea saman</i>	M	M	B	B	A		A	20	100	Carpintería, enchapados
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	A	A	B				B	16	100	Construcción, ebanistería
Tarana	<i>Linociera domingensis</i>	A	A	A					20	30	Ebanistería
Uva de playa	<i>Coccoloba uvifera</i>	A	M	A				B	15	20	Postes, muebles

A continuación, una somera descripción de las maderas preciosas que pueden obtenerse en otras partes del mundo, tomada, en su mayor parte, del primer tomo de la "Biblioteca Atrium de la Madera":

Amboina, **Pterocarpus indicus**, Asia tropical, con albura blanquecina y duramen amarillo ocre-rosado. Es un árbol de poca altura y se emplea especialmente la raíz que da una chapa de una belleza extraordinaria por su pequeño dibujo y colorido suave similar a la piel. Se emplea en ebanistería fina, objetos decorativos e instrumentos musicales.

Arce, **Acer saccharum**, de Norteamérica, la albura tiene un color blanco mientras el duramen es rosáceo-pardo. Anillos de crecimiento ligeramente acusados que marcan líneas sombreadas en secciones longitudinales y rayos medulares formando espejuelos cortos. Es madera de gran duración, nunca atacada por la carcoma. Se emplea en enchapados de ebanistería fina. La raíz, piqueteada y con ojo de perdiz con irisaciones, es de una belleza extraordinaria (Bird's eye maple).

Avodire, **Turranthus africanus**, albura y duramen de color amarillo claro, de grano fino. Atacable por parásitos. Se emplea en ebanistería ligera y enchapados.

Bubinga, **Guibourtia copaifera**, del África occidental, duramen de color rosa oscuro con vetas más intensas. Dura, pesada, muy resistente a los parásitos. Muy apreciada en ebanistería, en enchapados de gran belleza.

Castaño, **Castana vulgaris**, Lamk. de Norteamérica y Europa, de albura blanca y duramen rojo oscuro, fibrosa y resistente, muy elástica y consistente, resiste muy bien las alternativas climáticas.

Ebano, **Diospyros ebenum**, de África occidental y de la India; la albura marrón clara y duramen muy oscuro con color tabaco-negro y veteado más negro. Junto con el wenge africano, la madera más negra de todas las conocidas. Es pesada, duradera y caracterizada por sus finas fibras y su facilidad de recibir pulimento. Se emplea en interiores de lujo, muebles de calidad y objetos decorativos.

Embero, **Lovoa**, del África occidental, albura y duramen son similares de color, pardo siena con un

fondo amarillo rosado oscuro que marca un veteado regular. Se oscurece notablemente por efecto de la luz. Es madera resistente a la alteración aún en obras al exterior. Buen aserrado pero lijado difícil por levantar el repelo. Barnizado regular.

Encino, **Quercus ilex, rubra, L.**, de Norteamérica y Europa, madera compacta, dura, de color parduzco, que oscurece con la exposición al aire, poco atacada por los insectos, muy usada en ebanistería.

Fresno, **Fraxinus**, zona templada del hemisferio norte, casi igual albura y duramen en color blanco cremado ligeramente rosado o grisáceo. Anillos de crecimiento muy diferenciados con vasos que forman estrías veteadas en sección radial y onduladas en sección tangencial. Se emplea en muebles y objetos curvados, por su gran elasticidad y tenacidad. Buen lijado y barnizado. Lo conocemos mejor como la madera idónea para los bates de baseball.

Haya, **Fagus sylvatica, L.**, de Norteamérica y Europa, de color blanco al cortarla, después adquiere un color rojizo claro, que pasa a rojo oscuro con el tiempo, no diferenciándose la albura del duramen. Es dura y pesada, pero se alabea mucho y no aguanta bien las alternativas; se pudre y es susceptible al ataque de insectos.

Imbuia, **Phoebe porosa**, de albura amarillo-parda, duramen pardo-amarillento a oliva, con moteados oscuros y grisáceos. Resistente a los insectos; muy empleada en la fabricación de muebles en Brasil.

Iroko, **Chorophora excelsa**, del África occidental, de color amarillo verdoso pálido. Fácil de aserrar y trabajar, muy resistente al agua y a los insectos. Se usa como sustituto de la teca asiática.

Jarrah, **Eucalyptus marginata**, proviene de Australia, tiene un color rojo oscuro, parecida a la caoba, con albura más pálida, con fibras bastante derechas. Es muy fuerte y resiste bien a los hongos e insectos, pero, bajo cargas muy grandes puede tender a rajarse.

Khaya, **khaya ivorensis**, y Sapele, **Entandophragma cylindricum**, también conocidas como caoba africana por su parecido con la caoba, aunque sus fibras resaltan más, son algo más livianas, más blandas y más sujetas a contracciones que aquélla. Se usan mucho en enchapados.

Lauan, **Shorea negrosensis** también llamada caoba filipina por parecerse a ésta en apariencia, peso y resistencia, pero sus reacciones a los ciclos de sequedad y humedad son más pronunciadas que los de la caoba verdadera.

Limba, **Terminalia superba**, del África occidental, su color varía desde blanco grisáceo hasta marrón cremoso, y que puede presentar vetas oscuras. Generalmente de fibras rectas, fácil de trabajar, pero poco resistente a los hongos e insectos. Se usa en interiores, muebles y enchapados.

Makore, **Dumoria heckelii**, del África occidental, de color rojo-castaño, fibras rectas, con poco contrahilo. De trabajo bastante fácil; muy apreciada en enchapados. Presenta un buen pulido, teñido y barnizado.

Manzonía, **Mansonia altissima**, del África occidental, de albura blanquecino-amarillenta, duramen gris-negro amarillento con vetas suaves. Madera fina y regular, muy fácil de trabajar. Muy apreciada porque puede sustituir el nogal en algunos casos. Se emplea en ebanistería fina, enchapados y parquet. Cambia de color en contacto con el aire. Fácil de barnizar.

Mokali, **Anigeria**, del África occidental, albura y duramen tienen un color marfil-rosado que con el aire se oscurece. Tiene un dibujo y veteado que es difícil de resaltar. Es una madera moderadamente dura y poco elástica.

Nogal, **Juglans regia, L.**, de la zona templada del hemisferio norte, de albura blanca y duramen rojo oscuro o negro, siendo éste muy apreciado en ebanistería por el bonito pulimento que adquiere. La madera es resistente, compacta, de fibras cortas, elástica, de grano apretado y fino.

Nogal africano, **Novoa klaineana**, madera de color castaño claro, de fácil trabajo y uso en ebanistería.

Olivo, **Olea europea**, sur de Europa, albura poco distinta del duramen, color ocre verdoso con vetas pardas muy irregulares. La raíz del olivo presenta dibujos y malla de grandes y atractivas figuras. Se emplea en trabajos de tornería. Tiene un tacto sedoso y puede presentar dificultades en el barnizado.

Olmo, **Ulmus campestris, L.**, o Álamo negro, de la zona templada del hemisferio norte, de albura amarillenta y duramen rojizo, con rayos medulares abundantes. Es dura, tenaz y elástica, resistente a las alternativas de humedad y sequedad.

*Paldao, **Dracontomelum**, de las islas del Pacífico, de albura muy rosada y duramen marrón-pardo con claros oscuros de veteado y algunas líneas casi negras, Recuerda el nogal europeo. Se trabaja bien y se acaba regular. Se emplea en la industria del mueble.*

*Palisandro Río, **Dalbergia**, de Brasil y Argentina, la albura es blanco amarillenta y el duramen presenta bellísimos colores que van desde el marrón tabaco y chocolate a los tonos violetas y azules de las vetas, que incluso llegan al negro. Por su belleza y aroma se emplean en muebles de alto precio y para objetos de lujo.*

*Palisandro India, **Dalbergia latifolia**, del continente asiático e Indonesia, la albura es blanco amarillenta con algún tono rosado. El duramen es de color muy intenso que va del violeta azulado oscuro al anaranjado formando el veteado más marcado. Es fácil de trabajar y se emplea especialmente en muebles de calidad y en la decoración de lujo.*

*Palo de rosa, **Dalbergia**, de Sudamérica tropical, de albura blanquecina y duramen de una bella coloración amarillo rosada con vetas oscuras que pueden llegar hasta el violeta. Madera de gran dureza, difícil de trabajar. Por la poca altura y diámetro del árbol, no es posible obtener grandes dimensiones.*

*Pau ferro (Palo de hierro), **Caesalpinia**, de Brasil, con su peso de 1,300 kg/m³ se puede considerar la más densa de todas las maderas conocidas. La albura va desde el amarillo pálido al marrón claro y el duramen varía del marrón oscuro al marrón rojizo con reflejos purpúreos que le dan una gran belleza. La madera es dura, compacta y pesada. Requiere herramientas especiales para su corte. Se emplea especialmente en la construcción externa, naval, puentes e instrumentos musicales.*

*Pau marfim (Palo de marfil), **Aspidosperma**, de Sudamérica, albura blanquecina y duramen amarillo limón. De textura fina, pero dura y pesada, fácil de trabajar. Se emplea para decoración de interiores, muebles y objetos torneados.*

*Red-Gum, **Liquidambar**, Norteamérica, la albura es blanquecina y el duramen rojo amarronado con vetas más marcadas. Es empleado en la industria del mueble en forma de chapa. La madera debe secarse lentamente pues tiene tendencia a deformarse. Tiene buen lijado y barnizado.*

*Rewa, **Knightia excelsa**, Australia y Nueva Zelanda, el duramen va desde amarillo oro a rosa oscuro, con rayos medulares que presentan un dibujo muy decorativo que se asemeja a la haya, pero mucho más marcado y con el moteado muy aumentado. Se emplea como madera decorativa, es fácil de trabajar, de gran durabilidad y una gran resistencia al fuego.*

*Roble, **Quercus alba**, de la zona templada del hemisferio norte, madera dura, densa y resistente, de color gris amarillento, que se torna plomizo al aire. muy duradera, sobre todo cuando está bien seca, porque tiende a agrietarse longitudinalmente cuando se seca muy rápidamente.*

*Sapeli, **Entandrophragma**, África occidental, albura de color amarillo rosa, duramen marrón con reflejos dorados. Por su buen aspecto, color y veteado se usa como sustituto de la caoba africana. Muy empleada en muebles por su fácil labra, lijado y perfecto barnizado.*

*Sen, **Acanthopanax ricinifolius**, de China e islas del Pacífico. Albura de color blanquecino y duramen pardo-amarillento con un ligero veteado longitudinal. De fácil trabajo, tintado y terminación.*

*Sipo, **Entandrophragma utile**, de color rojo-rosa, que se oscurece en contacto con el aire. Se emplea mucho como sustituto de la caoba. Fácil de trabajar y con buen teñido y barnizado.*

*Sucupira, **Bowdichia**, del Amazonas, duramen de bella tonalidad pardo rosada. Es una de las maderas más duras, pesadas y compactas de todas las conocidas; muy resistente al ataque de parásitos y de alta resistencia mecánica. Difícil de acabar por su alto contenido de materias colorantes y resinas. Se emplea en muebles, en la construcción de exteriores y en parquet.*

*Tamo, **Fraxinus mandshurica**, Asia oriental, albura y duramen no tienen grandes diferencias de color, el duramen tiene una coloración más oscura que el fresno europeo, aunque en realidad, el veteado se presenta mucho más marcado y el color en su conjunto aparece con mayor intensidad. Presenta buenas cualidades mecánicas y se emplea en ebanistería para el mueble de calidad.*

*Teca, **Tectona grandis**, árbol del sureste de Asia, especialmente de Birmania, donde alcanza hasta los 50 m. de altura. Madera duradera y resistente, de un color amarillento con vetas negras que adquiere*

un bellissimo pulimento. Es muy usada en muebles y estantería.

Vacapua, **Vouacapoua americana**, de las regiones tropicales de Sudamérica, albura blanquecina y duramen pardo oliva a pardo chocolate. Madera grasa y pesada, difícil de trabajar. Óptima para construcción naval muy resistente al agua. También se emplea como parquet.

Wenge, **Milettia laurenti**, del África, albura blanca y duramen marrón oro a marrón oscuro con vetas casi negras. Madera muy decorativa, pero muy pesada, de mucha resistencia. Es muy difícil de lijar y barnizar. Prácticamente inatacable por hongos e insectos.

18.5 UNIONES DE MADERA

Para unir una pieza de madera con otra, se utilizan pedazos de la misma madera, o de otra más dura, como es el caso de los tarugos y las espigas; se utilizan objetos metálicos como clavos, tornillos y pernos, o conectores especiales, como más adelante veremos. En todo caso, hay que tomar en cuenta la constante contracción y expansión de la madera, a tono con los cambios que ocurren en el medio ambiente, haciendo necesario, a veces, reajustar las conexiones para apretarlas de nuevo, y controlar los ruidos y chirridos que caracterizan las uniones defectuosas. Hay que admitir, que debido a estos cambios, junto con su deformabilidad en presencia de esfuerzos, que no es posible conseguir en madera, la rigidez en las uniones que se consiguen con el acero soldado, por ejemplo. Es decir, la estabilidad de las estructuras de madera hay que procurarla por triangulación con el uso de cartelas y pies de amigo y no por la rigidización de los nudos.

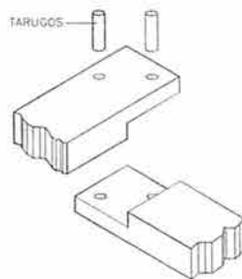
Entre las uniones más sencillas está la unión a tope, Figura 18.3, cuya resistencia a la separación queda a cargo de unas grapas corrugadas de acero, obtenibles en diversas dimensiones, que se clavan perpendicularmente a la junta. Ni la apariencia, ni la resistencia intrínseca de esta solución, la hacen muy recomendable, por lo que se usan preferentemente, cuando van a quedar ocultas, como en la parte de atrás de un marco para un cuadro, o en el armazón de una puerta hueca, que será cubierto con planchas de plywood. Más común, y más fuerte, es la unión a solape, donde se coloca una pieza sobre otra y se clavan o atornillan; sólo detrae de su apariencia el hecho de que las piezas no van a quedar en el mismo plano. Esto se corrige con la unión a media madera, Figura 18.4, donde el grueso de cada pieza se reduce a la mitad, y se unen con clavos, tornillos, tarugos y también encolándolas. Estas piezas pueden cortarse con un ancho variable, como en forma de cola de paloma, Figura 18.7, de modo que queden mejor trabadas y puedan resistir mayores esfuerzos. Con equipo idóneo se pueden hacer, en un solo pase, los dientes trabados que se muestran en la Figura 18.8, muy utilizados para unir los costados de las gavetas. Otra forma de unión, donde el refuerzo queda oculto, es la de caja y espiga, Figura 18.5. Esta última puede sacarse de una de las piezas o hacerse con otra madera más dura, que se encaja en las otras dos piezas. Pueden o no asegurarse mejor, con sendos tarugos que hacen que se trabe mejor la unión, aunque detraen un poco de la apariencia terminada. Mejor aspecto ofrece la esquina cuando ambas piezas se cortan según la bisectriz del ángulo que forman, 45° en el caso del ángulo recto; la unión se puede hacer con grapas corrugadas clavadas por la parte de atrás, o, como se muestra en la Figura 18.6, dejando una espiga en una pieza y cortando una caja en la otra.

Cuando haya que empatar una pieza que va a ser sometida a tracción, se pueden solapar ambas en un largo suficiente para que el número de clavos, tornillos o pernos de unión sea suficiente para transmitir por esfuerzo cortante, la tensión de una pieza a la otra; al no estar las piezas en el mismo plano, se producirán alabeos que pueden terminar por deformarlas definitivamente. Es mejor solución una unión a tope colocando placas metálicas, o de plywood, a ambos lados de la junta. Un poco más elaborada es la solución mostrada en la Figura 18.9, que se terminará con pernos verticales que aprieten una pieza contra la otra, o rodeándolas con zunchos de planchuelas dobladas de acero. Toda unión, generalmente, constituye un punto débil, de modo que siempre deben colocarse en los sitios de menor esfuerzo. Por ejemplo, en el tirante de una tijerilla nunca deben colocarse cerca de los apoyos, donde existen los máximos esfuerzos de tracción. Las uniones entre miembros estructurales deben hacerse, en lo posible, contando con un apoyo físico entre uno y otro, no únicamente con la resistencia al esfuerzo cortante de los clavos y tornillos utilizados. Una vigueta que se apoya en una viga, o debe quedar montada sobre ésta, o se le clava una pieza continua en la parte inferior de la viga, que sirva de apoyo a la vigueta; en adición, se acaban de unir con clavos inclinados en ambos costados y en el tope. Las

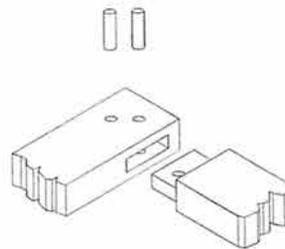
uniones entre piezas inclinadas son las más difíciles; las superficies en contacto deben quedar en un mismo plano de modo que se toquen en todos sus puntos, lo que nos fuerza a recurrir a una geometría descriptiva tri-dimensional, que está fuera del alcance del carpintero promedio. Solamente la experiencia y centenares de pies de madera perdidos, nos permiten finalmente obtener soluciones estructural y estéticamente aceptables. Existen numerosos elementos auxiliares metálicos que ayudan a rigidizar y a hacer más sencillas las uniones entre miembros estructurales. En la Figura 18.10 se muestra una unión con perno, tuercas y arandelas, al que se agregan dos "split rings", que son anillos cilíndricos, de 2½" ó 4" de diámetro, que se insertan en ranuras previamente hechas en la madera y que van a penetrar en las piezas adyacentes cuando se aprieta la tuerca. Esto restringe el giro entre una pieza y otra, haciendo la conexión más rígida; también hay algunos de estos anillos que tienen los bordes dentados de modo que no necesitan de ranuras previas, aunque son un poco menos resistentes que los anteriores. La Figura 18.11 muestra otro tipo de unión, se trata de láminas dobladas de acero galvanizado que conectan tres superficies por medio de clavos, que se colocan en los agujeros pre-taladrados. Hay una gran variedad de estos tipos de unión, derechos, izquierdos, en ángulo, etc., que facilitan muchísimo la unión entre las piezas y son imprescindibles si la estructura ha de resistir vientos huracanados, tan frecuentes en nuestras latitudes. Son innumerables los tipos de conectores auxiliares que se pueden hacer, con planchas perforadas, planchuelas dobladas en forma de estribos, pernos de anclaje, etc.



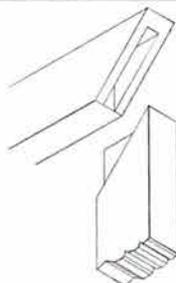
A TOPE
Figura 18.3



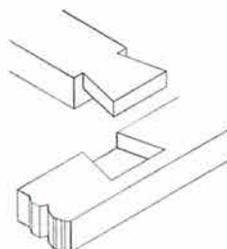
A MEDIA MADERA
Figura 18.4



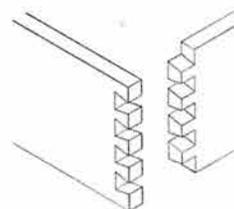
A CAJA Y ESPIGA
Figura 18.5



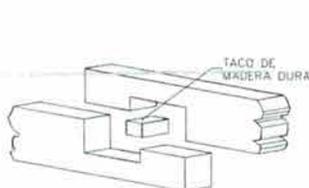
CORTE 45° CON
CAJA Y ESPIGA
Figura 18.6



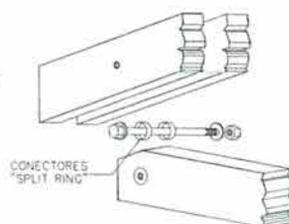
A MEDIA MADERA
Y TRABADA
Figura 18.7



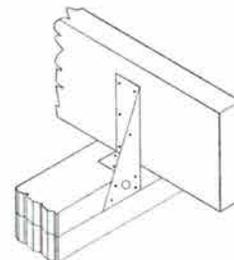
TRABADO MULTIPLE
Figura 18.8



UNION DE MIEMBROS
A TRACCION
Figura 18.9



NUDO DE TIJERILLA
Figura 18.10



ANCLAJE DE METAL
"TRIP-L-GRIP"
Figura 18.11

18.6 CLAVOS Y TORNILLOS

Los clavos son elementos metálicos, generalmente cilíndricos, que se usan para unir las piezas de madera. A uno de los extremos se le hace una punta, que es la parte penetrante, mientras que al otro se le hace una protuberancia por donde se golpea con el martillo y que, al llegar a la superficie de la madera, impide que el clavo siga penetrando, quedándose al ras. Los clavos agarran más cuando penetran perpendicularmente a la fibra y no paralelamente a ellas. El metal puede ser aluminio, especialmente para asegurar las planchas de cubierta de aluminio acanalado, o de acero, cuyo uso es más generalizado. Estos pueden ser de acero dulce, para unir madera con madera o los denominados **de acero**, por ser de acero templado, que sirven para asegurar las piezas de madera a las paredes de mampostería. Estos, a su vez, pueden tener una sección rectangular variable, que se usan donde la apariencia y terminación no son muy importantes, los cilíndricos con estrías, de mejor apariencia y bastante agarre, y finalmente, los finos, menos resistentes pero que, por su tamaño, quedan prácticamente inconspicuos. Los de acero dulce pueden ser **con cabeza**, con una superficie plana de un diámetro de casi tres veces el del fuste, o **sin cabeza**, con una protuberancia ligeramente mayor que el fuste; estos últimos se utilizan en los trabajos de terminación, en algunos casos, se hace penetrar la cabeza con un botador y se masilla el hueco que queda, haciendo prácticamente desaparecer el clavo. En otros países se fabrican clavos de doble cabeza para moldes que se han de desarmar, ya que la cabeza superior quedará siempre expuesta, facilitando la extracción del clavo. La longitud de los clavos de acero viene dada en milímetros, y se expenden por unidad o por funditas de 100 unidades, y los de acero dulce, con o sin cabeza, que se miden en pulgadas y se venden por libras. El grueso del fuste aumenta proporcionalmente al largo. Cuando hayan condiciones severas de humedad, es recomendable usar clavos galvanizados, algo más costosos pero mucho más duraderos.

Los tornillos **rosca madera** constan de una cabeza, de sección avellanada, un fuste cilíndrico liso y una sección cónica con rosca helicoidal, que hace avanzar el tornillo y lo mantiene en su sitio. Proveen mucho mayor agarre que los clavos. Para ordenar los tornillos, hay que especificar el largo en pulgadas y el calibre, que es un número arbitrario que decrece para diámetros cada vez mayores. Así un tornillo de 3 x 10 es más fino que uno de 3 x 8. Para evitar rajaduras en la madera, es conveniente hacer un agujero inicial, con clavos o barrenos, ligeramente menor que el grueso del tornillo. Es mala práctica martillar el tornillo inicialmente para utilizar el destornillador al final, ya que sólo quedará bien agarrada la punta del tornillo. Se utilizan mucho los **pernos**, de cabeza cuadrada, hexagonal o redondeada, con un fuste del largo necesario, a cuya punta se le hace una rosca helicoidal para poder apretar la tuerca, Figura 18.10. Para evitar que la cabeza y la tuerca dañen la madera, se usan arandelas planas o de presión. Los de cabeza redondeada, llamados **de estufa**, tienen una nuez cuadrada entre la cabeza y el fuste, que penetra forzada en la madera e impide que el perno gire cuando se aprieta la tuerca.

18.7 COLAS

En la fabricación de muebles y en la ebanistería, se recurre a encolar unas piezas con otras, además de los elementos mecánicos de unión. Las colas pueden derivarse de materias orgánicas, como almidones, pieles de animales, residuos de pescado y derivados lácteos, como la caseína; estas son siempre solubles en agua, y por tanto, utilizables sólo en interiores; o pueden ser resinas sintéticas, producto de la química orgánica o inorgánica, como los derivados del fenol, resorcinol, formaldehído, epóxicos y ésteres cianoacrílicos. Estos pueden actuar por evaporación del disolvente o por reacción catalítica de uno o más componentes, y pueden aplicarse a una o a ambas superficies. Los adhesivos sintéticos han llegado a tal grado de perfección que su resistencia sobrepasa, con mucho, la de las piezas de madera que han de unir, haciendo posibles, como veremos más adelante, la madera contrachapeada resistente a la humedad o las grandes estructuras de madera laminada. Es imprescindible seguir al pie de la letra las instrucciones del fabricante de los adhesivos, en cuanto a la limpieza de las superficies, tiempo y modo de curado, temperaturas óptimas, etc.

18.8 MADERA CONTRACHAPEADA

Conocida más bien como "plywood", pronunciado "plaiuud", que significa "madera en láminas". (Error común es deletrearlo "playwood", "madera de juego"); consiste en un número, generalmente impar, de láminas de madera cuyas fibras están a 90° de una capa a otra, encoladas a base de calor y presión. Contrariamente a lo que ocurre en la madera, el plywood tiene la misma resistencia en todas las direcciones. El grueso total puede ser de 1/8" (3.17 mm), 3/16" (4.76 mm), 1/4" (6.35 mm), 3/8" (9.53 mm), 1/2" (12.7 mm), 5/8" (15.88 mm) y 3/4" (19 mm). Las dimensiones standard son 4'-0" x 8'-0" (1.22 x 2.44 m), aunque las de 1/8" y las de 3/16", también vienen en dimensiones de 3'-0" x 7'-0" (0.91 x 2.13 m), para evitar pérdidas en su uso principal, que es para forro de puertas. Dependiendo del tipo de adhesivo que se use, las planchas pueden ser usadas al exterior o en sitios ligeramente húmedos. Las caras exteriores, siempre del mismo grueso para evitar distorsiones y pandeos, pueden recibir diversas terminaciones, que las hacen más decorativas, como lo son chapas de maderas preciosas, estriados, superficies erosionadas para destacar más la fibra de la madera, o laminaciones con plásticos vinílicos o melamínicos. Generalmente se termina una cara, que es la que se deja visible, mientras que la otra permanece oculta en la parte atrás de la plancha. Algunas planchas de 5/8" y de 3/4", encoladas con resinas sintéticas resistentes a la humedad, vienen recubiertas por ambas caras con láminas lisas de melamina, están idealmente adaptadas para su uso en moldes de concreto, por su durabilidad y su terminación lisa. Se conocen con el nombre de "plyform". Constituyen el material idóneo para hacer las gangas de moldes mencionadas en el párrafo 11.2.

18.9 DERIVADOS DE LA MADERA

De los desperdicios de la madera se fabrican productos que la substituyen en algunos casos, a mucho más bajo costo. De las virutas y pedazos que sobran de la elaboración de las maderas, se fabrican planchas lisas, a base de aglomerantes especiales, mucha presión y temperaturas altas, conocidas por el nombre genérico de "chipboard" ("chibor" en nuestro argot), que substituyen al plywood en aplicaciones donde van a ser pintadas o recubiertas, como muebles económicos, trameras, etc. Las que vienen al país, que son sumamente higroscópicas, no pueden usarse en sitios húmedos pues se hinchan a casi el doble de su grosor. Aquí sólo viene en espesores de 3/8", 1/2" y 3/4" en planchas de 4'-0" x 8'-0".

Otro material que se saca de los desperdicios de la madera, esta vez del aserrín mezclado con otros aditivos, es el **cartón piedra**. Se fabrica en varios gruesos, tamaños y categorías; entre ellas está el templado, el standard, que es el que aquí se importa, y el industrial; terminado a una o a dos caras. El standard también viene perforado, que se usa para sujetar objetos con ganchos metálicos, hechos para ese propósito. También existen las planchas decorativas con diversos bajorelieves, perforaciones ornamentales, pintadas o recubiertas de películas plásticas, imitando maderas, mármoles, y toda clase de engañifas. Igual que el chipboard, nunca deben usarse donde haya peligro de humedad. Por su flexibilidad, el cartón piedra puede usarse en superficies curvas.

18.10 MADERA LAMINADA

Gracias a los avances que han tenido las colas sintéticas, es posible hoy fabricar miembros estructurales de madera uniendo trozos cortos para formar vigas, columnas, arcos y pórticos, Figura 18.12, no sólo estructuralmente funcionales, sino estéticamente agradables. Son varias las ventajas que se obtienen con este sistema:

- 1.- Se pueden usar los trozos más escogidos para las áreas que han de soportar mayores esfuerzos, mientras que en el resto se usan pedazos más económicos, aún incluyendo madera de otras especies.
- 2.- Por ser trozos relativamente cortos, no es necesario cortar árboles muy altos y de gran diámetro.
- 3.- Aumentando o disminuyendo el número de piezas, o curvándolas a base de presiones, se pueden cambiar las dimensiones de la sección, adaptándola fácilmente a los momentos flectores o a la curvatura de un arco.

Debe cumplirse con algunos requisitos para obtener una estructura confiable de madera laminada. No deben hacerse uniones a tope, que son las menos efectivas. Ambas piezas deben cortarse en ángulo de modo que una se solape sobre la otra, mientras mayor sea este solape, mejor quedará la unión. Las juntas deben alternarse de modo que nunca haya dos en un mismo plano transversal. Cuando se cambie de sección, deben mantenerse sin cortar las capas exteriores, limitando los cortes en cuña a las capas interiores. Tanto para los miembros rectos como para los arqueados, las piezas no deben ser de más de 2" nominales. Para curvaturas de poco radio, no deben ser más gruesas de 1" nominal. Las estructuras laminadas compiten económicamente con miembros de madera maciza sólo para grandes luces, ya que los costos de manufactura y materiales de aquéllas son más altos que las que implican únicamente el corte y el acepillado.

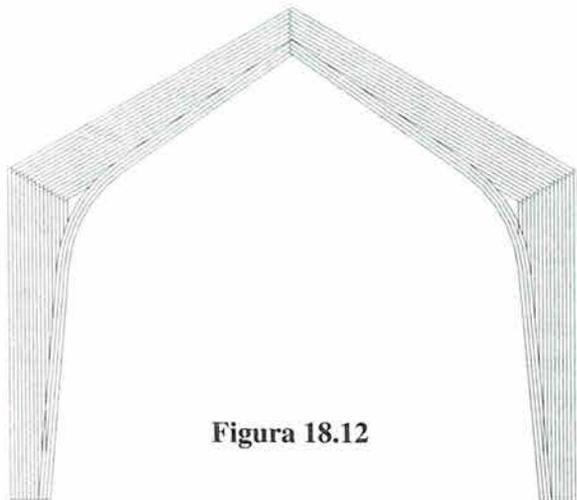


Figura 18.12

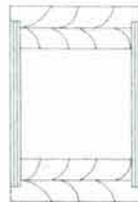


Figura 18.13



Figura 18.14

También se recurre a combinaciones de piezas de madera y de plywood, ya como vigas "I", Figura 18.14, o cajones, Figura 18.13. Para las primeras, se usan dos cuarterones sólidos de madera, para formar las alas, con sendas ranuras donde se inserta la plancha de plywood del ancho requerido, se encola y se clava para formar un miembro estructural homogéneo. En los cajones pueden combinarse tabloncillos sólidos arriba y abajo, o combinación de varias capas de plywood, unidas con dos costados también de plywood.

18.11 PAREDES DE MADERA

En algunas construcciones rurales, especialmente en áreas sujetas a inundaciones, se usa levantar el piso sobre el nivel del terreno circundante, desde unos 60 cms. hasta una altura de piso regular de 2.40 ó 2.50 mts. Este espacio se usa como desahogo, para la crianza de cerdos y gallinas, y ayuda muchísimo a refrescar la casa por la circulación del aire por todos lados. Los postes se solían hacer con horcones de madera dura, resistentes a la humedad y a los insectos, pero es preferible recurrir a las pilastras de concreto o de bloques. El entramado del piso se hace con vigas y viguetas de madera, sobre el cual se levantan las paredes de modo similar al que más adelante señalamos.

En las viviendas urbanas, por razones de seguridad y por la imposibilidad de la crianza de animales, el piso se hace rellenando directamente sobre el terreno, previa exclusión de la capa vegetal, normalmente limitado por un muro perimetral de bloques. Los muros de madera se inician con una pieza de madera horizontal, de 2" x 4", llamada **solera** por su proximidad al suelo. Esta puede ser clavada sobre las vigas del entramado de piso, o anclada con pernos al muro de bloques, Figura 18.15. Sobre la solera se clavan cuarterones verticales, o **parales** a distancias de 18" (45.7 cms.), 24" (61

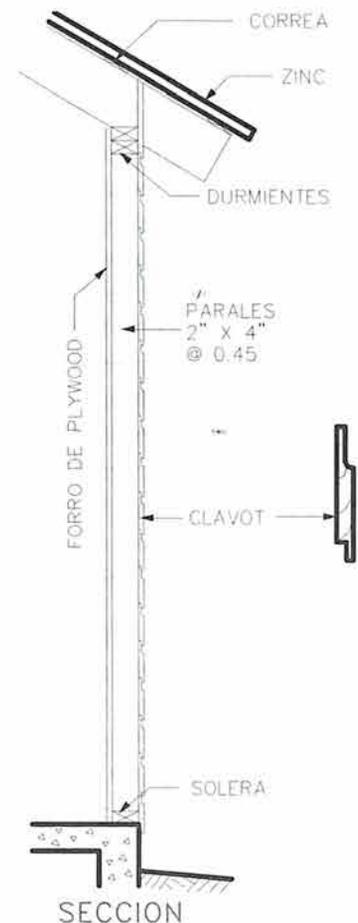
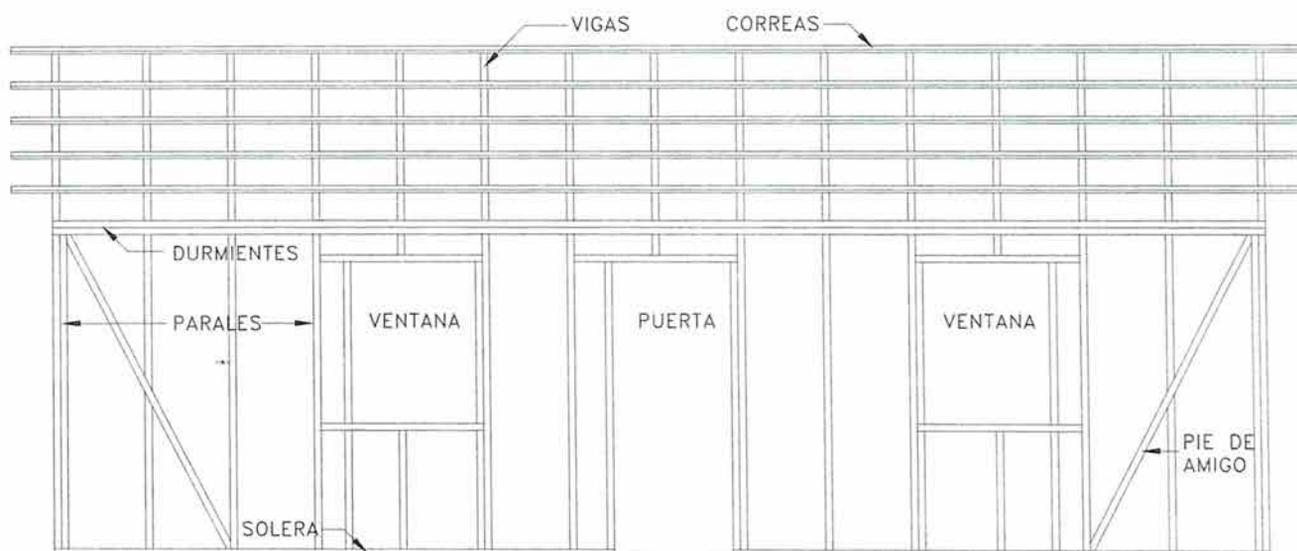


Figura 18.15

cms.), 36" (91.4 cms.) hasta un máximo de 48" (122 cms.) y una altura de 8"-0" (2.44 mts.). Sobre los testeros de estos parales, se colocan una o dos piezas horizontales, denominadas **durmientes** que coronan el muro. En las esquinas se duplican los parales o se usa uno de 4" x 4", con varetas adicionales si el muro ha de forrarse por dentro. Es buena práctica también duplicar los parales a ambos lados de los huecos de puertas y ventanas. *Importantísima precaución, es la de trabar las esquinas con maderos inclinados, o **pies de amigo**, Figura 18.16; único modo de rigidizar el muro contra las cargas horizontales de vientos y sismos. Por ignorarla, vemos innumerables casas rurales y urbanas que rivalizan con la torre de Pisa por su desaplomo.*



ELEVACION

Figura 18.16

El forro exterior generalmente se hace con **clavot**, ver detalle en la Figura 18.15, cuyo perfil prevee el solape necesario para evitar la entrada del agua, o con madera **machihembrada**, que consiste en hacer una lengüeta en un borde y una ranura en el otro, colocando, por supuesto, la lengüeta hacia arriba para impedir la entrada del agua aun cuando haya retracción en la madera al secarse por completo. El forro interior puede hacerse con planchas de plywood de 1/4" o 3/8", para lo cual será necesario espaciar los parales a 18" ó 24", para que las juntas entre las planchas de plywood nunca queden en el aire. Este espaciamiento debe mantenerse aun cuando las puertas y ventanas no correspondan a los módulos de 4'-0". En los países de la zona templada, se aprovecha el hueco entre los parales para colocar el aislamiento térmico; tampoco allí se usa clavar la terminación directamente a los parales, sino que se interpone un forro continuo, que normalmente es de plywood de 3/4" que rigidiza en tal forma la estructura que se puede prescindir de los pies de amigo inclinados. Además este forro se recubre con un papel embreado grueso que ayuda a la impermeabilización del muro actuando como una barrera de vapor.

19. CUBIERTAS

Se llaman cubiertas los elementos constructivos que protegen la parte superior, o techo, de la edificación. En algunos casos, como en el concreto armado, se pueden conjugar las funciones estructurales y de cubierta en el mismo material. Desde los tiempos más remotos se han usado los elementos naturales para fines de protección, sea la bóveda pétreo de una caverna, frondas de palmas, o fascículos de gramíneas amarrados sobre encostillados de madera, para ampararse de la lluvia o de la excesiva radiación solar.

19.1 LA CANA

En nuestro país es bastante abundante la Palma Cana, **Sabal umbra culifera**, cuya penca, formada de hojas palmáceas en forma de abanico, es muy utilizada por nuestros campesinos para techar sus bohíos. El árbol se puede distinguir fácilmente porque casi todos han sido despojados de sus pencas, excepto el cogollo, respetado sólo para que la planta pueda seguir creciendo. Los pedúnculos se cortan relativamente cortos y se atan, con las hojas hacia abajo, al costillaje formado, casi siempre, por palos de campo. El amarre se hace con hojas de la misma planta aún verdes que no hayan perdido su flexibilidad. Se colocan tres o cuatro capas de pencas de palma, procurando que las hojas de unas cubran los huecos dejados por los pedúnculos de las de abajo. Cada cuatro o cinco años, es necesario agregar otra capa porque la resequedad, los insectos, escorpiones y ratones que lo usan de madriguera deterioran el techo de tal forma que se producen innumerables goteras. Las ventajas de este tipo de techo son su economía, facilidad de obtención de la materia prima y del personal capacitado para su instalación y su alto valor como aislante térmico. Las desventajas, aparte de las plagas ya mencionadas, son su alto mantenimiento y su combustibilidad, lo que hace que las cocinas de campo siempre estén separadas de la vivienda. Ha sido usada como cubierta decorativa en algunos de nuestros desarrollos turísticos por la imagen tropical que proyecta.

19.2 ZINC

El zinc es un metal blanco-azuloso, fácilmente atacable por ácidos y álcalis, pero resistente a la corrosión del agua. En presencia del aire, produce óxidos y carbonatos que protegen el resto del metal contra la oxidación. Es por esto que el zinc se usa como recubrimiento protector del acero en lo que ha quedado en llamarse **hierro galvanizado**. Realmente el proceso de galvanización es de los menos usados para recubrir el hierro con capa de zinc, siendo más frecuente la inmersión de las piezas en baños del metal que se mantiene a temperaturas sobre su punto de fusión. El proceso se usa para láminas lisas o acanaladas, o para tuberías de distribución de agua. De todos modos hay que evitar el contacto con metales disímiles, especialmente el aluminio, que en presencia de electrólitos acuosos, genera corrientes que corroen los metales en contacto. Las planchas se fabrican en diversos gruesos, o **calibres**. En la tabla anexa se muestran los gruesos en milímetros de algunos de los calibres standard.

Cal.	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
mm.	1.51	1.21	0.91	0.76	0.61	0.46	0.38	0.31	0.25	0.21	0.17

Aunque aquí las acanaladas sólo se fabrican en los calibres 24, 26, 27, 29 y 34, las lisas se fabrican también en calibre 16, 18, 20 y 22. La hoja acanalada standard tiene 32" x 72" (1.83 x 0.815 m.) mientras que la lisa es de 48" x 96" (1.22 x 2.44 m.). Si se ordena una cantidad suficiente se pueden conseguir, en cualquier calibre, planchas acanaladas hasta 12'-0" (3.66 m.) y lisas hasta 20'-0" (6.10 m.). La distancia entre canales es de 2.91" (7.39 cm.), que constituye el solape lateral mínimo, y la amplitud de la onda es de ¾" (1.9 cm.). En techos es preferible que el solape sea de dos ondas, 5.82" (14.78 cm.) y el longitudinal de 6" (15.24 cm.). Para calcular el número de planchas que caben en una longitud dada, se le resta el solape **s**, que puede ser 0.037 m, si se solapa un canal ó 0.074 m, si se solapan dos, y se divide el resto por 0.776 en el primer caso ó 0.739 en el segundo.

Debe haber un apoyo intermedio en las planchas standard. Para conseguir el solape recomendado de 6", hay que espaciar las correas a 15" (0.38 m.), medida que no debe sobrepasarse aún cuando se usen planchas más largas. La colocación se comienza en el borde más bajo del techo y en la punta más alejada a la dirección de donde provienen los vientos predominantes; en nuestro caso, esto significa el extremo oeste, ya que la componente predominante de nuestros vientos alisios es del este. Ésta es una precaución, sencilla pero muy efectiva, que se debe aplicar a cada hilada y a todo tipo de techo hecho de láminas, lisas o acanaladas. Asegura que la presión del viento no force el agua a penetrar debajo del solape. Los **clavos de zinc**, que se usan para asegurar las planchas, tienen una cabeza grande que evita que la lluvia penetre por el hoyo hecho por el clavo. Deben usarse por lo menos tres clavos en cada correa y, por supuesto, deben clavarse en la parte superior de la onda, no donde corre el agua. Los techos deben tener una pendiente mínima de 25%, siendo preferible el 30%. En los techos a dos aguas, la arista que forman ambos planos se llama **caballete**; para cubrirlo se usa una pieza idónea, hecha del mismo material de la plancha, curva en su parte superior y con acanaladuras en ambos bordes, que se ajustan exactamente a las de las planchas; siendo lo bastante flexibles para poder adaptarse a una gran variedad de pendientes. En los techos de múltiples planos inclinados, tanto las **limatesas**, ángulos salientes, como las **limahoyas**, ángulos entrantes, hay que resolverlos con planchas lisas que se colocan encima de aquéllas y debajo de éstas. En el solape de las limatesas influyen requisitos tanto prácticos como estéticos, pero nunca debe ser menor de 6" (15.24 cm.) a cada lado de la arista. En las limahoyas debe ser lo suficientemente amplio tomando en cuenta que la escorrentía depende de la cantidad de agua acumulada y de la pendiente, no debe nunca rebosar los límites de la lámina de zinc.

Una variedad de cubierta metálica la constituye el **aluzinc**, lámina de acero recubierta, por ambos lados, por una película de aluminio. Se fabrica con ondulaciones trapeciales, de aristas vivas. Pueden ordenarse hasta de 20' (5.11 m) de largo. Las correas, que son parte integrante del sistema y hechas también de aluzinc, tienen un perfil en "Z", fijadas con angulares a las vigas principales o tijaerillas. Las planchas se aseguran a las correas con tornillos tirafondo, provistos de arandelas de goma. Estos tornillos son cortos y se colocan en la parte inferior de la onda, contando para su estanqueidad únicamente con la plasticidad y la durabilidad de la arandela.

19.3 PLANCHAS "DOMINIT"

Así se conocen en el país las planchas de cemento reforzado con fibras de amianto. Este mineral se importa desde el Canadá, de la Unión de Suráfrica o de Rusia. Su uso ha sido totalmente prohibido en los Estados Unidos, porque las fibras cortas, de una micra o menos, pueden ser cancerígenas al ser absorbidas por la mucosa pulmonar. También se ha comprobado, sin temor a dudas, que, una vez embebidas en el cemento, estas fibras dejan de ser peligrosas para la salud. Sólo debe exigirse que los operarios que tengan que cortar las planchas, usen mascarillas filtrantes adecuadas. Las planchas lisas vienen en gruesos desde 4.75 hasta 25.4 mm, anchos desde 0.30 hasta 1.20 m. y largos desde 1.20 hasta 3.60 m. Las planchas acanaladas corrientes vienen en dos espesores: 4.75 y 6.00 mm. de un ancho standard de 1.105 m y largos desde 1.20 hasta 3.60 m. La distancia entre canales es de 177 mm. y la amplitud de onda de 57 mm. Las láminas "Romanas" tienen 6 mm de grueso y un ancho

standard de 1.07 m; estas láminas son más bien lisas con acanaladuras convexas de 57 mm de alto, espaciadas a 315 mm unas de otras; las longitudes van desde 1.20 hasta 3.60 m. La "ondulina" es más ligera, tienen un ancho standard de 515.5 mm, 4 mm de grueso y 1.20 o 1.80 de largo. Las acanaladuras son de 25 mm de alto y están espaciadas a 75 mm. Finalmente, las "canaletas", cuya sección simula una "W", y que, por ser auto-portantes, no precisan de correas, tienen un ancho standard de 1.02 m, (0.90 m entre las dos crestas), 245 mm de alto. Las longitudes vienen de 4.80 que tienen un espesor de 7 mm y de 6.00 y 7.30 m, con un espesor de 8 mm. También se fabrican tejas planas y acanaladas, que veremos en el párrafo 19.4. Para cada uno de estos tipos, se fabrican caballetes idóneos, del mismo ancho que las planchas, algunos rígidos para pendientes normales de 20 ó 30% y otros, llamados universales, que constan de dos piezas, para adaptarlos a cualquier pendiente, de modo que la pieza superior proteja la junta contra los vientos predominantes. Las limahoyas se tratan en la misma forma descrita para las cubiertas metálicas. Las limatesas pueden cubrirse con caballetes lisos, o, si la obra está a menos de dos horas de la fábrica, se pueden llevar tiras de fibrocemento sin fraguar, que se colocan sobre la limatesa y, a mano, se adapta su forma a las ondulaciones de las planchas adyacentes.

Igual que para las planchas de zinc, el solape lateral debe ser de dos ondas y el longitudinal de por lo menos 15 cm. Diferente al zinc, donde el grueso de la lámina es despreciable, si se colocasen las planchas de fibrocemento unas sobre otras, donde se junten cuatro planchas quedarían huecos considerables por donde penetraría el agua. Para corregir esto, se requiere cortar las esquinas adyacentes de las dos placas intermedias de modo que no se monten una sobre la otra, quedando la junta cubierta por la plancha superior. Este corte se hace en esquinas diagonalmente opuestas de la plancha, cuando sea necesario; debe formar un triángulo cuya base llegue hasta la primera o a la segunda onda, dependiendo de si el solape es de una o de dos ondas y la altura debe ser igual al solape longitudinal, que, como dijimos, debe tener un mínimo de 15 cm. Ignorar esta precaución, que son muchos los carpinteros que no la conocen, es invitar al desastre, no sólo por la inminencia de la penetración del agua lluvia, sino porque, al haber planchas solamente apoyadas en las esquinas, se producen flexiones al martillarlas o al caminar sobre ellas que, por ser un material frágil, pueden romperlas y agravar la situación. Por la misma causa, es conveniente barrenar previamente los agujeros de los clavos. Estos clavos, especialmente fabricados para las planchas de fibrocemento, son de aluminio, de sección cuadrada, que han sido sometidos a torsión para darles una forma algo helicoidal para un mejor agarre en la madera. En el caso de estructuras metálicas, se usan alambrones gruesos, con rosca en una punta, que se doblan adaptándolos al angular o al canal de las correas; la punta roscada sale por la parte superior de la onda de la plancha donde se aprieta con una tuerca contra una arandela de goma, para evitar filtraciones. Este material tiene la ventaja de su durabilidad, ya que no tiene enemigos naturales, y la atermancia que le da su espesor. Sus desventajas son la fragilidad, que lo hace susceptible a quebrarse con los impactos y su peso propio, mucho mayor que el de las cubiertas metálicas, por lo cual requiere una estructura más resistente.

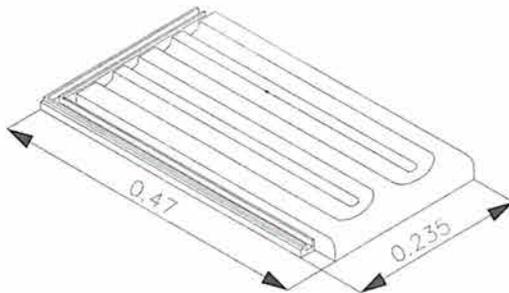
19.4 TEJAS

Las tejas son elementos constructivos de pequeñas dimensiones, que se usan para techar, contando, para la impermeabilización, con una acentuada pendiente y con los solapes de una pieza sobre otra, de modo que siempre quede cubierta la junta de la camada inferior. Pueden ser planas, curvas o de complicados entrantes y salientes que aseguren la trabazón y de materiales diversos como el barro cocido, pizarra, madera, fibrocemento o fieltro asfáltico.

Las tejas planas, o losetas, de barro cocido, se usaron con mucho éxito durante nuestra época colonial, constando de, por lo menos, dos camadas unidas con mortero de cal, y cuyas juntas quedaban desfasadas. En el año 1936 se enquistó en la recién publicada Ley de Construcciones el requisito de una llamada "capa atérmica", que consistía en un relleno de caliche más o menos grueso, para conseguir buena pendiente, y un piso de losetas de barro sobre cama, y con juntas, de mortero de cemento Portland. Esta capa puede que sea moderadamente atérmica pero nunca puede constituir una buena impermeabilización. Los movimientos naturales de la construcción finalmente producen rajaduras en las

juntas, se empapa de agua el caliche subyacente y luego tarda meses filtrando un agua amarillenta a través de la losa de techo.

Un tipo de teja plana que se fabrica en el país es el francés, Figura 19.1. Entran 14 unidades por metro cuadrado y están hechas con ranuras y proyecciones perimetrales que encajan perfectamente unas con otras. No se pueden cortar, de modo que las dimensiones a cubrir deben modularse cuidadosamente. Se colocan clavadas y también tienen, en la parte inferior trasera, protuberancias que se enganchan de la correa.



TIPO FRANCÉS

Figura 19.1

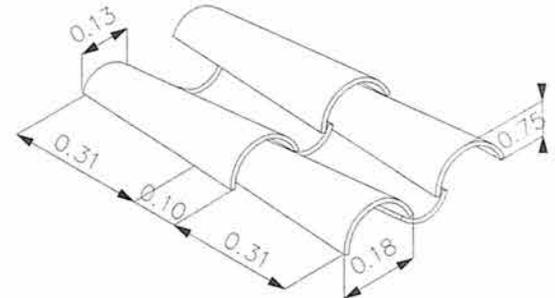
que tiene forma troncocónica y ha sido, por siglos, la techumbre más usada por los pueblos que rodean el mar Mediterráneo, de donde heredamos la tradición. Las tejas se colocan comenzando desde el borde del alero con la convexidad hacia abajo y con la inclinación hacia el borde más estrecho, en hileras en la dirección de la pendiente del techo. La distancia entre hileras es la suficiente para que se puedan cubrir con la teja superior, cuya convexidad ha de quedar hacia arriba, es decir, cerca de 23 cms. centro a centro, para las tejas criollas. Se calcula que entran 28 tejas por metro cuadrado. Si se van a colocar

directamente sobre las correas, éstas deben estar a 12" (30.5 cms) y pueden ser clavadas o amarradas con alambre, para lo cual hay que barrenar previamente la teja u ordenarla con sus agujeros ya hechos. No hay que usar mortero si la pendiente es igual o mayor del 40%, aunque siempre hay el peligro de que los vientos huracanados, que nos amenazan casi todos los años, levanten y quiebren las tejas, perdiéndose así toda la protección. Los caballetes y limatesas pueden cubrirse con tejas colocadas con la convexidad hacia arriba, pero hay que emplear mortero para tapar los huecos que necesariamente quedan. También hay que usar la mezcla para resolver el punto donde convergen el caballete con las limatesas, en los techos a cuatro aguas. Las limahoyas se resuelven, como vimos para los techos tratados anteriormente, con láminas metálicas. Si en el techo se usa un forro continuo de madera, es recomendable cubrirlo con una capa de tela asfáltica, especialmente si la pendiente está entre un 25 y un 40%, para asegurar la impermeabilidad. A veces se usa el recubrimiento de tejas, sólo por su aspecto decorativo, sobre losas de concreto. En ese caso, la impermeabilización debe conseguirse con la misma losa, según dijimos en el párrafo 16.2, sin contar, para nada, con las tejas.

Hay tejas planas de diversos materiales: madera; piedras sedimentarias, como la pizarra; placas de fibrocemento o fieltros asfaltados, pero todas deben cumplir con ciertos requisitos para poder desempeñar bien su función:

- 1.- La pendiente del techo debe ser mayor del 30%.
- 2.- La parte oculta de la teja debe ser, por lo menos, el doble de la parte visible.
- 3.- Las juntas son a tope, pero deben alternarse de modo que cada teja tape la junta de las anteriores.

Las de madera son generalmente de coníferas, como el cedro y el pino. Este último se usaba en nuestras regiones montañosas, cuando había árboles en abundancia; las de cedro se han importado para techar y recubrir las paredes de algunas edificaciones en los complejos turísticos, que tanto han proliferado en el país. Puede que se cuele una que otra gota de agua, pero, la misma humedad hace entumecer la madera, cerrando herméticamente las juntas.



TIPO ESPAÑOL

Figura 19.2

En todo caso, se comienzan a colocar las tejas planas en el borde del alero, con piezas cortadas a un ancho igual a la parte que va a quedar vista en el techo terminado, que puede ser la mitad o la tercera parte de la dimensión mayor de la teja; encima de esta hilada se coloca la próxima hilada con 2/3 de teja, o una completa, de modo que cada teja tape la junta de la inferior y luego se prosigue con tejas completas hasta llegar a la parte superior. Las tejas planas "Dominit", simulan cuatro tejas en cada plancha de 1.20 x 0.30 m., con ranuras para hacerlas aparecer cuadradas o con las esquinas ochavadas. Para la primera franja se coloca una plancha lisa de 1.80 x 0.15 m., y luego se coloca una plancha completa, que llegue también al borde del alero y de ahí en adelante, se colocan planchas completas, que cubren la inferior hasta la mitad, desfasadas horizontalmente para que siempre queden cubiertas las juntas de la camada anterior; en el caso de las ochavadas, deben desfasarse, además, en cada hilada para que no queden alineadas las indentaciones. Las llamadas tejas "a la francesa", cuya apariencia es de cuadrados cuyos bordes están inclinados a 45° con relación al borde del alero, hechas de rectángulos de 0.45 m. de lado, a los que se les han ochavado dos esquinas opuestas. Se colocan como sigue: para la primera hilada se usan piezas a las que se les ha recortado el triángulo inferior, con juntas a tope de modo que queden las partes ochavadas una junto a otra; de ahí en adelante, se colocan las hiladas sucesivas de modo que cada teja cubra las juntas de las anteriores con solapes de por lo menos 5 cms. Las de fieltro asfáltico, recubiertas por una capa de polvo mineral coloreado en su parte superior, vienen en rollos o planchas con los bordes recortados para imitar cuadrados, exágonos o en festón de semicírculos. Se colocan en forma similar a la descrita para las tejas "Dominit". Todas las tejas se aseguran con clavos especiales colocados en la parte superior, pero que quedarán tapados por la próxima hilada o por el caballete. Las de fieltro asfáltico, en los techos de poca pendiente, requieren que la parte a solapar se embadurne de brea o asfalto, para asegurar la adherencia y la impermeabilización. Las tejas de pizarra se han usado sólo en Europa y, en pocas ocasiones, en el Canadá y los Estados Unidos. Para su buen funcionamiento, requieren techos de mucha pendiente, 45° o más, y por su alto costo y elevado peso propio no se usan mucho en la actualidad, a pesar de su bella textura, apariencia y colorido.

Una variedad de tejas acanaladas las constituye el **tejalit**, hechas de planchas de fibrocemento de perfil acanalado o romano, pero sólo en espesores de 6 mm, anchos de 43½" (1.10 m) para las acanaladas y 42" (1.07 m) para las romanas. El largo standard es de 24" (0.61 m) aunque pueden ordenarse en otras longitudes y espesores. Por sus relativamente pequeñas dimensiones, los techos de tejalit dan la impresión de ser tejas de barro estilo español, a un costo y peso muerto, mucho más reducido. El corte de las esquinas, los caballetes, las limahoyas y las limatesas se tratan exactamente igual como describimos para las planchas acanaladas más grandes.

19.5 ALUMINIO

Las planchas corrugadas de aluminio tienen las ventajas, como veremos en la sección 23. ALUMINIO, del reducido peso propio, alta reflectividad y su inmunidad a la oxidación corrosiva que propicia la intemperie. Sus desventajas son su falta de dureza, la corrosión galvánica, cuando está en contacto con otros metales, y las manchas debidas al contacto con materiales alcalinos. Se consigue en el país solamente con corrugaciones trapeziales, de aristas vivas, en calibre 22 (0.758 mm) y 39" (0.99 m) de ancho, que se reduce a un ancho útil de 36" (0.914 m) al solapar una corrugación. El largo viene desde 5'-0" (1.52 m) hasta un máximo solamente limitado por la capacidad del medio de transporte, lo que ofrece la ventaja adicional de eliminar las juntas longitudinales. Su ligereza hace que aun las más largas planchas puedan ser manejadas por un par de hombres. Debido a la reacción galvánica, es imprescindible usar clavos o tornillos de aluminio o de acero inoxidable. Como el aluminio es un material relativamente blando, los movimientos naturales de todo componente en la construcción, pueden hacer agrandar los agujeros de los elementos de sujeción, con el problema de posibles filtraciones. Esto se corrige usando clavos de cabeza acampanada con arandela de goma o neopreno. Los caballetes se fabrican de 3' (0.91 m), 4' (1.22 m), 5' (1.52 m) y 6' (1.83 m).

19.6 LÁMINAS LISAS

El uso de láminas lisas no se ha generalizado en nuestro país, pero es muy común en otros países. Siempre hay que proveer una superficie continua donde apoyarlas, sea de madera, concreto u otro material. Pueden ser metálicas, de plomo, cobre o zinc, o de tela asfáltica o de láminas de material plástico. Las de plomo se usaron en el pasado por su gran maleabilidad, ya que se adaptaban a todo tipo de superficies, se podían soldar fácilmente una lámina con otra y, sobre todo, por su extraordinaria estabilidad, ya que este metal no es atacado por ninguno de los agentes atmosféricos. Su elevado peso propio, su considerable costo, y, sobre todo, lo venenoso que resultan sus derivados han hecho prohibitivo el uso del metal puro en estos tiempos; sólo podemos verlo combinado con hierro y cobre, como en la aleación "muntz", "monel", "terne" o en el bronce. El cobre es también muy duradero, su costo, aunque considerable, es menor que el del plomo. Con la oxidación adquiere una pátina verdosa, de atractivo aspecto, que es lo que más nos impacta en los domos, cúpulas y techos inclinados que han cubierto los edificios monumentales en Europa desde la Edad Media. Aquí sólo se ha usado en el techo del auditorio del Banco Central, aunque recubierto con un fluoropolímero para que mantenga su color pardo-rojizo.

Para asegurar la impermeabilidad de las láminas lisas, se recurre a dobleces en los bordes que sellen las juntas, además, en las láminas de cobre y en las de hierro galvanizado, se usa soldarlas con estaño. Más efectivo aún es que la junta quede más alta que la superficie del techo, donde el borde de una lámina se dobla hacia arriba, agarrado con clips clavados al tablero, y la otra lámina se dobla, con aparatos especiales, de modo que cubra completamente el doblez de la primera. También pueden clavarse listones que queden debajo de las juntas para conseguir el mismo efecto de un techo con costillas sobresalientes.

Las cubiertas de tela asfáltica, han sido mencionadas ya para la impermeabilización de las obras bajo tierra en el artículo 16.1, y en las tejas planas del artículo 19.4. Son láminas de fieltro impregnadas de asfalto, que vienen en rollos de 36" (0.91 m) de ancho, y se adhieren con asfalto caliente entre una camada y otra. La primera camada se coloca sin asfaltar, para evitar rajaduras si la base sufre deformaciones. Siempre deben usarse tres o más camadas, para lo cual se procede en la forma descrita en el párrafo 16.1. Así las camadas se colocan en forma casi simultánea, asegurándose que siempre haya un mínimo de tres. Encima de la última capa de fieltro se vierte otra de asfalto, que se recubre con una capa de gravilla lavada, preferiblemente blanca. Esta última capa cumple con varios propósitos: protege el techo contra el calor del sol, evitando el reblandecimiento del asfalto; sirve de lastre para que los vientos fuertes no levanten la membrana y proveen, por reflexión y absorción, cierto grado de aislamiento térmico. Este tipo de techo soporta un tráfico limitado; si ha de servir de terraza, con mucho tráfico, habría que vaciar una losa adicional sobre la membrana, o colocar piezas prevaciadas de concreto con las juntas abiertas para facilitar la circulación del agua lluvia. En los últimos años se han desarrollado cubiertas de una sola membrana; sea usando rollos de 40' (12.2 m) de ancho, soldando al calor las orillas y solapes, o esparciéndolo en estado líquido con atomizadores. La mayoría están hechos a base de poliuretano, siliconas o neopreno e hypalón. El primero puede convertirse en una capa espumosa de mayor o menor grosor, que sirve también como aislante térmico. Estos tratamientos se aplican especialmente a las superficies de doble curvatura, como domos y paraboloides que serían muy difíciles de tratar con otro tipo de cubiertas. El tratamiento de las orillas, sean estos aleros o antepechos, los veremos en la sección siguiente, aplicado a toda clase de cubiertas.

19.7 BORDES

Los puntos más vulnerables, desde el punto de vista de la impermeabilización, suceden cuando la superficie a cubrir cambia abruptamente de dirección, como cuando una losa de techo se encuentra con una pared vertical. Aún si ambos elementos estuviesen hechos del mismo material, como el concreto, Figura 19.5 por ejemplo, las dilataciones y contracciones naturales debidas a los retraimientos y a los cambios de temperatura, se van a producir en direcciones distintas, causando grandes esfuerzos en la unión, es necesario que la transición absorba éstos movimientos diferenciales y que mantenga la

integridad de la junta. Con el concreto o el mortero de cemento, que se convierten en materiales de muy poca flexibilidad, no se puede contar para resolver este problema; sólo se puede garantizar la estanqueidad con láminas metálicas o plásticas flexibles, que no se deterioren con las repetidas deformaciones o con los agentes atmosféricos. Debe evitarse que la membrana haya que doblarla en ángulo recto, para lo cual el diedro formado por las dos superficies se rellena con mezcla o con cualquier otro material en forma de triángulo o de cuarto de círculo, formando una **zabaleta**, Figura 19-5. La parte superior de la membrana debe penetrar en la pared, para evitar que el agua entre por detrás de la membrana. Es preferible que los desagües queden algo alejados del paramento del muro, de modo que el agua se aleje cuanto antes del punto crítico. En los techos inclinados, Figura 19.4 el tope de la lámina metálica puede escalonarse aprovechando las juntas de los bloques o puede hacerse una ranura, con sierra de mampostería, paralela a la cubierta; en todo caso, la ranura debe rellenarse con una buena masilla. La Figura 19.3 muestra la unión de un techo de fibrocemento con una pared de bloques; la lámina metálica debe llegar hasta el segundo canal. La solución, muy recurrida, de agregar un pegote de mezcla a guisa de zabaleta representa un gasto inútil. La mezcla nueva jamás se adhiere a la vieja, y siempre se producirá una rajadura en el sitio menos adecuado.

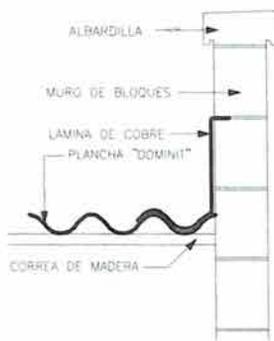


Figura 19.3

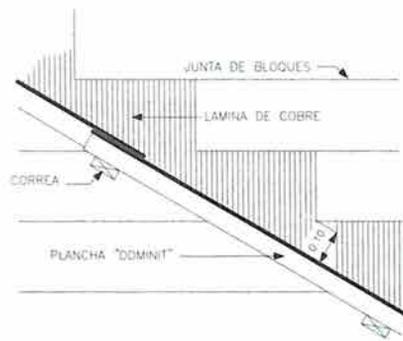


Figura 19.4



Figura 19.5

Cuando hay una junta de expansión, es recomendable elevar ambos bordes por lo menos 20 cms. sobre el nivel del techo y cubrir la junta con un tope de lámina metálica de cobre, zinc o aluminio con pendiente hacia ambos lados, con faldellones y goteros sobresalientes, como se muestran en la Figura 19.6, de modo que el agua se aleje lo más posible de los paramentos de los antepechos. También se puede obturar con una albardilla de concreto, similar a la de la Figura 19.3, pero con doble pendiente, colocada sobre una lámina impermeabilizante continua de metal, plástico o de tela asfáltica. Hay que proteger las perforaciones que hay en la mayoría de los techos, como chimeneas, ductos de aire acondicionado, tubos de ventilación del sistema sanitario. Lo ideal es proveer un pequeño muro todo alrededor provisto de su correspondiente zabaleta, con lámina metálica protegiendo la junta de modo similar al de las Figuras 19.3, 19.4 y 19.5 para muros de mampostería y con cincha bien ceñida y masillada, Figura 19.7, en el caso de los tubos.

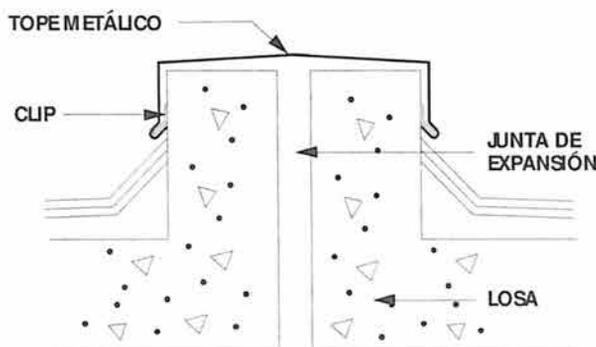


Figura 19.6

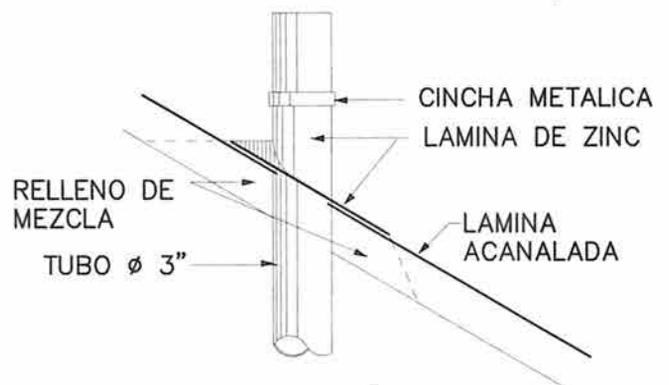


Figura 19.7

19.8 PENDIENTES

Como hemos repetido varias veces, el agua es el peor enemigo de los materiales de construcción. La mejor defensa es deshacerse de ella cuanto antes, dándole a las superficies por donde ha de correr las pendientes suficientes para ese fin. Hay que tomar en cuenta las deflexiones de las losas de techo, que son máximas en los centros de las luces, donde, por lo general, no es posible colocar los desagües. Debe calcularse una pendiente mínima de 1%, es decir bajar 1 cm por cada metro y colocar suficientes desagües para que si uno llega a obturarse, el agua pueda salir por otros puntos. En las zonas de alto índice de precipitación anual, se puede estimar que un tubo de desagüe de 3" (7.5 cm) es suficiente para cada 75 m² y uno de 4" (10 cm) para cada 135 m². Aunque algo más costoso, es recomendable usar boquillas con cocuyera para que el agua se escurra aún cuando la parte inferior esté tapada. Es imprescindible una limpieza periódica, sobre todo si hay antepechos altos. Las hojas, el polvo, los papeles y desperdicios pueden, en épocas de lluvia, convertir el techo en una gran piscina, cuya estructura probablemente no está calculada para soportar tan grandes sobrecargas. Ayudando, además, a que se produzcan filtraciones.

20. ESCALERAS Y RAMPAS

Los diversos planos que constituyen los pisos en las construcciones, cuando están a cotas diferentes, se unen por medio de rampas o escaleras. Las rampas son planos inclinados cuyo ángulo con la horizontal, para ser confortable, no debe pasar de los 10° . Las escaleras se forman de escalones o peldaños, que consisten en planos horizontales, o **huellas**, separadas entre sí por distancias verticales denominadas **contrahuellas**. Tomando como referencia el ángulo que forma con la horizontal la línea que une las aristas superiores de los escalones, en las **escalinatas**, este ángulo está entre 10° y 30° , las **escaleras ordinarias** entre 30° y 45° , **escaleras de máquinas**, entre 45° y 60° y **escaleras de mano** hasta los 90° . La contrahuella de las escalinatas debe quedar entre 12 y 20 cms., ya que para dimensiones menores es preferible recurrir a rampas y nunca deben sobrepasar esta última. La contrahuella de las escaleras de máquinas generalmente son de 25 cms. y abiertas. En las escaleras de mano, que, como su nombre lo indica, sólo pueden utilizarse con ayuda de las manos, las contrahuellas son de 30 cms. y las huellas son barras o planos muy estrechos. El ancho de las huellas normalmente no debe ser menor de 25 cm., si ha de sobrepasar los 32 cm. resulta más adecuado recurrir a una rampa.

Entre un nivel de piso y otro, pueden haber niveles secundarios, denominados **descansos**, unidos por una serie corrida de escalones, llamadas **tramos**, que preferiblemente no deben tener menos de 3, ni más de 18. El ancho del tramo viene dado por el largo del escalón, limitado en ambos extremos por superficies verticales denominadas **zancas**. Para no perder el ritmo de los pasos, que, subiendo, son de 63 cms. de largo, en promedio, el recorrido en el descanso debe ser de $n \times 63 +$ una huella.

Las escaleras se pueden clasificar de acuerdo al número de tramos por piso, y a su posición relativa. Pueden ser **rectas**, cuando los tramos y los descansos quedan en la misma línea; de **ida y vuelta**, Figura 20.1, cuando la dirección de un tramo está a 180° con relación al anterior; en **U**, cuando son de tres tramos que están a 90° unos de otros y donde el segundo tramo puede o no tener escalones. **Imperial** cuando un tramo de doble ancho en el descanso se bifurca girando en ángulos de 90° ó 180° hacia un lado y hacia el otro. Pueden ser de tramos curvos, sujetas a las limitaciones que veremos más adelante.

En los extremos libres, donde no hay pared, la zanca debe rematarse con una **barandilla**, que culmina en un **pasamanos**. Éste nos ayuda en la siempre peligrosa tarea de subir y, sobre todo, de bajar. Cuando tienen más de 1.50 de ancho, debe colocarse un pasamanos adosado a la pared. En lo posible, si hay un solo pasamanos, debe colocarse de modo que quede a mano derecha descendiendo, favoreciendo así a la mayoría, que somos derechos. Quizás esta regla haya contribuido en forma indirecta a mantener esa mayoría. Cuando las escaleras son más anchas de 2.40 m, deben agregarse pasamanos intermedios distanciados a 1.20. Éstas son precauciones de seguridad que se encuentran en los códigos de los países civilizados, pero que no han sido incorporados a nuestra ley de construcciones, al igual que lo tratado en el párrafo siguiente.

20.1 ESCALERAS REQUERIDAS

En los edificios de más de dos pisos, donde se reúnen más de 50 personas en los niveles superiores, hay que proveer rutas adecuadas para su evacuación, en caso de emergencias, como incendios o terremotos. Aun cuando estos puntos no han sido cubiertos específicamente en nuestra legislación vigente, como arquitectos tenemos la obligación moral y técnica de evitar, en lo posible, la pérdida de vidas. La historia está llena de casos donde un diseño defectuoso, o un uso inadecuado, han sido responsables de que grupos de personas perezcan, irremisiblemente atrapadas, sin posibilidad de salida.

Capítulo 20: Escaleras y Rampas

Tres reglas capitales deben normar nuestros diseños en estos casos:

- 1.- Siempre deben proveerse, por lo menos, dos rutas diferentes de escape.
- 2.- Las puertas siempre deben abrir libremente en la dirección de la huida.
- 3.- Debe ubicarse un número adecuado de escaleras cuyas cajas, incluyendo las puertas, puedan resistir un incendio, por lo menos por hora y media. Éstas se denominan **escaleras requeridas**.

La primera regla es obvia. El incendio, o algún derrumbe, pueden obstruir una de las rutas de salida. El ignorar la segunda regla ha mostrado, una y otra vez, la incapacidad de una muchedumbre en pánico de retroceder para poder abrir las puertas. Lo ocurrido en clubes nocturnos de New York y de Chicago, o un estadio de fútbol en Inglaterra, constituyen algunos de los muchos ejemplos del trágico saldo que implica su desobediencia. Para la tercera hemos de recurrir a códigos extranjeros para su implementación, aunque se pueden formular algunos principios generales. El ancho útil mínimo de un tramo debe ser de 0.70, únicamente en escaleras secundarias a ser usadas por una sola persona. En edificios de apartamentos debe ser de 1.00 y preferiblemente de 1.20, ya que esta última medida facilita el poder subir y bajar muebles durante las mudanzas. Este ancho mínimo de 1.20 permite el paso de dos personas sin muchas contorsiones y debe ser la regla para edificios de escuelas y oficinas. El ancho total de las escaleras que sirven un piso, igual que el ancho de los pasillos y el de las puertas de acceso, depende del número máximo de personas que estén en dicho piso. Las normas alemanas recomiendan anchos libres de 0.70 por cada 100 personas hasta 500, 0.50 adicionales por cada 100 personas entre 500 y 1,000 y 0.30 adicionales por cada 100 personas que sobrepasen las 1,000, es decir, el ancho total de puertas, pasillos y escaleras para un piso con 1,400 personas es de $3.50 + 2.50 + 1.20 = 7.20$, o sea 3 pasillos de 2.40 y 6 escaleras de 1.20 de ancho. El código de la ciudad de New York requiere que las escaleras que correspondan a un piso deben ser lo suficientemente amplias para albergar todos los habitantes de ese piso, con tramos de 44" (1.12 m) de ancho mínimo, calculando que cada persona ocupa un ancho de 22" (0.56 m) x 1 ½ escalones y una persona por cada 2¾ pies cuadrados (0.255 m²) de las áreas de los descansos. El máximo recorrido real desde cualquier punto del piso hasta la puerta de la escalera no debe ser mayor de 30.00 m. Estas escaleras requeridas deben tener acceso directo a la calle, o a un área que, a su vez, tenga ese acceso directo, deben subir hasta el techo del edificio, y tener suficiente iluminación natural para que puedan ser usadas, durante el día, en caso de apagones. Los marcos y las puertas de acceso, además de ser metálicas y resistentes al fuego deben tener cerradores automáticos y un herraje tal que siempre permita la salida del piso hacia la escalera, o de ésta hacia la calle, según sea el caso. Donde vaya a haber gran aglomeración de gentes, como en los cines, teatros y polideportivos, se recurre a herraje de pánico, formado por barras a todo lo ancho de la puerta que la abren a la más ligera presión en cualquier punto. Es un acto verdaderamente criminal obstruir con rejas, cerradas con candado, el acceso a las escaleras en algunos pisos, como ocurre en algunas de nuestras oficinas públicas.

20.2 DISEÑO DE ESCALONES

La medida determinante en el diseño de los escalones es la contrahuella, cuyo rango, en las escaleras ordinarias está entre 14 y 20 cms. De acuerdo al uso que haya de dárseles, varían sus dimensiones: de 14 a 16 cms. para escaleras monumentales, de 16 a 18 cms. para las de mucho uso y de 18 a 20 para las secundarias o de servicio. Para restarle peligrosidad a la escalera, todas las contrahuellas de un tramo deben ser iguales, preferiblemente todas las que están entre un piso y otro. En edificios de varios pisos es recomendable disminuir ligeramente la altura de las contrahuellas hacia los pisos superiores.

Para diseñar el escalón, se divide la altura de piso terminado a piso terminado entre un número igual de escalones, por tanteo, hasta obtener una contrahuella dentro del rango que requiere el uso. Por supuesto que debemos terminar con un número entero de escalones pues es inconcebible fraccionarlos. Después de determinar la dimensión de la contrahuella, dada en centímetros con un decimal (milímetro) de aproximación, se determina la huella, usando las fórmulas anotadas en la Figura 20.1. La primera,

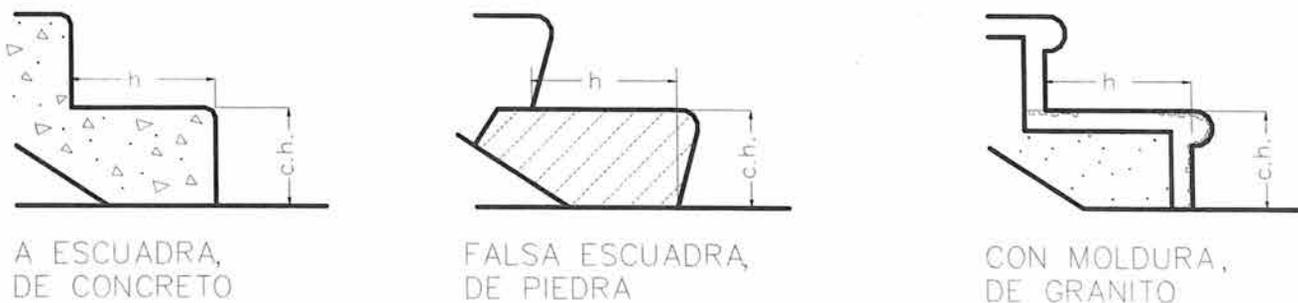
$$2 \text{ ch.} + h = 63$$

está basada en la longitud del paso normal ascendiendo. De acuerdo a esta fórmula la huella disminuye a medida que se aumenta la contrahuella, lo que, para contrahuellas altas resulta en escaleras incómodas y peligrosas. En el Instituto Kaiser Wilhelm de Dortmund, Alemania, según Neufert, se hicieron experimentos con un gran número de personas para determinar el expendio de calorías gastadas en subir escaleras con diversas proporciones de huella/contrahuella. Se determinó que la relación ideal es 17/29 cms. y que, para otras dimensiones, resultaban más cómodas las escaleras diseñadas según la segunda fórmula, también en cms.

$$h - \text{ch} = 12.$$

Una vez diseñado el escalón, se puede proceder a la determinación de los tramos y sus ubicaciones relativas, tomando en cuenta las limitaciones antes mencionadas de que el número de escalones debe estar, preferiblemente, entre 3 y 18. Como la primera y la última huella de cualquier tramo corresponden a un nivel de piso o de un descanso, siempre habrá una huella menos que el número de contrahuellas. Para poder pasar por debajo de una escalera, necesitamos un número (n) tal de escalones que sume 2.10 m. más el grueso de la construcción, que se asumen 16 cms. como mínimo, es decir:

$$n(\text{ch.}) \geq 226 \text{ cms.}$$



TIPOS DE ESCALONES

Figura 20.2

La huella es la proyección horizontal de las aristas internas de dos contrahuellas sucesivas, Figura 20.2. Para darle mayor amplitud al escalón, a veces se recurre a inclinar hacia afuera el plano de la contrahuella, denominado **falsa escuadra**, o a agregar una moldura en la arista superior del escalón. Esto ayuda a dar mayor amplitud al apoyo del pie cuando ascendemos, pero, por características anatómicas obvias, casi no ayuda en el descenso. La arista expuesta del escalón siempre se redondea, cualquiera que sea el material del que esté hecho, para evitar que se desportille.

En las escaleras de ida y vuelta, si hay espacio, es deseable desfasar, en una huella, el comienzo del tramo siguiente. Esto hace que los pasamanos se encuentren verticalmente en un punto, facilitando el cambio de dirección, y la arista inferior de ambas rampas forman una línea recta, que, sobre todo en caso que no haya vigas, imparten mejor aspecto a la escalera.

20.3 COMPENSACIÓN DE TRAMOS RECTOS

En las escaleras de tramos rectos, los cambios de dirección deben ocurrir en los descansos. En caso de que estemos obligados a una planta reducida donde no se puedan desarrollar el número de peldaños necesarios, podemos utilizar el descanso para proveer más escalones. Nunca en la forma, tan socorrida como peligrosa, de triangularlo llevando a cero la huella junto al ojo de la escalera, sino compensando los escalones, dándole forma de trapecios, con un lado mínimo de 12 cms. junto a la barandilla a un número suficiente de escalones para que se haga una transición suave entre los tramos rectos. Funciona mejor si es amplio el ojo de la escalera. Debe recurrirse a esta solución sólo cuando no haya otra alternativa, pues no solamente son más peligrosas, sino que, generalmente, son de aspecto desagradable, por las contorsiones resultantes en las rampas y pasamanos. Hay muchas maneras de hacer esta compensación. En los ejemplos siguientes hemos usado una huella de 28 cms. En la Figura 20.3 se muestra una solución gráfica. Se procede de la manera siguiente: sobre la **línea de huella**, que es una línea situada a 45 cms. de la barandilla, se marca el número necesario de escalones iguales, en este caso 17; con centro en el punto "O", que queda en línea con el último escalón recto y con el centro del ojo, se traza media circunferencia que pase por el punto "b" en el medio de la curva de la zanca; se divide en el número de escalones que vamos a compensar, en este caso 13, se proyectan estos puntos hacia las zancas y luego se unen con los puntos correspondientes de la línea de huellas. En la Figura 20.4 se calcula la distancia "abcd", "ab" y "cd" = $(2 \times 0.28) - 0.08 = 0.48$, "bc" = $\pi \times 0.08 = 0.25$; la distancia "abcd" = $2 \times 0.48 + 0.25 = 1.21$, que dividida en 10 partes iguales (número de escalones que se van a compensar) da 12.1 cms., que es mayor que el mínimo requerido de 12 cms. Se marcan los espacios de 12.1 cms. a lo largo de la zanca interna, comenzando con el último escalón recto; luego se trazan rectas que unan esos puntos con los de la línea de huella. Otra manera de hacer menos peligrosa la transición de una dirección a otra se muestra en la Figura 20.5, curvando ligeramente la contrahuella del descanso en una dirección y del escalón siguiente en la otra para evitar que en un punto se encuentren planos a niveles tan diferentes.

20.4 TRAMOS CURVOS

En los tramos curvos la huella tiene forma de trapecio, cuya dimensión mínima, como dijimos para los tramos rectos compensados, debe ser, por lo menos, de 10 cms., preferiblemente 15 cms., para que sea menos peligrosa. Sobre la línea de huellas se trazan los escalones calculados de acuerdo al párrafo 20.2. Estas escaleras no pueden contarse entre las "requeridas" que mencionamos en el párrafo 20.1. El caso extremo de los tramos curvos son las escaleras **de caracol**, que son de planta circular, con o sin columna central o **nabo**. Para éstas se usa una contrahuella de 20 cms.; como la escalera pasa sobre el mismo punto cada vuelta completa y la altura mínima para pasar por debajo dijimos que era 2.26, se necesitan 12 escalones en cada vuelta, es decir, hay que dividir cada cuadrante en tres escalones, por lo menos, para que la escalera sea utilizable. Si usásemos 1.70 m. de diámetro, la línea de huella tendría un radio de 40 cms. y huellas de 21 cms. Estas escaleras serían sumamente peligrosas. Sólo con diámetros de 2.00 m. en adelante, terminaríamos con huellas de 25 cms. o más. A riesgo de ser repetitivos reiteramos que las escaleras de tramos curvos, especialmente las de caracol, no pueden ser contadas como medios de evacuación en casos de emergencia, y que su uso, por ende, debe ser limitado y casi estrictamente ornamental, o al servicio de locales con muy poco tráfico. Estructuralmente se han podido construir rampas helicoidales apoyadas únicamente en los extremos, con lo que se consiguen escaleras circulares muy elegantes. Para que la mínima dimensión de la huella sea de 12 cms., como es requerido, el ojo de la escalera debe tener 50 cms. de diámetro.

20.5 REPRESENTACIÓN EN LOS PLANOS

Una escalera siempre consiste de diversos planos que están a cotas diferentes. Para evitar confusiones, se han adoptado ciertas reglas internacionales para presentar las plantas de las escaleras. La primera es que no deben haber dos planos principales en una misma planta, es decir, si una escalera va desde el primero al segundo piso, deben haber por lo menos dos plantas para representarla, una para el primer piso y otra para el segundo, ver Figura 20.1, rompiendo el tramo intermedio con una diagonal; de lo contrario equivaldría a representar una mezanine y un piso principal en una sola planta, donde no se vería, con claridad, lo que sucede debajo de la mezanine. La segunda convención es la de indicar en la planta, por medio de flechas, si el tramo sube o baja. Una forma es indicar la dirección de subida con una línea quebrada que sigue la dirección de los tramos, con un círculo en el punto bajo y una flecha en el

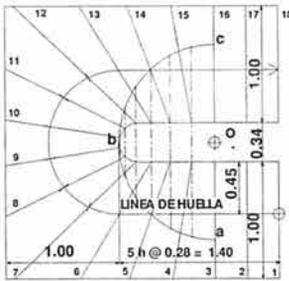


Figura 20.3

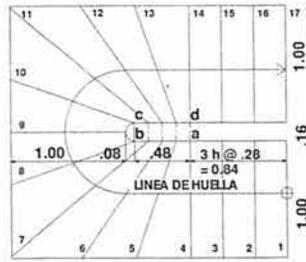


Figura 20.4

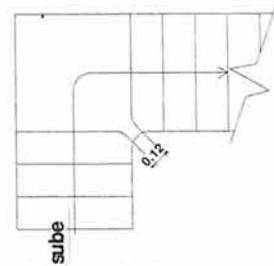


Figura 20.5

punto alto, Figuras 20.3 y 20.4. Una forma aún más clara es colocar una flecha con un letrero que diga "sube", Figura 20.5, o por lo menos "S" y otra que diga "baja" ó "B". También es conveniente indicar los números sucesivos de los escalones y las cotas de los descansos, tanto los que corresponden a los pisos como a los descansos. Debe usarse una escala 1 : 50, cuando menos, y deben aparecer las dimensiones totales de la caja y de los descansos, el ancho de los tramos, la proyección horizontal del largo del tramo, de acuerdo al número de huellas que, como dijimos, siempre es uno menos que el número de las contrahuellas. También debe mostrarse una sección longitudinal, de modo que se vea, por lo menos, un tramo en sección y el o los otros en elevación. Aquí se muestran las cotas de los pisos terminados y las alturas de cada tramo dimensionado de acuerdo al número de contrahuellas. Hay que agregar las secciones transversales, si se necesitan para aclarar el desarrollo de la escalera, indicar los diversos materiales de los escalones terminados y de las barandillas y pasamanos y elaborar los detalles que sean necesarios para que pueda ser construida sin dificultad. Los detalles estructurales, trátase de una losa de rampa de concreto armado o un esqueleto de acero o de madera, deben aparecer en los planos estructurales y no en los arquitectónicos, donde crearían confusión.

20.6 CONSTRUCCIÓN DE LAS ESCALERAS

Generalmente las escaleras se construyen cuando la estructura del piso superior y los muros de la caja ya están erigidos. Las de madera, Figuras 20.6 y 20.7, o de acero, Figura 20.8, normalmente se fabrican en un taller por lo cual sólo es preciso constatar la diferencia real entre los niveles que se van a conectar y advertir al taller donde se esté fabricando, de cualquier diferencia con los planos aprobados. Las de madera de mejor terminación se fabrican con ranuras en las zancas y en las huellas para prevenir que haya aperturas debido a las contracciones de la madera. En las vigas de borde de los descansos se aseguran los postes terminales de las barandillas, que a su vez sirven para asegurar las zancas que forman el ojo entre los tramos sucesivos de la escalera. Finalmente se procede a colocar las barandillas y los pasamanos.



ESCALERAS DE MADERA
Figura 20.6

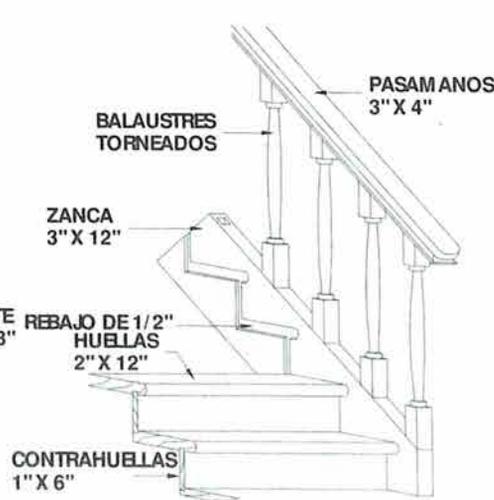
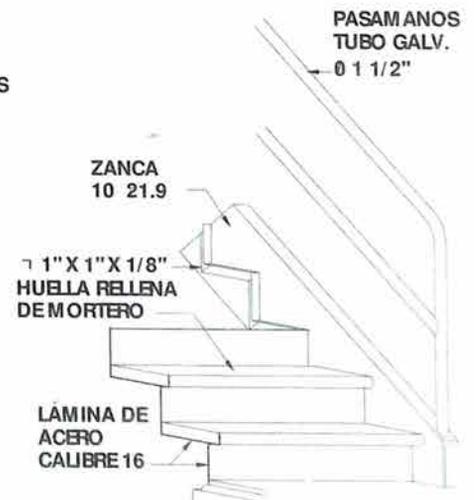


Figura 20.7

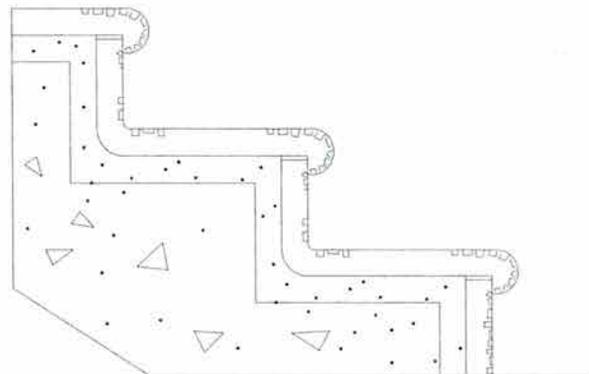


ESCALERA DE ACERO
Figura 20.8

Si se trata de una rampa de concreto, las varillas correspondientes al apoyo superior se han dejado sobresaliendo de la losa donde se apoya. Se marcan, en las paredes correspondientes, los escalones de cada tramo, así como los descansos, teniendo muy en cuenta que los niveles de salida y de llegada correspondan a los de pisos **terminados**. No pocas veces ha sucedido que, por ignorar esta advertencia, se termina con un primer escalón mucho más alto que los otros o con un tropezón de llegada al piso superior de 5 ó 6 centímetros, con consecuencias altamente peligrosas. Si no existen los muros de la caja, o en el caso de las zancas correspondientes al ojo de la escalera, es necesario erigir temporariamente unas superficies amplias de madera donde poder marcar los escalones y que puedan servir también de guardera para limitar el ancho de la rampa. Una vez trazados los escalones podemos marcar la línea inclinada que corresponde al fondo de la losa, tomando en cuenta su grueso dictaminada por los cálculos estructurales y dejando sobre ella suficiente espacio para la terminación de los escalones y el necesario grueso de mortero; este espesor mínimo, que se mide desde el ángulo entrante del escalón, va desde 1 cm. para escalones de concreto empañetado hasta 6 cms. para los de granito. Después de marcada esta línea, se clavan enlates dejando espacio para la madera que se va a usar para el forro del falso piso, se forra de madera o plywood y después se procede al envarillado, cuidando que éste quede bien calzado para que las varillas tengan un recubrimiento de concreto mínimo de 1.5 cms. y luego se procede al vaciado de la rampa.

Si los escalones también son de concreto, se colocan guarderas horizontales correspondiendo a las contrahuellas, calculando que luego se terminarán con 1 cm. de empañete. El vaciado del concreto se comienza por la parte más baja y debe ser bien pastoso, con un "slump" máximo de 3", para que la parte inferior ya vaciada no brote hacia arriba cuando se vacía la parte superior. Las huellas se terminan tan pronto como el concreto haya comenzado a fraguar, usando un violín especial para que quede el borde con una ligera curvatura. Las contrahuellas se descimbran y se terminan al día siguiente.

Los escalones de granito son de dos tipos: los de junta vista, más comunes, cuya terminación queda en la parte exterior del ángulo saliente, pudiendo ser a ángulo recto, a falsa escuadra o con moldura, Figura 20.2, y los de junta oculta, Figura 20.9, en cuyo caso la terminación queda al exterior del ángulo entrante y la huella se proyecta hacia afuera del plano de la contrahuella formando una moldura que oculta la junta. En este caso se coloca la primera contrahuella, luego se sigue con los escalones en "L" y se remata, en el descanso, con una pieza de huella. Este sistema produce una escalera de mejor aspecto, pues parece monolítica pero es algo más costoso que el primero. En las escaleras de granito es conveniente vaciar, junto con la losa de rampa o en una etapa posterior, los escalones de concreto, tomando en cuenta el grueso de la terminación del granito y del mortero de colocación. Esto le resta peligrosidad a la circulación durante el proceso constructivo, los escalones terminados se colocan al final de la construcción, cuando no hay peligro de rotura o descantillamientos debido a los golpes inevitables que el tráfico de personal y de materiales acarrea y, además, se asegura que el espacio debajo de los escalones esté sólidamente relleno evitando la desagradable resonancia que se produce en los escalones medio vacíos



ESCALONES DE GRANITO CON JUNTA OCULTA
Figura 20.9

Deja mucho que desear la solución normalmente adoptada de clavar unos enlates sobre la superficie de la rampa, proveyendo un precario y peligroso apoyo durante el período de construcción, así como la de tratar de rellenar con mortero, debajo del escalón, a través de la zanca abierta y por el espacio entre el escalón y la rampa, con muy pocas garantías de que no queden huecos. Los escalones se colocan comenzando de abajo hacia arriba, fijando el primer escalón con riostras o contrapesos; asegurándose de la horizontalidad de la huella para escaleras interiores, o con una ligera pendiente hacia afuera en las exteriores; de la uniformidad de las juntas usando cuñas metálicas o de madera y de que, como ya dijimos, quede perfectamente relleno el espacio debajo del escalón.

En los escalones terminados en cerámica o mosaicos de cemento, debe evitarse que los chazos queden en el borde de la huella, por la posibilidad de que se desprendan. Para que en el borde no se vea el cuerpo sin vitrificar de la cerámica, o el gris del respaldo del mosaico, hay que usar piezas donde la terminación incluya el cuarto bocel del borde; de no existir estas piezas, como en el caso de la cerámica que no se fabrica en el país ni se importa, es preferible usar otro material para el borde, como una pieza de madera o un angular de hierro. Algunos albañiles curiosos rebajan los bordes de las piezas de cerámica para que la esquina quede con cortes de 45°, pero esto no es recomendable por la fragilidad de tal terminación.

21. ESTEREOESTRUCTURAS

Cuando una de las dimensiones es mucho mayor que las otras dos, las estructuras se denominan **lineales**, como lo son las vigas y columnas; cuando hay dos dimensiones mayores que la otra, son **planas**, como las losas, muros, tijerillas y arcos. En las **estereoestructuras** o estructuras espaciales, se aprovechan todas las direcciones del espacio. Son las estructuras donde se ha conseguido el mejor rendimiento del material, llevando al mínimo la relación entre el peso y el área cubierta. Se llaman **membranas**, cuando están formadas por superficies de doble curvatura o **reticuladas**, cuando se forman con barras rectas. Las primeras se dividen en **clásticas**, si las curvaturas, según dos ejes ortogonales, están en la misma dirección, cuyo ejemplo típico son las bóvedas y cúpulas, que se han usado desde los tiempos más remotos, y las **anticlásticas**, cuando dichas curvaturas están en direcciones opuestas, como es el caso de los paraboloides hiperbólicos, que sólo fue posible construirlos después del advenimiento del concreto armado. Son muy numerosos los ejemplos del uso de este tipo de estructuras que, además de la gran economía de material, proporcionan soluciones estéticamente agradables y cuyos costos compiten con las soluciones convencionales.

La bóveda de cañón es la superficie formada por una generatriz recta que se desplaza paralelamente a sí misma siguiendo una directriz curva. Ha sido usada desde los finales de la Edad de Piedra, más de cuatro mil años antes de Cristo, en Sumer y en Egipto, primero para cubrir las canalizaciones de agua y luego, en la Mesopotamia, como techo de los salones y habitaciones en sus palacios reales, usando el ladrillo como material principal, debido a la escasez de maderas y de piedras aptas para la cantería que siempre ha habido en esa región. En el continente americano sólo llegó a emplearse una falsa bóveda donde hiladas sucesivas se proyectan en voladizo sobre las anteriores, hasta juntarse en el centro. Los romanos hicieron uso extensivo de las bóvedas en todo su vasto territorio, así como de la **cúpula**, superficie de revolución generada por una curva que gira alrededor de un eje recto, llegando a proporciones monumentales, como en el Panteón de Agripa, que fue, con sus 43 metros de diámetro, hasta hace poco, la mayor cúpula del mundo. El problema de estas superficies es que generan empujes horizontales que han de ser absorbidos por los muros de soporte, requiriendo que éstos sean sumamente masivos.

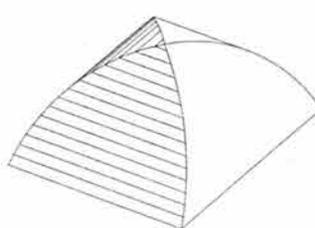


Figura 21.1

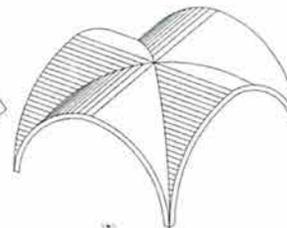


Figura 21.2

En la Edad Media y en el Renacimiento se emplearon también las superficies formadas por la intersección de dos bóvedas de cañón, con ejes ortogonales, generando las llamadas **bóvedas en rincón de claustro**, Figura 21.1, o **bóvedas de arista**, Figura 21.2, según se empleen los faldones o los lunetos, respectivamente. Es difícil abrir huecos de ventanas en las bóvedas de cañón o en las de rincón de claustro, en cambio en las bóvedas por arista puede acristalarse toda el área de los lunetos, lo que culminó, durante el gótico tardío, en los magníficos vitrales que caracterizan las grandes catedrales. Para facilitar y reforzar la construcción se optó por usar nervaduras sobresalientes en las aristas, que en algunos casos se continuaron en las columnas eliminando los capiteles y haciéndolas aparecer aún más esbeltas. La piedra labrada fue el material usado por excelencia, aunque existen muchos casos de bóvedas más pequeñas de ladrillos. Los empujes horizontales eran desviados hacia afuera del recinto por medio de los arbotantes, lo que le da la apariencia de evanescente encaje al exterior de los edificios, acentuando la ascensión hacia el cielo del espacio interior.

Los arcos y las bóvedas de piedra se forman por **dovelas** labradas de modo que sus caras opuestas estén en la dirección del radio de la curva en cada punto. Tienen que soportarse con obra falsa hasta que esté consolidada la piedra clave en el centro del arco.

Para construir la formaleta de un arco se coloca una estaca y un clavo marcando el centro, se traza la curva en el suelo plano, se colocan tablonces siguiéndola de modo que en todo punto quede un ancho suficiente y se marca de nuevo la curva, esta vez sobre los tablonces y se serrucha siguiendo la línea. Hay que deducir, para esta curva, el grueso del fondo de la formaleta y el de las costillas, si éstas fueren necesarias. Se clavan los tablonces ya cortados siguiendo el arco marcado en el suelo, para formar el **camón** que ha de soportar la obra falsa. Si el grueso del arco es mayor de 20 cms., es preferible hacer dos camones de tablas en vez de uno de tablonces, lo que hace innecesarias las costillas. El fondo puede hacerse con plywood de 3/16" o de 1/4" forzándolo a seguir la curva del intradós por medio de clavos, o con enlites o tablas, dependiendo del radio de curvatura, colocados perpendicularmente a los paramentos del arco.

El mismo método se aplica a la construcción de bóvedas de cañón colocando los camones a distancias adecuadas, encostillado paralelamente al eje de la bóveda y luego forrando con enlites o plywood. Se ha usado también una formaleta rodante que se desliza sobre los apoyos, se asegura en su sitio con cuñas adecuadas y se procede a colocar las piedras o ladrillos en esa sección. Luego se aflojan las cuñas y se rueda la formaleta hacia la sección adyacente. También se han construido bóvedas de cañón de ladrillos, sin cimbras, colocando los anillos algo inclinados de modo que cada hilada se apoye parcialmente sobre la anterior. En este caso bastan hilos que marquen el intradós del arco que sirvan de guía a los albañiles que trabajan desde andamios móviles o desde la porción de la bóveda ya terminada.

Para fabricar las cúpulas, se colocan los camones en forma radial y se forra siguiendo los paralelos. Es indudable que siempre hay pérdida de material tratando de conformar los maderos rectos a las superficies curvas. En los tiempos modernos se han construido bóvedas y cúpulas, necesariamente de poco peralte, rellenas con tierra apisonada para darle la forma, forrando con lámina de polietileno, reforzando con varillas o mallas y vaciando el concreto. Luego se excava todo el relleno hasta dejar limpia la estructura. De modo similar se han usado formaletas inflables de plásticos reforzados, vaciando el concreto proyectado a presión (**gunite o shotcrete**) para luego desinflar la formaleta, lista para ser usada de nuevo.

Otro tipo de bóveda de cañón, concebible y ejecutable sólo después del advenimiento del concreto armado, es el de la **bóveda membrana**. En este caso los apoyos están en los testeros de la bóveda de modo que los bordes actúan en tensión, mientras que la parte superior del arco actúa en compresión. Teóricamente todos los esfuerzos internos quedan dentro de la membrana, que es tan delgada con respecto a las otras dimensiones, que no resistiría esfuerzos perpendiculares a ella. Sin embargo, en la práctica, para evitar grandes deformaciones, es necesario robustecer los bordes y rellenar sólidamente los testeros o, por lo menos, rigidizarlos con vigas que los atiranten. Generalmente se usan en pares o en series, de modo que se contrarresten los empujes que necesariamente se generan. El primer experimento con este tipo de estructura se hizo para la casa Zeiss en Jena, Alemania. Se usó una bóveda de cañón con 10 metros de luz, 2 de ancho y un grueso de membrana de 1.5 cm. que mostró poder soportar 500 kg/m² con un mínimo de deformaciones.

21.1 PARABOLOIDES

Los paraboloides hiperbólicos son superficies de doble curvatura formadas por una recta cuyos extremos se desplazan sobre otras dos rectas que no están en el mismo plano. Como las bóvedas de cañón, tienen la ventaja de la rigidización que les imprime la curvatura de las superficies mientras que, al mismo tiempo, pueden ser formadas por fajas rectas, lo cual simplifica el poder hacer las formaletas en madera. Otra manera de visualizar un paraboloide es imaginar un cuadrado o rectángulo planos y luego elevar o bajar una de las esquinas, lo que nos da dos bordes horizontales contiguos y dos inclinados, Figura 21.3. Luego se puede hacer lo mismo con la esquina diametralmente opuesta, lo que hace que los bordes estén en planos diferentes y la superficie se asemeje a una silla de montar. El paraboloide de revolución, muy usado en torres de enfriamiento y en silos para almacenamiento de granos, formado por

la rotación de una parábola muy abierta, que gira alrededor de su directriz. Puede formarse también por medio de dos directrices circulares paralelas, cuyo centro está en la misma línea vertical y una generatriz recta, que no sea perpendicular a los planos de las directrices. Si los radios de las directrices no son iguales, como en la Figura 21.4, las trazas de la generatriz, al desplazarse, deben subtender ángulos iguales en ambas circunferencias.

Combinando varias de estas superficies, Figura 21.5, terminamos con una amplia gama de estructuras cuyas aplicaciones van desde el techado de grandes áreas, silos para almacenar granos o para la construcción de grandes represas con notable economía de material. A pesar de los grandes progresos que se han hecho en el cálculo de estas estructuras por medio de programas de computadoras, nada puede substituir la intuición, el buen juicio y la experiencia de un buen diseñador, al que siempre debemos recurrir en busca de asesoramiento.

Si bien han habido grandes éxitos en el empleo de estos paraboloides, también han habido grandes fracasos al no comportarse las estructuras reales como lo prevee la teoría de membranas o al no tomar en cuenta adecuadamente los esfuerzos provocados por la acción del viento o de los movimientos sísmicos. Estos fracasos van desde las rajaduras que conducen a filtraciones hasta el colapso total de la estructura, como ocurrió hace algún tiempo con tres altas torres de enfriamiento en Ferrybridge, Inglaterra, durante una moderada ventisca.

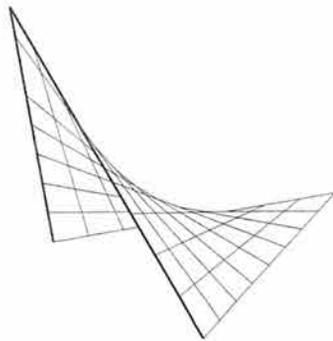


Figura 21.3

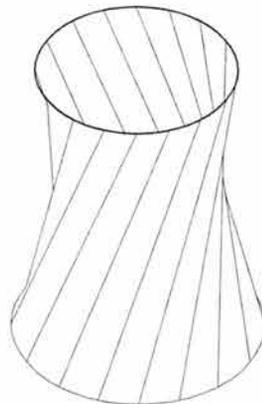


Figura 21.4

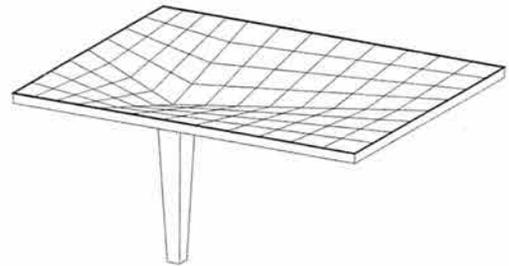


Figura 21.5

Maillart en Suiza, Torroja en España, Nervi en Italia y Candela en Méjico han mostrado que, en las manos de maestros, las estructuras a base de membranas trascienden las soluciones meramente estructurales para convertirse en verdaderas obras de arte.

20.2 CONOIDES

Se forman las conoides por el movimiento de una generatriz recta cuyos extremos se desplazan sobre dos curvas paralelas, de diferente radio y en diferentes planos, Figura 21.7; donde se puede aprovechar la diferencia entre las curvas para introducir ventanas que sirvan para la ventilación e iluminación del local. Una de las curvas puede tener un radio infinito, para convertirse en una recta, Figura 21.6. En todo caso es necesario proveer desagües adecuados en los puntos bajos de las cubiertas.

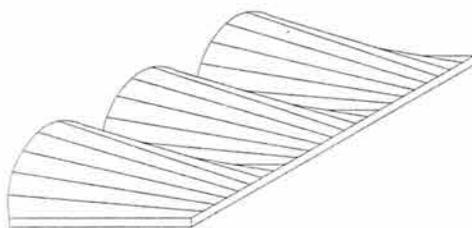


Figura 21.6

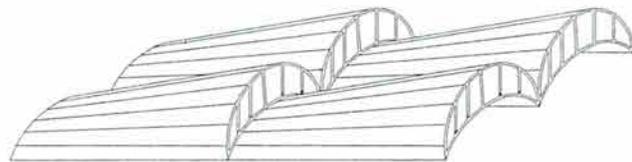


Figura 21.7

20.3 PLACAS PLEGADAS

Son estructuras de placas de concreto armado cuyos planos forman ángulos diedros, remedando los lados de un acordeón, Figura 21.8. El ejemplo clásico del efecto rigidizante de los pliegues lo observamos si apoyamos una hoja de papel, suelta, sobre sus dos extremos, indudablemente que se pandea y se cae. En cambio, si la plegamos, no solamente se soporta a sí misma, sino que hasta soporta alguna sobrecarga. Las aristas no sólo actúan como apoyos para las losas que forman los pliegues, sino que el diedro completo actúa como viga donde la arista superior está en compresión y la inferior en tracción. Las soluciones de este tipo no

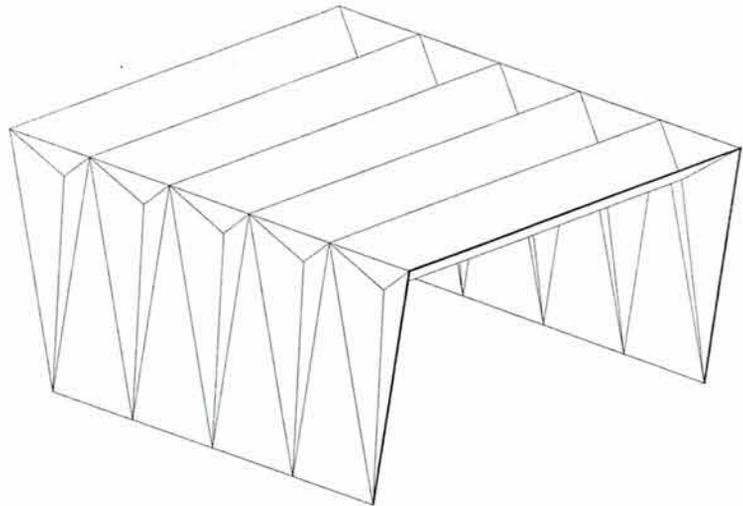


Figura 21.8

son estructuralmente tan eficientes como las superficies de doble curvatura, pero la facilidad y economía que se consigue en la construcción de la obra falsa es tal que las hacen más recomendables. En el Edificio de Conferencias de la Unesco, en París, Nervi, Breuer y Zehrfuss; Skidmore, Owens & Merrill en la Academia de la Fuerza Aérea en Colorado, han mostrado la versatilidad de las losas plegadas.

20.4 ESTRUCTURAS RETICULADAS

Están formadas por barras que sólo transmiten esfuerzos axiales de tensión o de compresión. Con este tipo de estructuras es que verdaderamente se ha llegado a la mínima relación entre el peso del material empleado y el área cubierta. Existe una gran variedad de soluciones, así como de sistemas patentados para barras y nudos, que combinan la facilidad de erección, la ligereza, un agradable aspecto y economía en los costos, además de la posibilidad de desmantelarse y erigirse de nuevo en otro sitio.

Las estructuras reticulares pueden ser planas o de curvas clásicas o anticlásticas, como vimos para las membranas. También pueden ser de una o dos capas, según su espesor. Las más sencillas son las planas, con nervaduras en dos o más direcciones y que pueden construirse en concreto armado o en acero. Las de concreto, generalmente de planta cuadrada o rectangular, con vigas a iguales distancias y con ejes ortogonales se les llaman **artesonados**. Mayor rigidez y por ende, menos peralte, se consiguen si la dirección de los nervios está a 45° con relación a los ejes del recinto. En este caso es necesario anclar bien las esquinas porque tienden a subirse cuando la losa está bajo carga.

Más economía de peso, material y costo se obtiene usando tijerillas de acero y cubierta metálica, en vez de nervaduras y losas sólidas, como hemos visto en las nuevas estaciones gasolineras que tanto han proliferado en los últimos años. Las barras de estas estructuras pueden ser de perfiles de acero, como angulares o canales; de barras sólidas o tubos o de ambos elementos combinados. En las superficies curvas, se puede recurrir a la triangulación o, con una mejor adaptación a las plantas de los edificios, con cuadrados o rectángulos; para las cúpulas esféricas se han usado sistemas de nervaduras según los paralelos y los meridianos, atirantando, en ambos casos, una o dos diagonales. Se han empleado exágonos como el elemento modular, contando, para la estabilidad de la estructura, con la rigidez de los nudos y con la membrana metálica que sirve de cubierta. Los sistemas de Fuller para cúpulas y el de Wuppermann para bóvedas de cañón, tienen numerosos ejemplos exitosos de esta modalidad.

Es en las estructuras estereas reticuladas donde se han construido verdaderas filigranas. Algunas de ellas se basan en el hecho de que el tetraedro en el espacio, como el triángulo en el plano, es una estructura prácticamente indeformable. Otros utilizan pirámides de nudos rígidos por la facilidad de rellenar los espacios cuadrados para formar las cubiertas. Hay numerosos sistemas patentados de nudos y barras, con la facilidad de poder ensamblar la estructura en el suelo y la de poder hacer in situ cualquier tipo de nudo a base de soldaduras. Sólo nuestra imaginación limita la variedad de formas y soluciones. Sólo veremos, someramente, algunos de estos sistemas.

El sistema **Mero**, desarrollado en Alemania, pero ahora difundido por todo el mundo, consiste de nudos prácticamente esféricos, con 18 huecos en los cuales pueden enroscarse las barras, cuyas puntas giran libremente, Figura 21.9. Tanto los nudos como las barras vienen en diversos diámetros y longitudes, para ser usados de acuerdo a las características de la estructura.



Figura 21.9

El sistema **Oktaplatte**, también alemán, prevé 9 barras tubulares por nudo, que se sueldan a muñones de diámetro ligeramente menor que el de las barras, Figura 21.10, previamente soldados a una esfera sólida de acero. Los nudos se colocan como indica la figura para la capa inferior y girados en 180° para la superior. Con esta disposición se obtienen los mencionados tetraedros indeformables, que si fuesen equiláteros, todas las barras serían del mismo tamaño, simplificando grandemente el ensamblaje.



Figura 21.10

El sistema norteamericano **Unistrut** forma los nudos con planchuelas plisadas, Figura 21.11, y barras en "U" que forman pirámides cuando se ensamblan. Las bases cuadradas de la camada superior quedan desfasadas con relación a la inferior. Tanto los nudos como las barras tienen agujeros punzonados para poder hacer las conexiones con pernos. Este sistema se presta mejor como estructuras planas para cubrir espacios cuadrados o rectangulares, aunque ha sido también usado en cubiertas a dos aguas en gimnasios escolares y en factorías.

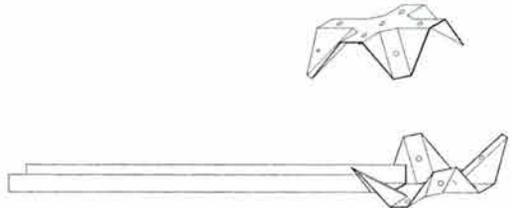


Figura 21.11

Otro tipo de dos capas, desarrollado por el norteamericano Buckminster Fuller es el **domo geodésico**, concebido a base de tetraedros en grupos de seis, lo que les da una apariencia de módulos hexagonales. Los tetraedros pueden estar formados por barras, con la membrana de cubierta completamente separada, como ocurre en las cúpulas que protegen las instalaciones de radar al norte del círculo ártico; o con uno de sus lados formados por láminas que son parte integrante de la estructura, Figura 21.12, para formar la cubierta. Estas láminas pueden ser metálicas o acrílicas. La geometría de algunas de estas cúpulas, está basada en el icosaedro, sólido regular de veinte caras triangulares que, topológicamente hablando, es el sólido que tiene el mayor número de caras iguales posible. Estos triángulos básicos se subdividen, a su vez, en exágonos para poder acomodar los tetraedros. En todos los nudos del icosaedro concurren cinco barras por lo cual, si observamos detenidamente uno de estos domos, como por ejemplo, el pabellón norteamericano en la feria de Montreal de 1967, lamentablemente perdido en un incendio, o la cúpula de Epcot Center en Orlando, Florida, vemos que en algunos puntos nodales hay pentágonos y no exágonos. Con esto se consigue uniformidad en el tamaño de las barras. Otro ejemplo es la inmensa cúpula del taller de reparación de locomotoras de la Union Tank Car Co. en Baton Rouge, Louisiana, que tiene 115 metros de diámetro.

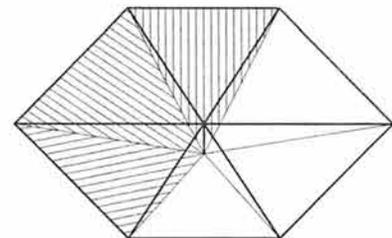


Figura 21.12

20.5 ESTRUCTURAS COLGANTES

El enorme progreso que ha habido en la obtención de materiales que soportan altas tensiones, como las fibras de vidrio, los aceros especiales y, sobre todo, los policarbonatos que, aunque están todavía en la fase experimental, han llevado estas cualidades hasta sus más altos límites, auguran un futuro promisorio para las estructuras colgantes. Son bien conocidas las elegantes soluciones de cubiertas usadas por Frei Otto en el pabellón alemán de la feria de Montreal y en los estadios donde se celebraron los juegos olímpicos de Munich, Figura 21.13, así como la inmensa terminal aérea de Jeddah, en la Arabia Saudita, diseñada por Skidmore, Owens and Merrill. Estas estructuras consisten básicamente de cables sometidos a tensión, soportados por altos mástiles, y que, a su vez, soportan membranas flexibles, también sometidas a tensión, que forman la verdadera cubierta. Para los tensores se han usado fibras de nylon, de vidrio o cables de acero, y para las membranas, lonas, vinilos, poliésteres reforzados con fibras de vidrio y, las más duraderas, de teflón y fibras de vidrio. El cálculo exacto de estas estructuras es sumamente complejo, por lo cual generalmente se hace empíricamente

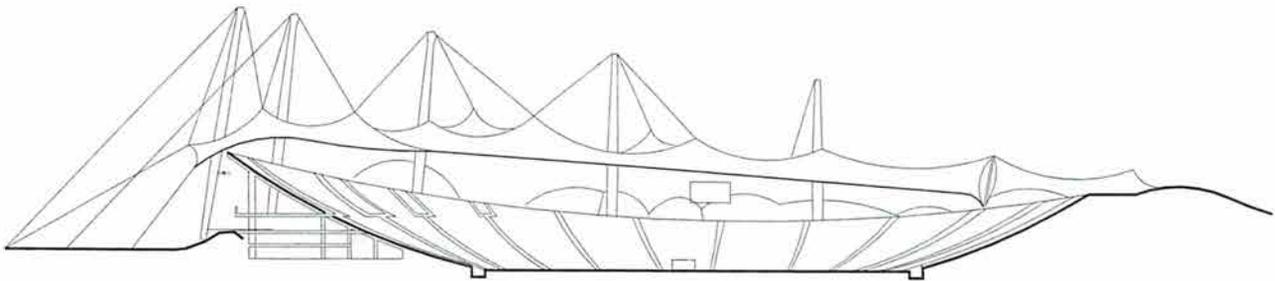


Figura 21.13

con modelos a escala y con pompas de jabón. Hay problemas con los vórtices de viento cuando su flujo no es laminar, que causan vibraciones, especialmente en los bordes, produciendo daños permanentes en la membrana, contra los cuales se precisan refuerzos adicionales.

20.6 ESTRUCTURAS PNEUMÁTICAS

Usando el mismo tipo de membrana descrito en el párrafo anterior, con aire a presión como soporte estructural, se consiguen las estructuras neumáticas, usadas con mucho éxito en la feria mundial de Osaka, Japón, y, en nuestro país, como almacén de fertilizantes en la zona franca de San Pedro de Macorís. Pueden ser de dos clases; unas son de una sola membrana formando un recinto relativamente estanco que se mantiene inflado por una ligera diferencia de presión interna con relación a la atmosférica. Se entra a través de vestíbulos con doble compuerta para evitar el escape de aire y precisa tener abanicos constantemente soplando hacia adentro para compensar las pérdidas, Figura 21.14. El otro tipo conlleva doble membrana que, semejante a las vejigas o a los tubos de los neumáticos de los carros, mantienen su forma gracias a la presión interna del aire, como en el pabellón de las islas Fiji en la feria de Osaka, Figura 21.15. El peligro de los vientos huracanados, que con tanta frecuencia azotan nuestro país, requeriría una muy alta resistencia en todos los materiales y muy especial cuidado en los anclajes. Es más factible y económico desinflar estas estructuras en esas ocasiones.

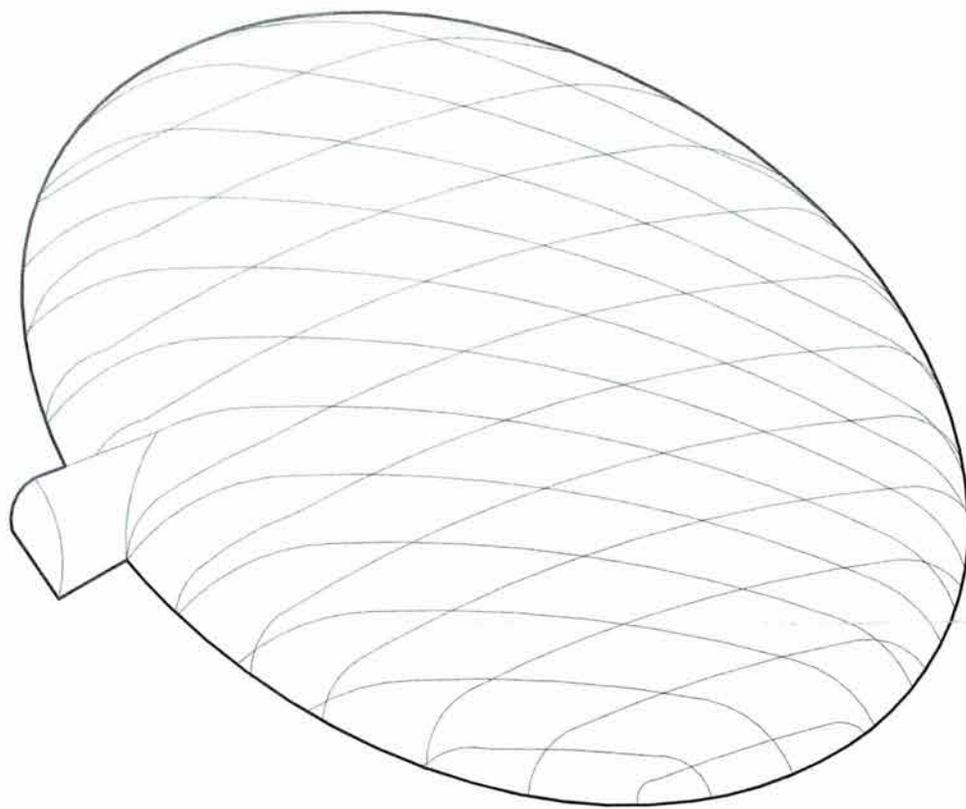


Figura 21.14

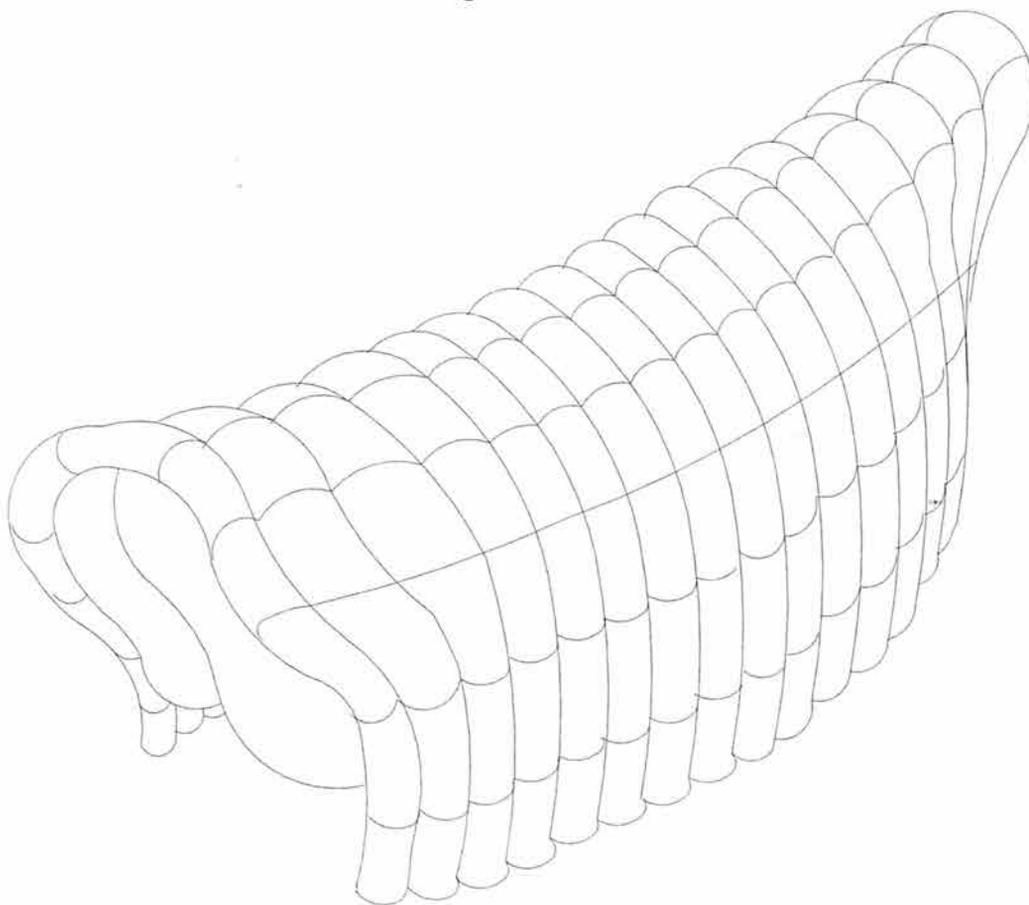


Figura 21.15

22. AISLAMIENTO TÉRMICO

Si bien en nuestro país el termómetro no desciende tanto como para poner en peligro las vidas de sus habitantes, como ocurre en los países nórdicos, la posesión de un conocimiento adecuado en las formas de transmisión del calor, durante el proceso de diseño y orientación de los espacios habitables, puede mejorar notablemente su nivel de confort.

El **calor** es una forma de energía que se caracteriza por el movimiento vibratorio que produce en las partículas elementales de la naturaleza, como moléculas y átomos, y aun las subatómicas. Cuando un cuerpo absorbe energía calorífica, sufre transformaciones que pueden ser, entre otras:

- 1.- Un aumento en la amplitud de las vibraciones de sus moléculas, lo que redonda en un aumento de volumen en los sólidos y líquidos y una disminución en la densidad, junto con un aumento en la presión de los gases.
- 2.- Un cambio de estado de sólido a líquido o de líquido a gas.
- 3.- Re-emisión de la energía en igual o diferente longitud de onda.

En el primer caso el aumento de calor se registra como un aumento de **temperatura**, medida de acuerdo a escalas arbitrarias basadas, principalmente, en el comportamiento del agua destilada, a la presión atmosférica normal de 1,013 milibares. La más común es la de Celsius ó Centígrada, cuyo 0° es la temperatura del hielo fundente, es decir, donde estén combinados el agua en estado sólido y líquido, y los 100° la temperatura del agua en ebullición, es decir, líquido y burbujas de vapor al mismo tiempo. La escala Fahrenheit, aún usada en los países de habla inglesa, utiliza como 0° la temperatura más baja que se puede conseguir con una mezcla de agua y sal común y se fijó en 212° F la del agua en ebullición. Esto fija en 32° F la temperatura del hielo fundente. Las fórmulas de conversión entre una y otra son:

$$^{\circ}F = ^{\circ}C \times \frac{9}{5} + 32^{\circ} \qquad ^{\circ}C = (^{\circ}F - 32^{\circ}) \times \frac{5}{9}$$

La temperatura absoluta se mide en grados Kelvin, iguales a los de la escala centígrada, pero cuyo cero está a 273° por debajo del cero Celsius. Sólo se ha llegado, con helio líquido, a unas décimas de grado sobre esta temperatura donde se supone que cesa toda actividad atómica y molecular.

En el sistema métrico, el calor se mide en calorías, que se definen como la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de un gramo (1 cc.) de agua destilada, a presión atmosférica normal, de 14.5° a 15.5° centígrados; ésta es bastante pequeña, por lo cual se adapta mejor a nuestro uso la kilocaloría o gran caloría, que es mil veces mayor que la caloría. El sistema inglés usa el British Thermal Unit, abreviado BTU, que es la cantidad de calor necesaria para elevar una libra de agua en un grado Fahrenheit de temperatura. El BTU equivale, aproximadamente a 0.25 Kcal.

Calor específico es la cantidad de calorías necesarias para elevar la temperatura de un gramo del material en cuestión en 1°C. Por definición de caloría, el calor específico del agua, a 15°C, es = 1. Sólo el helio y el hidrógeno sobrepasan la capacidad del agua de absorber calor sin apenas

cambiar su temperatura, lo que introduce un factor moderador en las variaciones climáticas, párrafo 22.2.

No siempre ocurren cambios de temperatura cuando hay intercambios de calor. Parte de la energía es utilizada en alterar la atracción intermolecular ocasionando los **cambios de estado**. La materia puede pasar de sólida a líquida (fusión), de líquida a gaseosa (evaporación) o de sólida directamente a gaseosa (sublimación). Un Kg. de agua a 0° C, por ejemplo, necesita 80 Kcal para pasar de sólido a líquido, y, hasta que no se haya derretido el último pedazo de hielo, la temperatura permanecerá constante. De igual modo, a 100° C, un Kg. de agua precisa recibir 540 Kcal para pasar de líquido a vapor, es decir, más de 5 veces mayor de lo que se necesita para llevarlo de 0° a 100° C. La misma cantidad de calor se recupera en el proceso inverso de la congelación y la condensación. Esto se utiliza en refrigeración, haciendo circular por un serpentín un líquido, Freón o amoníaco, que, para evaporarse, roba calor a lo que lo rodea (congelador) para entregarlo al aire, o al agua, en la otra parte (compresor) donde se convierte otra vez en líquido para comenzar otro ciclo.

El vapor de agua es un gas incoloro e inodoro, que siempre está presente en la atmósfera cualquiera que sea la temperatura. Sin embargo, el vapor de agua que puede contener un volumen dado de aire, sin condensarse, aumenta, en forma exponencial con la temperatura. Es decir, el aire caliente soporta mucho más cantidad de agua en estado de vapor que el aire frío. Cuando llega a su punto de saturación, el vapor se condensa en gotitas, que podemos observar como nubes o neblina. Se denomina **humedad relativa** la relación entre la cantidad de vapor de agua presente en un momento dado y la cantidad que ese mismo volumen de aire podría contener cuando llegue a su punto de saturación, expresado en un porcentaje. Se mide con un higrómetro o un psicrómetro. Si extrajésemos calor del aire hasta que su humedad relativa llegue al 100%, la temperatura alcanzada se denomina su **punto de rocío**. La evaporación del agua ocurre a cualquier temperatura, pero su intensidad depende de la capacidad de absorción de la atmósfera que la rodea, es decir, aumenta, en forma exponencial, a medida que sube la temperatura y disminuye a medida que aumenta la humedad relativa.

22.1 TRANSMISIÓN DE CALOR

La energía calorífica se transmite de tres maneras, por:

- 1.- **Conducción**, donde la vibración de las moléculas es transmitida a las circundantes y la influencia se va esparciendo en todas direcciones.
- 2.- **Convección**, donde las moléculas, que cambian de densidad al absorber energía, se desplazan con relación a las que no han sido afectadas, si las fuerzas intermoleculares se lo permiten. Es obvio que la convección se observa más en los gases, menos en los líquidos y es prácticamente nula en los sólidos.
- 3.- **Radiación**, donde los átomos muy energizados emiten paquetes discretos de energía llamados **quantum**, en forma de ondas electromagnéticas que se desplazan, aún en el vacío más absoluto, a una velocidad de 3×10^8 metros por segundo. La energía es proporcional a la frecuencia, y, para las ondas de calor, las frecuencias están entre 3×10^{14} y 3×10^{11} hertz lo que significa que las longitudes de onda están entre 340nanómetros ($340 \cdot 10^{-10}$ metros) y 0.34 milímetros. Cuando un átomo absorbe un quantum, sube su nivel de energía que luego, y en forma impredecible, lo emite de nuevo para volver al nivel energético anterior.

El calor que se recibe en la superficie de la tierra proviene, esencialmente, del sol. Podemos despreciar la influencia de los materiales radioactivos o del magma que existe en el interior, excepto cuando ocurren erupciones volcánicas. Estas radiaciones, que cubren toda la gama del espectro electromagnético, desde rayos gamma hasta ondas de radio, atraviesan la capa gaseosa de la

atmósfera con pérdidas apenas perceptibles. Estas pérdidas se deben más bien a la presencia de gotas de agua, polvo, humo y esporas, que a la absorción en los gases; excepto algunos rayos ultravioleta que son absorbidos por la capa de ozono existente en las altas capas de la estratosfera. Sólo cuando esos rayos chocan con los sólidos y líquidos de la superficie de la tierra es cuando entregan su carga energética haciendo subir la temperatura de éstos, que, a su vez, la transmiten por conducción, convección y radiación a las capas de aire con las que están en contacto. Normalmente el intercambio de calor ocurre en las tres formas simultáneamente.

La tendencia natural es la de homogeneizar las diferencias de los niveles energéticos como lo expresa la segunda ley de termodinámica como "el gradiente de calor siempre va dirigido del punto de mayor energía hacia los de menor energía", es decir, la tendencia es la de que los cuerpos más calientes se enfríen transmitiendo su energía para calentar a los más fríos. A las temperaturas atmosféricas normales la energía transmitida por radiación es mayor que la que se transmite por las otras formas, ya que es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta. El calor que percibimos a través de la piel no sólo depende de la temperatura del aire que está en contacto con ella sino de la radiación emitida por los objetos y superficies que nos rodean. Una hoguera nos hace sentir confortables aunque la temperatura del aire permanezca varios grados bajo cero. Se ha adoptado como medida de la temperatura ambiente, donde t_a es la temperatura del aire y t_r es la temperatura radiante:

$$t_{am} = \frac{1}{3} t_a + \frac{2}{3} t_r$$

Para un ambiente verdaderamente confortable no debe haber mucha diferencia entre la temperatura del aire y la radiante, que es muy difícil de medir, por lo cual, con suficiente aproximación, se utiliza la temperatura del aire como uno de los índices del grado de confort.

No todos los materiales conducen el calor con la misma rapidez. En el sistema métrico se define el **coeficiente de conductividad térmica "u"**, como la cantidad de calor que pasa entre dos caras opuestas de un cubo del material con un metro de arista, en una hora, cuando la diferencia de temperatura entre las dos caras se mantiene en 1°C. La unidad de dicho coeficiente, por m² de superficie, es Kcal/mh°C. A veces también se expresa en w/m°C tomando en cuenta que 1 Kcal/h equivale a 1.162 vatios (w). El inverso es el **coeficiente de aislamiento térmico "k"**. Algunos valores de coeficientes de conductividad térmica para diversos materiales de construcción, se muestran en la siguiente tabla:

Material	Coef	Material	Coef.
Piedras compactas	3.00	Bloques de concreto	0.75
Piedras porosas	2.00	Bloques de barro	0.68
Arena y gravilla	1.20	Baldosas de barro	0.90
Mortero de cemento	1.20	Vidrio de ventanas	0.70
Yeso	0.60	Hierro y acero	50.00
Hormigón de 140	1.30	Cobre	330.00
Hormigón de 180	1.70	Aluminio	175.00
Hormigón de pomez	0.50	Madera seca	0.18
Hormigón gaseoso	0.30	Plywood	0.12
Planchas de asbesto	0.25	Mantas de fibra mineral	0.035
Placas de yeso de 15 mm	0.30	Placas de espuma plástica	0.035

Una cámara de aire actúa como aislamiento térmico si es de unos 5 cms. de espesor. Si tiene menos, la radiación hace que el calor se transmita fácilmente de un lado al otro, y si tiene más, se forman fuertes corrientes convectivas que disminuyen su eficacia. Para 5 cms. el coeficiente de aislamiento térmico $k = 1/u = 0.21 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C}/\text{Kcal}$. Filtraciones o condensaciones harían acumular agua en esa cámara por lo cual hay que darle salida al exterior, por tubos o conductos.

Influyen en el aislamiento térmico, las capas de aire en contacto con la superficie exterior y la interior de la pared o techo. Con una brisa de 2 m/s el coeficiente de conductividad de esta capa, por metro cuadrado del exterior, $a_e = 20 \text{ Kcal}/\text{h}^\circ\text{C}$ y del interior, $a_i = 7 \text{ Kcal}/\text{h}^\circ\text{C}$. La fórmula general del aislamiento térmico de una pared o techo compuesto de diversos materiales, con sus respectivos gruesos "d", en metros, y sus coeficientes de conductividad térmica "u", agregando el efecto de las capas de aire adheridas, es:

$$k = \frac{1}{a_e} + \frac{d_1}{u_1} + \frac{d_2}{u_2} + \dots + \frac{d_n}{u_n} + \frac{1}{a_i}$$

Esto habrá que multiplicarlo por el tiempo transcurrido, en horas, por la diferencia de temperatura, en grados Celsius, entre el aire exterior y el interior, y por el área total de la pared o techo, en metros cuadrados. Por ejemplo, una pared de bloques de 0.20 con 1.5 cms. de empañete en cada cara, si la temperatura exterior es de 32°C y la interior de 22°C , la fórmula da:

$$k = \frac{1}{7} + \frac{0.015}{1.20} + \frac{0.20}{0.75} + \frac{0.015}{1.20} + \frac{1}{20} = 0.48 \quad u = \frac{1}{k} = 2.08 \quad U = 2.08 \times 10^\circ\text{C} = 20.8 \text{ Kcal}/\text{m}^2\text{h}$$

Para una pared de bloques de 0.15, empañetada por dentro, una cámara de aire de 0.05 y 0.10 de ladrillos al exterior se obtiene:

$$k = \frac{1}{7} + \frac{0.015}{1.20} + \frac{0.20}{0.75} + \frac{0.015}{1.20} + \frac{0.05}{0.21} + \frac{0.10}{0.68} + \frac{1}{20} = 0.79 \quad u = 1.27 \quad U = 1.27 \times 10^\circ\text{C} = 12.7 \text{ Kcal}/\text{m}^2\text{h}$$

Si la cámara de aire se rellena con espuma plástica, hay que sustituir el cuarto sumando por

$$\frac{0.05}{0.035} = 1.43 \quad \text{en la ecuación, de donde resultaría:} \quad k = 1.98, u = 0.505, K = 5.05 \times 10^\circ\text{C} = 5.05 \text{ Kcal}/\text{m}^2\text{h}$$

Lo que muestra que las espumas plásticas son mucho más eficientes oponiéndose al paso del calor que una cámara de aire. Es mejor colocar el aislamiento térmico por el lado de la fuente de calor, pero, por su naturaleza esponjosa y poco resistente a la abrasión, siempre es necesario protegerlo con materiales más duros. Las espumas funcionan tanto si se usan paneles del grueso necesario, si el hueco se rellena con material suelto después de llegar a nivel de techo o si se vierte en estado fluido por medio de mangueras y que sea una reacción química la que lo convierta en espuma.

22.2 CONFORT

El metabolismo de los mamíferos, entre los cuales, por supuesto, se encuentra el género humano, exige una variación muy limitada en la temperatura del cuerpo, que es constantemente ajustada por un delicado balance termostático con el que el proceso de evolución nos ha dotado.

El hombre, por ejemplo, precisa mantener una temperatura de alrededor de 36.5°C. Una variación de más de 5° por encima o por debajo de esta temperatura, puede significar la diferencia entre la vida y la muerte, sea por causas intrínsecas, como fiebres o enfriamientos, o las extrínsecas causadas por las condiciones ambientales. No nos preocuparemos por las primeras, que son de la provincia de la medicina, pero sí de las segundas porque entran de lleno en la categoría de diseño ambiental. La sangre es el medio que regula y mantiene uniforme la distribución de la temperatura. Cuando ésta desciende, la sangre se aleja de la superficie de la piel, para evitar las pérdidas de calor; aumentamos nuestra actividad física para que el trabajo muscular genere más calor o el propio cuerpo se encarga de ello haciéndonos tiritar. De continuar, por largo tiempo, la pérdida de calor, la sangre deja de circular por las extremidades, que son, desde el punto de vista de la supervivencia, material gastable, para concentrarse en la protección de los órganos vitales, como último recurso.

Si, por el contrario, la temperatura sube, la sangre fluye con mayor rapidez en los capilares de la piel obligando a las glándulas sudoríparas a expeler un líquido cuya evaporación hace disipar una gran cantidad de calor. Son múltiples los factores que influyen en el confort, por lo cual se hace difícil categorizar los de una manera absoluta. El primero es el de la transmisión de calor debido al medio ambiente. Nuestro cuerpo está constantemente irradiando calor hacia el exterior y recibiendo radiaciones de todos los objetos y superficies que nos rodean. La influencia de estas últimas depende de la diferencia de sus temperaturas absolutas, de sus coeficientes de emisividad y del ángulo sólido subtendido por cada superficie u objeto, con relación a nuestra posición en el espacio. A esto hay que agregarle la conducción de calor debido a los materiales que están en contacto con nuestra piel, ya sean los vestidos o el aire en reposo o en movimiento. Esto último, por razones obvias, acelera el proceso de intercambio.

*De gran influencia, especialmente en nuestro clima, es la humedad relativa de la atmósfera que puede facilitar, o inhibir, la evaporación del sudor. En los trópicos el **índice de calor** expresa la sensación real que tenemos cuando se combinan la humedad y la temperatura ambiente, de modo similar, en las regiones frías, la **sensación térmica** combina la temperatura con la velocidad del viento.*

Los factores internos son aún más difíciles de cuantificar. Primero, la cantidad de calor que nuestro organismo genera varía de acuerdo a la actividad que desplaguemos. Las condiciones en un gimnasio tienen que diferir de las de un aula o de un dormitorio. Segundo, el proceso metabólico varía enormemente de una persona a otra y así lo han de hacer los parámetros del confort. Por último hay que tomar en cuenta el proceso de adaptación de los organismos a su medio ambiente. Los extremos de temperatura que soporta un indio de la Patagonia o un esquimal de las islas Aleutianas podría ser fatal para un caribeño o un marroquí y viceversa.

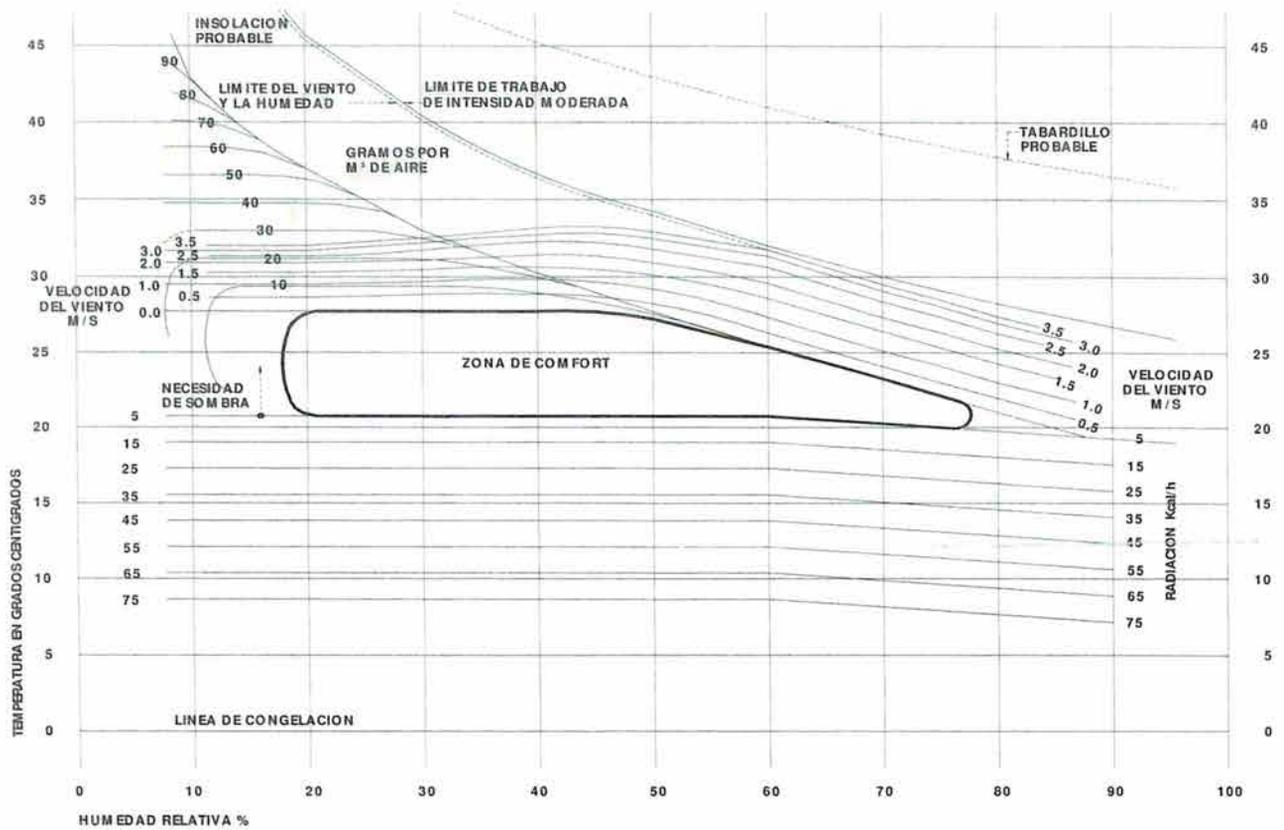


Figura 22.1

La Figura 22.1, adaptada de la obra "Design with climate" del arquitecto Victor Olgay y publicada en la revista "Progressive Architecture" del mes de Octubre de 1982, muestra la zona de confort para los habitantes de una región de clima moderado de los Estados Unidos, tomando en cuenta la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del viento. Las líneas bajo los 20°C indican la cantidad de calefacción que hay que introducir, en Kcal/h. Por encima de los 20°C se precisa estar a la sombra. Para humedades relativas bajo el 50%, se indica la cantidad de agua que hay que introducir, en gramos/m³, para contrarrestar el desagradable resecamiento de la piel, especialmente la de los labios, el de las mucosas nasales y el ardor en los ojos. Como era de suponer el rango de temperaturas confortables disminuye cuando la humedad relativa pasa del 50%. Con el 80% y una temperatura ambiente de 22°C se necesita una brisa de 0.5 m/s, y si la temperatura sube sobre los 28°C ninguna intervención pasiva nos hará sentir confortables. Por otra parte, con una humedad relativa del 30% y una temperatura 28°C se necesita una brisa de 1.0 m/s y habría que agregar 10 gramos de agua por metro cúbico de aire. La figura muestra también el peligro de insolación o tabardillo cuando nos exponemos a temperaturas entre los 35 y 45 grados centígrados.

Debido al calor específico y a la resistencia al paso del calor de los diferentes materiales siempre hay un lapso entre el momento en que el calor penetra por un paramento y el que sale por el otro. La tabla que se muestra a la derecha tiene los lapsos, en horas, de diversos gruesos de materiales de construcción. Si el elemento constructivo consta de dos de esos materiales o si se tratase de construcciones ligeras, se deben sumar los lapsos correspondientes a cada material, agregando ½ hora. Para tres o más materiales, se le agrega una hora a dicha suma. Esta inercia térmica se utiliza en las regiones frías en los llamados muros **Trombe**, siempre orientados hacia el sur en el hemisferio norte, que reciben los rayos de sol durante los días de invierno, almacenando calor, para liberarlo paulatinamente durante la noche. De un modo similar, en los países cálidos, las construcciones muy masivas tienden a hacer disminuir, en su interior, las fluctuaciones de las temperaturas exteriores.

Material	Grueso (cms)	Lapso (horas)
Piedra	20	5.50
	30	8.00
	40	10.50
	60	15.50
Concreto denso	5	1.10
	10	2.50
	15	3.80
	20	5.10
	30	7.80
Madera	40	10.20
	1.25	0.17
	2.54	0.45
Panel Aislante	5.08	1.30
	1.25	0.08
	2.54	0.23
	5.08	0.77
	10.16	2.70
	15.24	5.00

El análisis estricto de los intercambios de calor en las construcciones es un problema bastante complejo, que envuelve ecuaciones diferenciales y una serie de presunciones acerca de las condiciones de borde, no siempre justificables en la práctica. Hay una gran laguna en los conocimientos de esta área del proceso constructivo, que sólo se llenará con investigaciones sistematizadas y profundas que únicamente los gobiernos, a través de las universidades o laboratorios estatales idóneos, podrían llevar a cabo. Sin embargo, podemos hacer un análisis a grosso modo del fenómeno de los intercambios de calor de manera que podamos diseñar y construir locales más confortables sin tener que recurrir a costosas soluciones de acondicionamiento de aire.

Como vimos en el párrafo 22.1, la radiación solar afecta sólo las superficies sólidas o líquidas sobre las cuales incide. Su intensidad es proporcional al coseno del ángulo que dicha superficie forme con la dirección de los rayos, por lo que es fácil comprender por qué es mayor en la faja ecuatorial que en los polos. Este calor, transmitido por conducción al aire, genera fuertes corrientes convectivas ascendentes que, a su vez, hacen que se desplace el aire de las regiones más frías. Debido a la rotación de la tierra aparentemente la masa de aire se desplace de este a oeste; también produce una aceleración aparente, denominada de **coriolis**, que hace que las corrientes de aire en el hemisferio norte se desvíen hacia la derecha, lo que redundará en que predominen los vientos del este en las zonas tropicales y giren paulatinamente a medida que se alejan del ecuador, hasta convertirse en vientos predominantemente del oeste en las zonas templadas. Dentro de esa circulación general existen variaciones locales debidas a influencias orográficas y, sobre todo, en la gran diferencia entre el calor específico de la tierra y del agua.

La temperatura del agua permanece casi constante, para una región y época del año debido a su capacidad de absorber calor sin cambiar su temperatura. En cambio, la tierra se calienta rápidamente produciendo corrientes ascendentes que hacen desplazar hacia la tierra la masa de aire más fría que estaba sobre el agua; por la noche, la tierra se enfría con igual rapidez, llegando a temperaturas mucho más bajas que las del agua, produciéndose un fenómeno contrario al que ocurre durante el día; es decir, se produce una brisa marina durante el día, que cambia al teral durante la noche. Esta circulación, puramente local, se combina con la general con el resultado de

Capítulo 22: Aislamiento Térmico

que las brisas predominantes en la costa sur del país provienen del sureste durante el día y del nordeste durante la noche. En la costa norte ocurre lo contrario, es decir, las brisas diurnas vienen del nordeste y las nocturnas del sureste.

En las costas del este las brisas marinas refuerzan las de la circulación general durante el día, mientras que por la noche el terral se les opone llegando, a veces, hasta a anularlas. Las montañas hacen que el aire ascienda en el lado de donde provienen las brisas predominantes. Esta ascensión a regiones de menor presión enfría el aire. Si su temperatura llegase al punto de rocío, se producirían nubes y precipitaciones. En cambio, el fenómeno contrario ocurre al otro lado de la cordillera. El descenso hace que el aire se caliente y reseque, lo que explica perfectamente un clima como el del valle de Azua.

22.3 COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LAS EDIFICACIONES

La cantidad de calor que se recibe en la superficie de un elemento de la construcción, una pared, por ejemplo, proviene de varias fuentes:

- 1.- *La radiación recibida y absorbida directamente del sol, que depende de la latitud del sitio, de la nubosidad, del ángulo que forma la superficie con la dirección de los rayos, que cambia con la orientación de dicha superficie, con las variaciones horarias de la ascensión recta y el azimut del sol y con la reflectividad de dicha superficie.*
- 2.- *Las radiaciones difusas, mucho menores que las anteriores, y que dependen también de la nubosidad y del ángulo diedro subtendido por los vértices de la superficie y la bóveda celeste. Ésta puede considerarse constante, para un cielo claro, durante todo el día y sólo disminuye con la cobertura de nubes que pueda afectar el área cubierta por el mencionado ángulo diedro.*
- 3.- *Radiaciones reflejadas por las superficies que rodean el elemento en cuestión, tales como construcciones vecinas, el terreno, los árboles y las nubes. Dependen de la reflectividad de las superficies circundantes, y del ángulo de incidencia que el rayo reflejado forme con la superficie que se analiza.*
- 4.- *Conducción de calor por contacto con el aire exterior que rodea el elemento constructivo, en lo cual influye, no sólo la temperatura del aire sino la velocidad del viento la cual, a medida que se incrementa absorbe más calor.*

Una vez que se altera el equilibrio térmico se producen fenómenos que naturalmente tratan de restaurarlo, teniendo en cuenta que el gradiente del intercambio resultante siempre va a apuntar de los lugares de mayor energía hacia los de menor energía, en la forma siguiente:

- 1.- *Radiación: La superficie afectada va a re-irradiar energía en todas direcciones, como dijimos anteriormente, en proporción a la cuarta potencia de su temperatura absoluta.*
- 2.- *Absorción: Parte de la energía recibida va a ser usada en aumentar las vibraciones moleculares, lo que se muestra con un ascenso de la temperatura, cuya rapidez y magnitud dependen del calor específico del material.*

- 3.- *Conducción: Transmisión de vibraciones a las moléculas adyacentes, que incluyen las del aire exterior para la capa superficial o de las capas sucesivas del mismo material o de los diversos materiales que conforman el elemento constructivo en cuestión.*
- 4.- *Cambios de estado: Parte de esa energía puede ser usada para cambiar el estado de algún material. Por ejemplo, si una pared está húmeda, parte de la energía se usará para convertir el agua líquida en vapor de agua.*

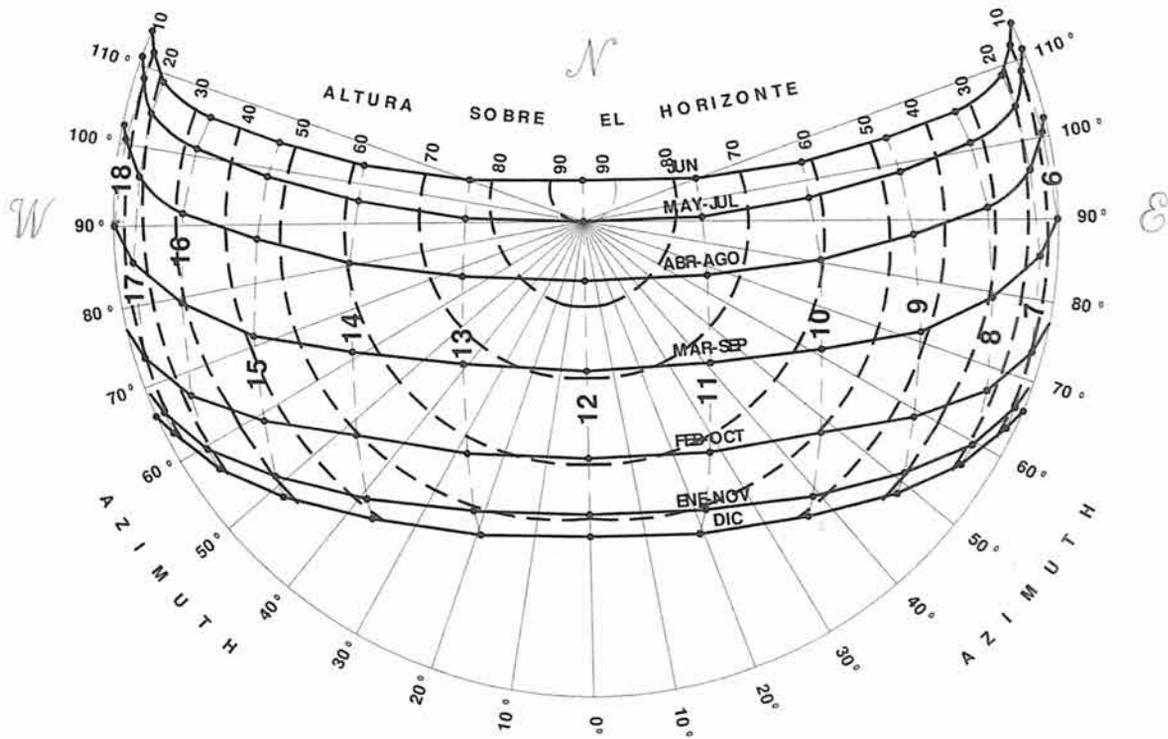


Figura 22.2

Como vemos, son tantas las variables que es imposible predecir con exactitud la cantidad de calor que va a penetrar en un recinto y en una fecha determinados. Sólo podemos recurrir a los promedios y estadísticas, compilados durante años para la localidad donde se va a ubicar la construcción.

En un país tropical como el nuestro, situado entre los 17.5° y los 20° de latitud norte, los rayos de sol inciden directamente, en alguna época del año, sobre todos los paramentos exteriores, cualquiera que sea su orientación. La Figura 22.2 muestra el azimut y la ascensión recta (ángulo que forma el sol con el plano del horizonte) para todos los meses del año, en la latitud 18.5°N que corresponde a la ciudad de Santo Domingo. El diagrama muestra los azimutes medidos desde el sur; las líneas gruesas continuas representan la proyección horizontal de la posición del sol el día 22 de cada mes del año, las líneas gruesas discontinuas, casi circulares, marcan la ascensión recta y las finas discontinuas representan las horas del día; al mediodía del 22 de junio, solsticio de verano, cuando el sol se encuentra en su máxima declinación, directamente sobre el trópico de Cáncer, a 23.5° al norte del Ecuador, los rayos solares forman un ángulo de 6° con una pared orientada hacia

el norte. De igual modo podemos notar que el sol incidirá en esa pared norte durante algunas horas de la mañana y de la tarde entre los meses de marzo y septiembre.

Una pared orientada hacia el sur recibe rayos directos del sol, desde la mañana hasta la tarde, a partir del 22 de julio hasta el 22 de mayo del año siguiente; llegando, a las 12 meridiano del 22 de diciembre, a tener una inclinación de 48° sobre el horizonte, mínima para el año. La pared orientada hacia el este recibe sol desde el amanecer hasta el mediodía durante todo el año y la orientada hacia el oeste desde el mediodía hasta el ocaso, con el agravante para esta última de que la temperatura del aire ha ido aumentando hasta un valor máximo entre las 2 y las 3 de la tarde. Desde este punto de vista, la situación más adversa la tiene el plano del techo, que recibe radiación directa durante todas las horas del día de todos los meses del año.

22.4 VENTILACIÓN

De vital importancia es la ventilación en nuestro clima, no sólo por la necesidad de reemplazar el aire cargado de vapor de agua y anhídrido carbónico que exhalamos sino, por su efecto beneficioso al refrescar nuestra piel incrementando la evaporación del sudor, cuando la humedad relativa lo permite. Para que el aire circule, es necesario que pueda establecerse una corriente, es decir, que pueda entrar y salir del recinto con el menor número de obstáculos posible, creando un flujo laminar con ninguno o pocos remolinos.

En la cara del edificio donde incide el viento, se crea una zona de alta presión, mientras que en la cara opuesta se crea una de baja presión, que ayuda a la circulación interna si hay huecos abiertos que comuniquen ambas zonas. Se han hecho innumerables pruebas utilizando maquetas en túneles de viento, fotografiando columnas de humo que indiquen la dirección y la turbulencia de las corrientes de aire y en edificios reales usando anemómetros muy sensitivos. Se ha llegado a las siguientes conclusiones generales:

- 1.- Se consigue mejor circulación cuando la pared con el hueco forma un ángulo con la dirección del viento. En este caso se aumenta la circulación cuando aumentemos el área del hueco, sobre todo si se divide en dos de modo que haya uno que sirva de entrada y otro de salida, aunque ambos estén en la misma pared. Esto se mejora si agregamos pantallas en la parte exterior de los huecos que canalicen el flujo del aire.
- 2.- Cuando la dirección del viento es perpendicular a la superficie de la pared de entrada, la circulación mejora si el hueco de salida está en una pared diferente y se optimiza si ambas son contiguas formando un ángulo de 90° .
- 3.- Debido al efecto retardante de la fricción interna, se consiguen mejores resultados si el área de los huecos de salida es dos o tres veces mayor que el área de los de entrada.
- 4.- La ventilación más efectiva debe proveerse en los niveles donde realmente circula la gente, es decir, en los primeros dos metros sobre el nivel de piso. Las ventanas de hojas horizontales, como las de celosía, las proyectadas o las basculantes, pueden ajustarse para dirigir el flujo del aire que viene del exterior. Sin embargo, el aire caliente se acumulará en el espacio entre el nivel de los dinteles y el techo, reduciendo considerablemente el volumen de aire renovable, por lo cual es necesario que haya algunos huecos, especialmente los de salida, a ras del techo para desalojar ese aire caliente.

23. ALUMINIO

El aluminio es un metal blando, de color plateado, no magnético, de baja resistencia (490 kg cm²), de poco peso (casi la tercera parte del peso del cobre o del hierro), con punto de fusión de 680°C, alta conductividad térmica y eléctrica, moderado coeficiente de expansión y alta reflectividad para las radiaciones térmicas. Es el metal más abundante en la corteza terrestre ya que es el principal ingrediente en la formación de arcillas, feldespato, gredas y micas. También es componente de algunas piedras preciosas como el rubí y el zafiro. Sin embargo, por la extraordinaria facilidad de formar aleaciones con otros elementos, especialmente con el oxígeno, nunca se encuentra puro en la naturaleza. A mediados del siglo pasado era un metal tan escaso y apreciado que Napoleón III reservaba su vajilla de aluminio para las visitas de estado de otras testas coronadas de Europa, mientras que, para los meros Presidentes o Primeros Ministros, usaba la consabida vajilla de oro. En el año 1886, casi simultáneamente, Charles M. Hall en los Estados Unidos y Paul Héroult en Francia descubrieron independientemente el proceso electrolítico que se usa hasta hoy día para la obtención industrial del aluminio puro. Como dato curioso, también coincidieron en el año de su nacimiento, 1863, y en el de su muerte, 1914.

*La principal materia prima de la cual se extrae el aluminio es la **bauxita**, de la cual tenemos abundantes depósitos en el área de Pedernales. Por un proceso físico-químico de trituración, mezcla de soda cáustica y decantación, se obtiene la **alúmina**, polvo blanco, muy astringente, que es un óxido cristalizado de aluminio. Este es un material sumamente estable y difícil de separar en sus componentes básicos. En el procedimiento electrolítico antes mencionado se disuelve la alúmina en criolita fundida (fluoruro de aluminio) a más de 1,000°C de temperatura, que actúa como electrólito en una cuba de cátodo y ánodo de carbón donde, haciendo pasar una corriente eléctrica intensa, se consigue que el oxígeno de la alúmina se combine con el carbono del ánodo formando anhídrido carbónico, mientras que el aluminio puro se acumula en el cátodo en el fondo de la cuba. Para obtener una tonelada de aluminio se necesitan dos toneladas de alúmina (que a su vez requirieron cuatro toneladas de bauxita), más de media tonelada de electrodos de carbón y 20,000 kilovatios-hora de energía eléctrica. Es claro que, con este enorme consumo, las plantas procesadoras de aluminio sólo pueden estar ubicadas cerca de las grandes usinas hidroeléctricas, donde se consiguen las cantidades necesarias de energía a precios razonables.*

Tan pronto entra el aluminio en contacto con el aire se forma una capa de óxido de aluminio, que es transparente y relativamente inerte frente a reacciones químicas posteriores. A diferencia del hierro, esta capa transparente protege el metal contra la oxidación continuada, lo que constituye una de las mayores ventajas del aluminio.

23.1 DUREZA Y RESISTENCIA

Como dijimos al principio, el aluminio puro es un metal blando y poco resistente. Estas características se pueden mejorar por medio de aleaciones, del temple o del trabajo mecánico. Las aleaciones se clasifican según el proceso de fabricación en dos grandes grupos: para fundición, donde la forma final se obtiene por el moldeo del metal fundido y para el forjado, cuando el metal va a ser trabajado posteriormente por laminación, extrusión u otro proceso.

*Entre los primeros metales que se usaron para mejorar la resistencia del aluminio está el cobre; aleación conocida como **duraluminio**, muy usada después de la Primera Guerra Mundial en la fabricación de dirigibles. Hoy día se usa el aluminio, el cobre, el magnesio y el manganeso para producir una aleación de muy alta resistencia, aunque se disminuye la ductilidad y la facilidad de ser trabajada,*

aparte de disminuir su resistencia a la corrosión, pero, con la ventaja de poder ser templada. La aleación aluminio-manganeso aumenta la resistencia en forma moderada con muy poca pérdida de ductilidad. Este tipo de aleación no es susceptible de temple. La aleación aluminio-silicio produce la más alta resistencia a la corrosión y puede usarse en ambientes hostiles sin peligro. El calor puede utilizarse para ablandar el material y hacerlo más ductil y fácil de trabajar. Después de formado, puede recalentarse al aire o en soluciones líquidas y luego enfriarse, es decir, un proceso de templado y, a veces, de envejecimiento artificial que, en algunas aleaciones, podrá producir una mayor resistencia y dureza. El trabajo de forjado, laminado o extrusión también producen endurecimiento en el aluminio. En algunos casos se hace intrabajable después de varias pasadas por los rolos laminadores requiriendo un nuevo calentamiento para poder proseguir, excepto cuando se trata de láminas, o alambres, de menos de 3mm (1/8") en cuyo caso se continúa con el laminado en frío. El alineamiento de las moléculas en la dirección del laminado aumenta considerablemente la resistencia en dicha dirección.

Uno de los problemas que presenta el aluminio es su alto potencial electrolítico negativo con relación a casi todos los otros metales. En presencia de un electrólito, que puede ser agua ligeramente acidulada, si un metal entra en contacto con cualquier otro metal que lo sigue en la tabla adjunta, se produce una corriente galvánica que transporta iones hacia el otro metal, más fuerte mientras más lejos están el uno del otro, produciendo una corrosión que sólo se detiene cuando desaparece el electrólito, y el aluminio es el metal que reacciona galvánicamente con todos los otros. Esto significa que las piezas de unión tienen que ser de aluminio.

El aluminio sufre también deterioro al entrar en contacto con materiales alcalinos que, aún cuando no afectan su integridad estructural, producen manchas persistentes que afean las terminaciones. Como casi todos los materiales de construcción, como cales, cementos, pinturas, etc. son alcalinos, es necesario tomar precauciones para evitar su contacto con las piezas de aluminio, ya sea protegiendo éstas con lacas de metil-metacrilato, con películas especiales que luego se puedan remover o programando la instalación de todo el aluminio después que en la obra se haya terminado con la aplicación de los materiales alcalinos.

Recubriendo con una capa de aluminio puro láminas de aleaciones más fuertes de aluminio (Alclad) o de acero (Aluzinc), se combinan la durabilidad y reflectividad del aluminio y la dureza y resistencia de la otra aleación o del acero. Esta es una solución muy usada para cubiertas de techos.

Aluminio
Zinc y hierro galvanizado
Cromo
Acero
Acero inoxidable
Cadmio
Nickel
Estaño
Plomo
Latón
Bronce
Cobre

23.2 EXTRUSIONES

Por ser blando, el aluminio es el único metal con el cual se pueden fabricar perfiles por extrusión. Este proceso consiste en hacer pasar un lingote de aluminio calentado entre los 150 y 250 grados centígrados, a través de una broca de acero donde se ha ranurado el perfil que se desea obtener; empujando con un émbolo se producen las presiones necesarias para forzar a pasar el lingote. Estas brocas son intercambiables de modo que se pueden producir una gran variedad de perfiles, incluyendo tubos de sección circular, cuadrada o rectangular de diversas dimensiones y gruesos de pared, así como secciones sólidas y perfiles para la fabricación de marcos, puertas, ventanas, vitrinas y elementos estructurales. Los perfiles deben estar circunscritos en un círculo de 23" (0.54 m) y no debe haber mucha diferencia de grosor entre una parte y otra de la pieza. Al salir de la máquina de extrusión, es necesario estirarlas para quitarles las deformaciones inherentes al proceso, aprovechando el calor que aún conservan. Aluminios Dominicanos, principal proveedor de la mayoría de los fabricantes de puertas y ventanas del país, produce perfiles que normalmente tienen en existencia, Figuras 23.1 a 23.5 y que pueden ser suplidos al público desde su planta de Herrera.

23.2 TERMINACIONES

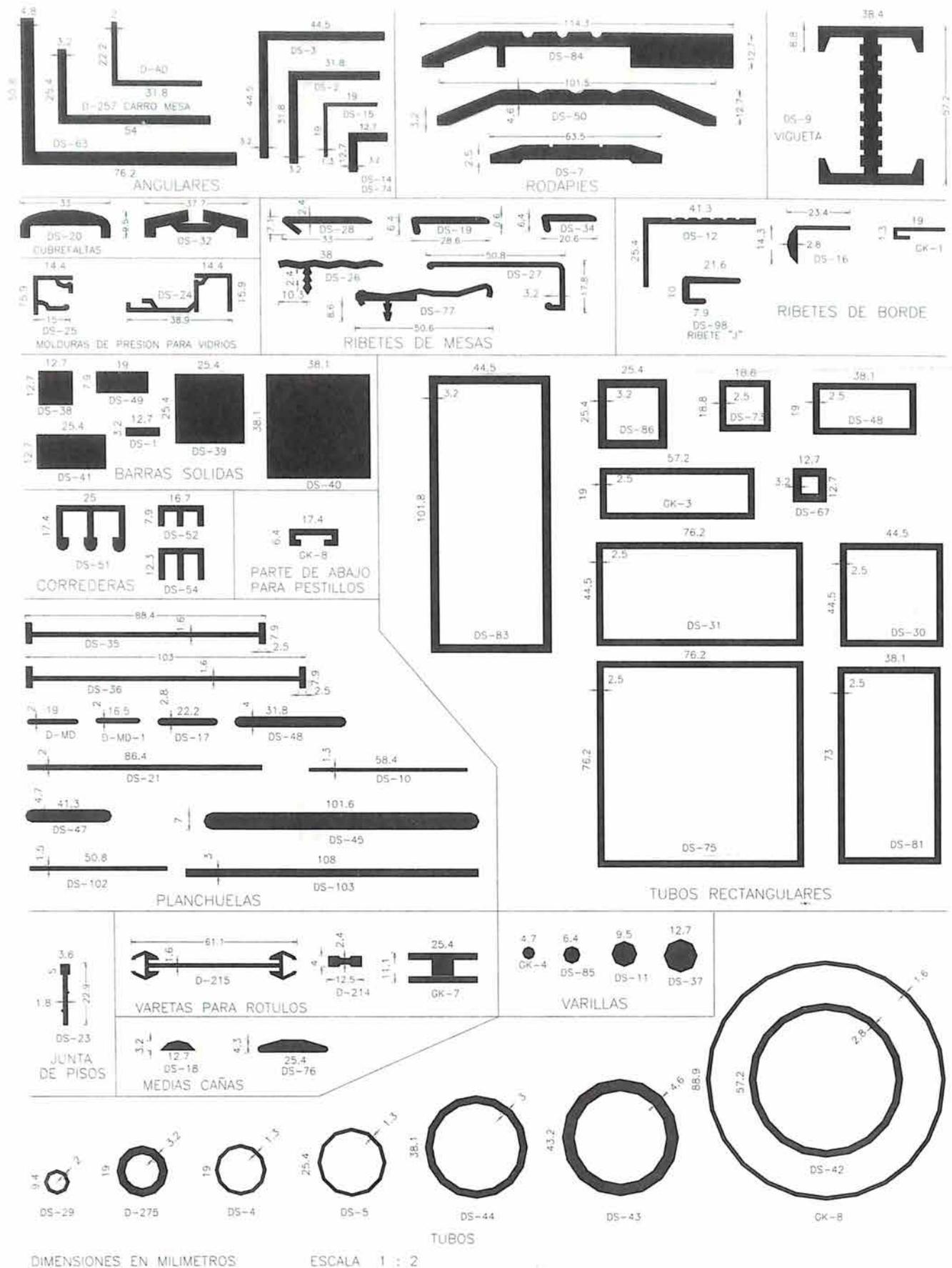
Al aluminio pueden dársele las siguientes terminaciones a máquina: **Natural** (Mill Finish), tal como sale de la máquina procesadora; **pulido**, con o sin brillo; **esmerilado**, con polvo de esmeril o chorro de arena; **cepillado**, con disco de alambre; **bruñido**, con "rouge" en pasta; **martillado** y muchos otros. Químicamente se puede conseguir una terminación mate con soluciones alcalinas, como fosfato trisódico o soda cáustica. Después de pulido y bruñido, electrolíticamente, se le pueden agregar capas que lo hagan tan brillante que pueden usarse en reflectores para el alumbrado. El aluminio puede pintarse, pero requiere un tratamiento previo con ácido crómico o fosfórico para remover algo de la capa de óxido de aluminio que impediría que la pintura "agarre".

23.4 ANODIZADO

Se puede aumentar el grosor de la capa protectora de óxido de aluminio con la **anodización**. Este es un proceso electrolítico donde la pieza, que constituye el ánodo de una pila electrovoltaica, se sumerge en una cuba metálica, que es el cátodo, llena de ácido sulfúrico, oxálico, crómico, fosfórico o bórico diluídos. Se hace pasar una corriente eléctrica que hace emigrar el oxígeno del electrolito hacia la pieza en el ánodo. De este modo se incrementa el espesor de la capa de óxido. Esta capa, dura y duradera, es lo suficientemente porosa para absorber pigmentos colorantes que hacen cambiar el aspecto de la superficie. Un tratamiento final con agua caliente, u otros líquidos, sella la superficie al aumentar su volumen. El aluminio anodizado es siempre más liso que el de terminación natural (Mill Finish) y puede retener el color plateado del aluminio o adquirir diversos colores como el oro, bronce, negro y otros. El proceso de anodizado es sumamente complejo ya que el color final depende del tipo, concentración y temperatura del electrolito, la duración del baño, la intensidad de la corriente y la aleación de la pieza. Ligeras variaciones en su composición química pueden producir notables diferencias en los colores finales, especialmente si se contraponen piezas extruídas y laminadas, lo que es necesario tomar en cuenta para asegurar una terminación homogénea.

23.5 UNIONES

Las uniones entre piezas de aluminio pueden hacerse por medios mecánicos, como clavos y remaches; por fricción; por tuercas y tornillos o por diversos tipos de soldadura. Las primeras son preferidas ya que pueden conseguirse mejores terminaciones en las uniones. Siendo el aluminio un metal bastante blando, se pueden terminar las superficies adyacentes con suficiente precisión para formar una junta casi imperceptible. Generalmente se ensamblan las piezas de tal modo que los tornillos y pernos queden ocultos. No hay que olvidar, que si las uniones van a estar expuestas a la humedad, sólo pueden usarse conectores de aluminio, acero cromado o inoxidable, para evitar la reacción galvánica. También pueden interponerse materiales inertes como pinturas o arandelas de plomo para evitar el contacto entre metales disímiles. Los clavos se usan casi exclusivamente para fijar planchas de cubiertas de aluminio corrugado; son de aluminio, de sección cuadrada y retorcida en forma helicoidal para darles mejor agarre y tienen una cabeza bastante amplia para cubrir el hueco hecho por el clavo, aún cuando éste se ensanche con el tiempo; es conveniente usar arandelas de neopreno o de fieltro asfaltado para evitar futuras filtraciones. Los remaches de aluminio pueden tener la forma de los usados en estructuras de acero, aunque nunca es necesario calentarlos. También existen remaches, exclusivos del aluminio, donde se opera desde un solo lado de las piezas, lo que posibilita la unión a piezas huecas, o de difícil acceso.



DIMENSIONES EN MILIMETROS

ESCALA 1 : 2

Figura 23.1

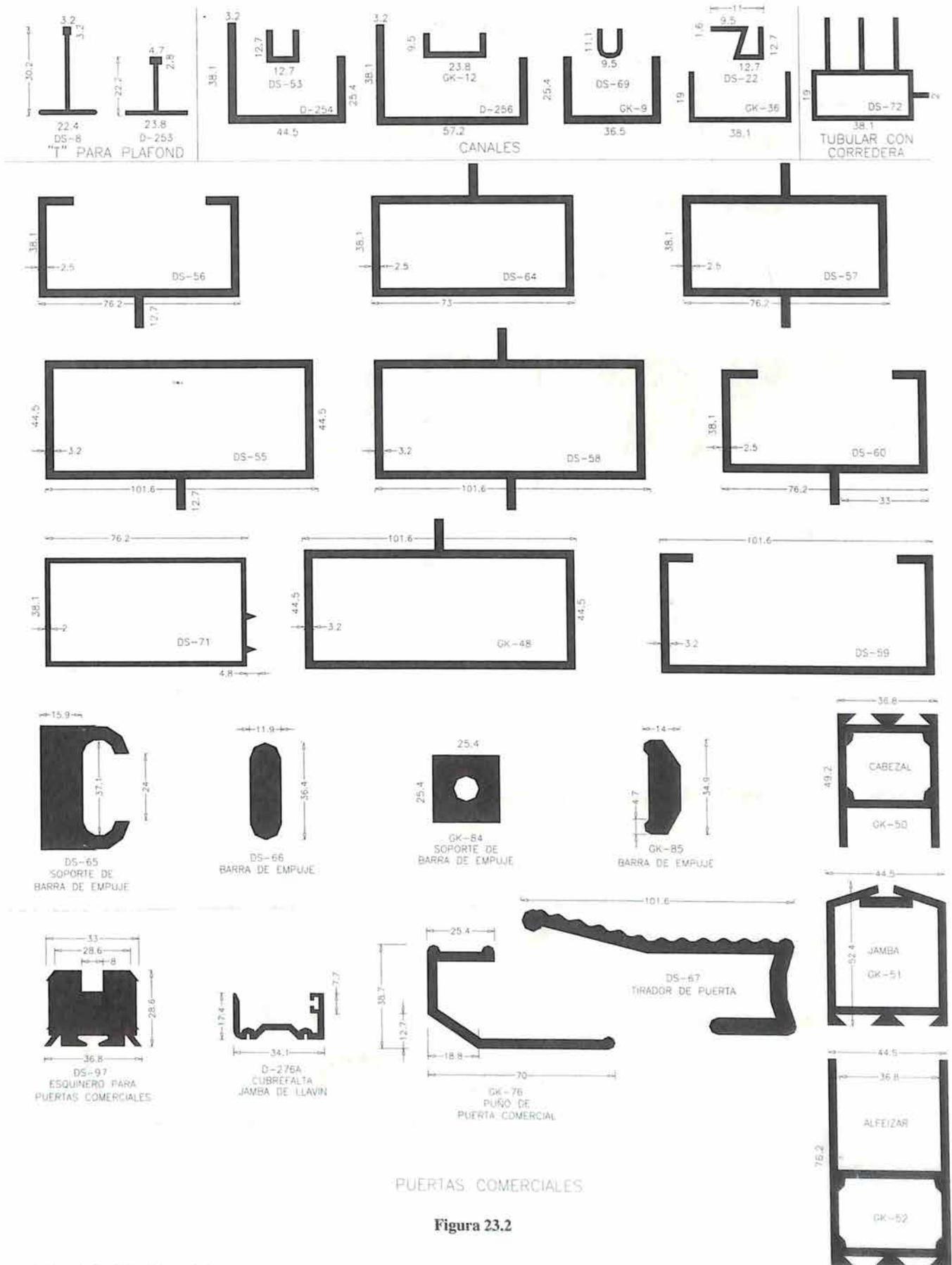


Figura 23.2

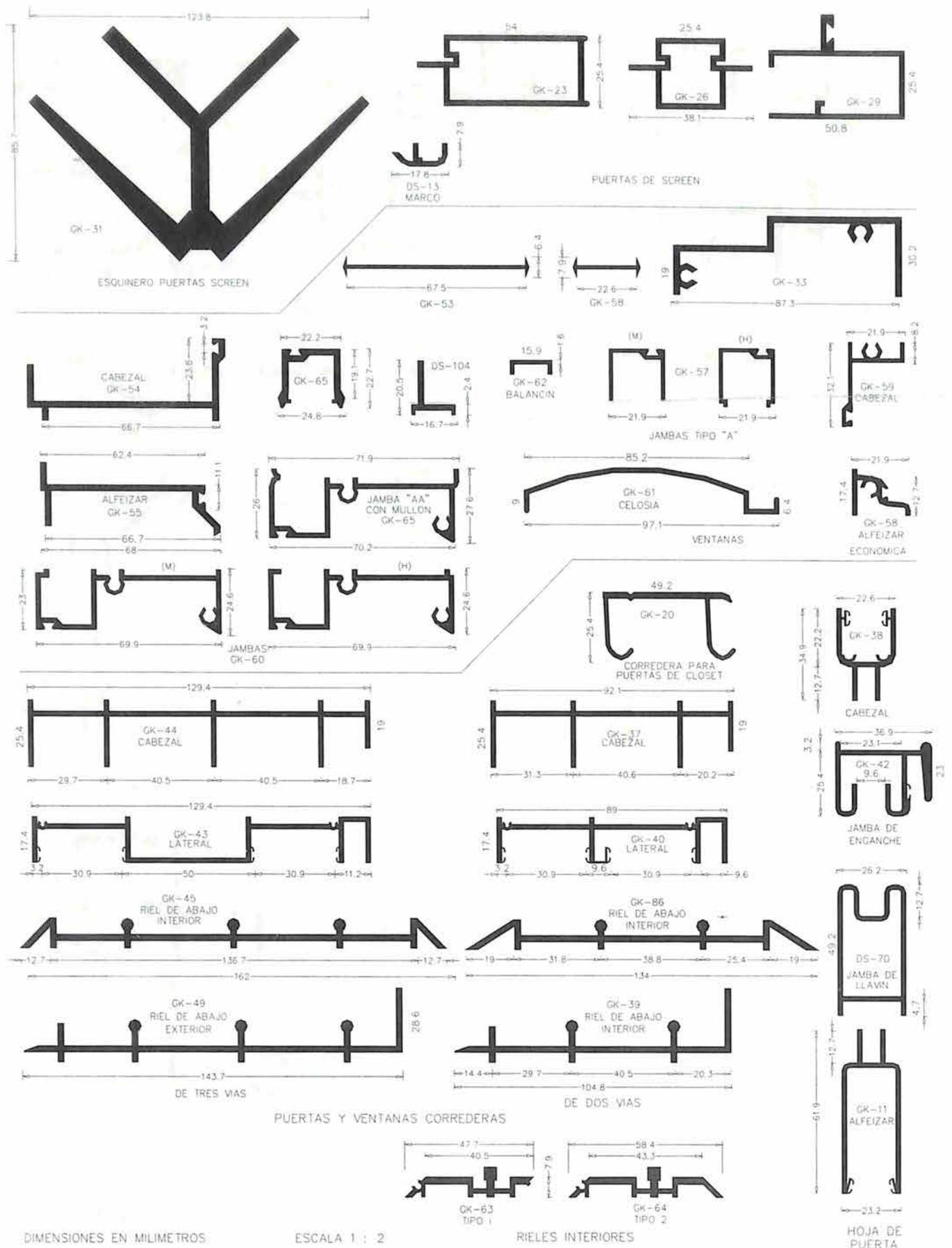


Figura 23.3

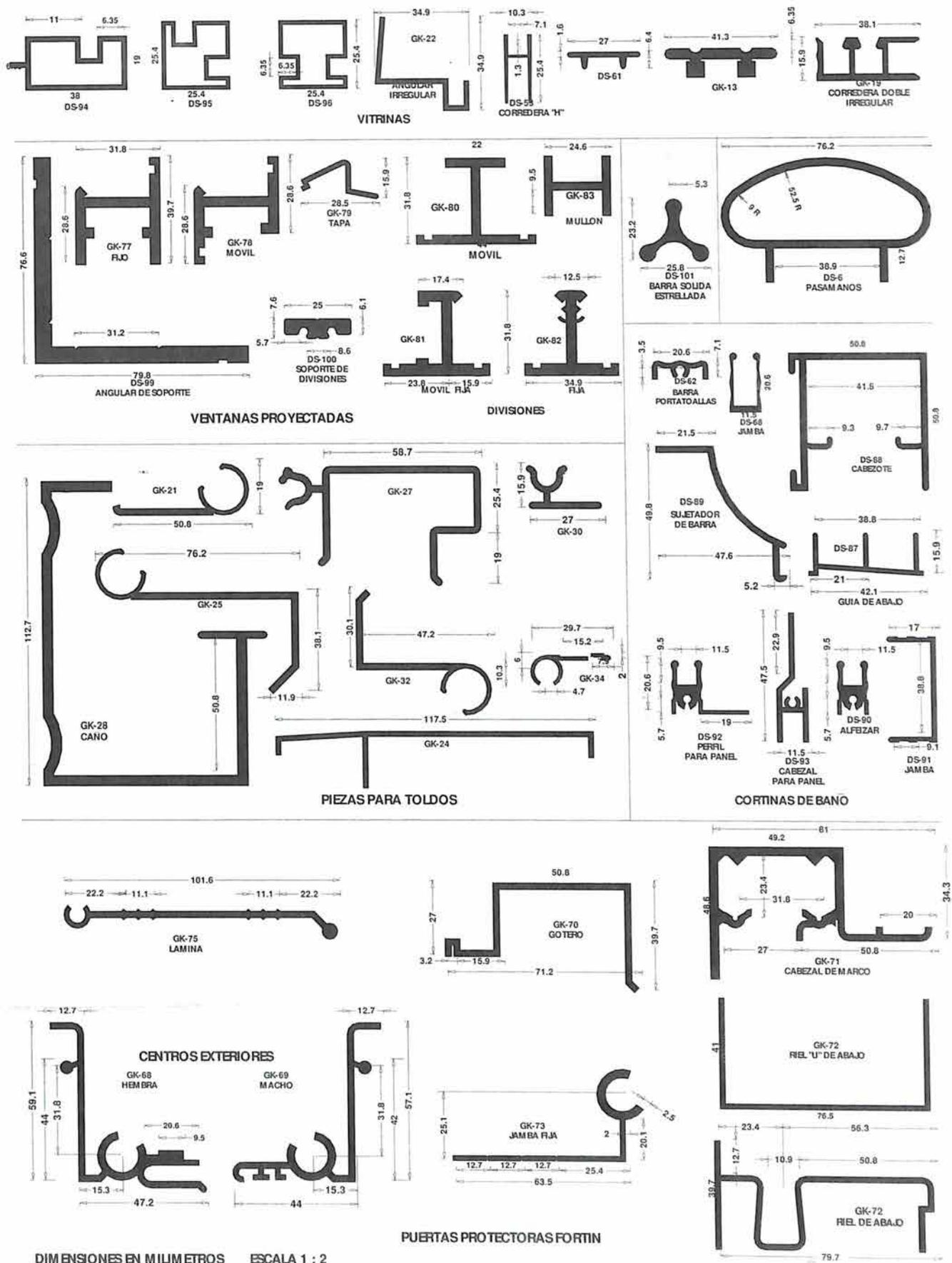


Figura 23.4

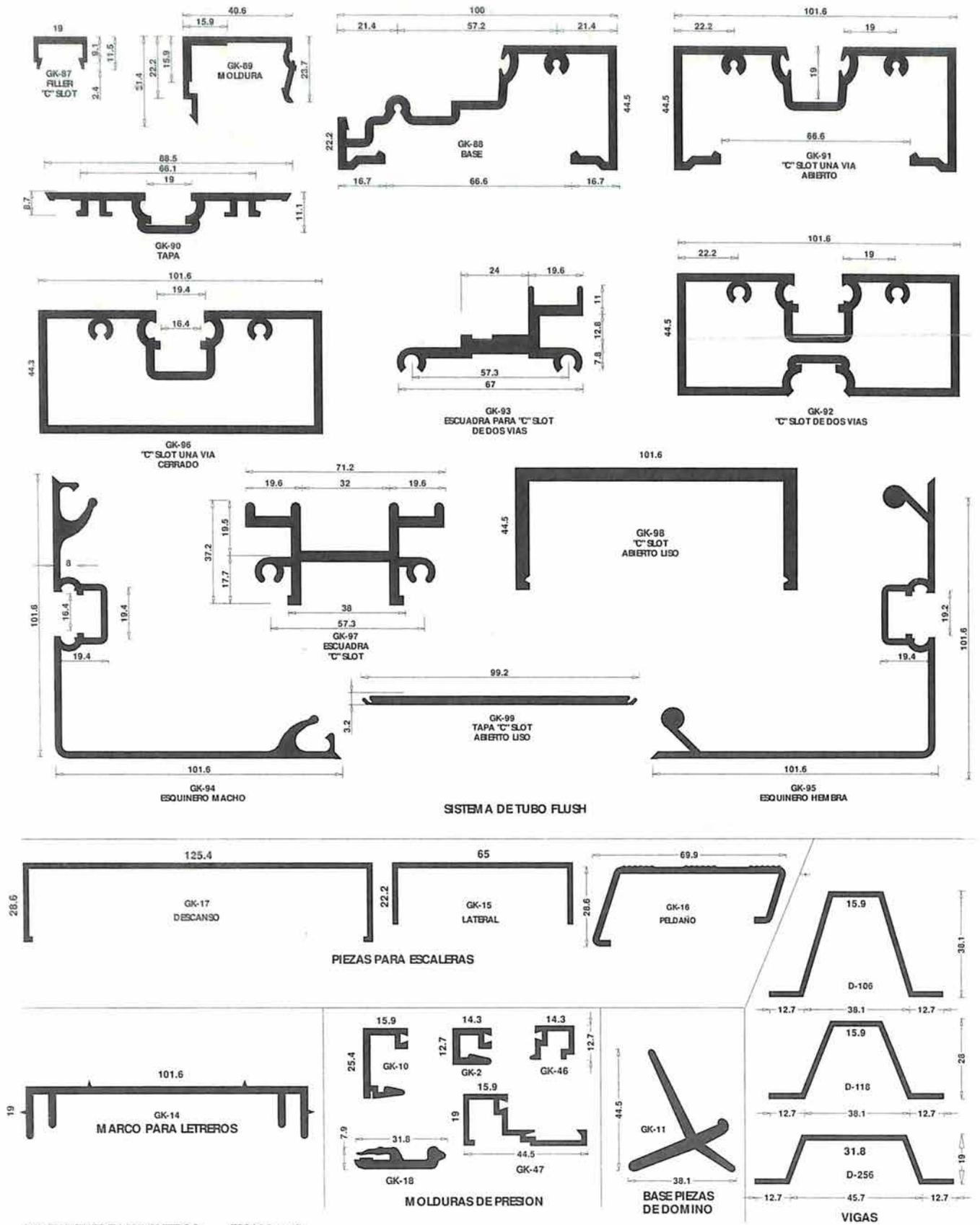


Figura 23.5

23.6 SOLDADURAS

Hay tres tipos generales de soldadura que pueden usarse para unir piezas de aluminio y que dependen del tipo de uso a que vaya a estar sujeto el objeto ensamblado. De baja temperatura (soldering), entre 300 y 400 grados centígrados, a base de estaño y plomo o plata y plomo, sólo actúan como pegamento entre las partes a unir, no resisten esfuerzos y tienen que estar protegidos de la humedad. De temperatura mediana (brazing), entre 600 y 630 grados centígrados, a base de aluminio y silicio, más fuerte que la anterior, pero que tampoco afecta las superficies de unión de las piezas. En ambos casos hay que usar un fundente (flux) especial para proteger las superficies. Finalmente, la soldadura a temperatura sobre los 660 grados centígrados o autógena (welding), derrite el metal de las piezas formando una unión interatómica que es la que ofrece la mayor resistencia.

Puede hacerse con soplete de acetileno o con electrodos, que forman un arco eléctrico con la pieza. En el primer caso hay que usar un fundente especial que impida la formación del óxido de aluminio, que no permitiría la íntima unión de las piezas; en el segundo caso esto se obtiene con el recubrimiento especial de la varilla de soldar. Para evitar esto, industrialmente, se usan electrodos de tungsteno sobre los cuales se proyecta una corriente de gas inerte, como el argón, que excluye el oxígeno del área de la soldadura. No hay que usar fundente en ese caso y la soldadura queda tan limpia y brillante que casi no necesita de terminación. Hay que tomar en cuenta que algunas aleaciones de aluminio no se pueden soldar y que al calentar las piezas, se pierde el temple. El aluminio anodizado nunca se debe soldar porque, inevitablemente, se daña su apariencia.

24. VIDRIO

El vidrio y la piedra han demostrado ser los materiales de construcción más duraderos. Desde los tiempos del antiguo reino de Egipto, 3,000 años antes de Cristo, el hombre ha usado el vidrio transparente o coloreado con óxidos metálicos, como sustituto barato de piedras preciosas o para vasos, urnas y potes de ungüentos, que se han preservado hasta nuestros días. Fueron los romanos quienes comenzaron a darle mayor uso como material de construcción, usando vidrios planos para el cierre de ventanas. En la edad media se difundió su uso en los magníficos ventanales de las catedrales góticas, desde la Abbaye aux Dames de St. Denis hasta una verdadera explosión de figuras y colores en la Sainte Chapelle de París. Paralelamente se desarrollaba en la isla de Murano, en Venecia, una industria floreciente de objetos decorativos, arte que fue difundándose, muy paulatinamente, hacia otros centros de producción en Europa, pasando por Bohemia hasta llegar, en los tiempos modernos, hasta los países Escandinavos.

El vidrio es un material inorgánico, duro, homogéneo e isótropo, frágil, transparente y químicamente inerte. A pesar de ser sólido, su estructura no es cristalina sino amorfa, como los líquidos, por lo cual puede considerarse científicamente como un líquido sobre congelado. Se produce por la fusión, a altas temperaturas, del silicio con algunos materiales alcalinos. Al enfriarse, se debe pasar rápidamente por la temperatura de cristalización para que pueda seguir siendo amorfo, aunque luego sea necesario reducir esta velocidad de enfriamiento en hornos especiales de recalentamiento. El vidrio puede ablandarse de nuevo calentándolo, por lo cual puede catalogarse como **termoplástico**. Normalmente el vidrio es transparente a las longitudes de onda del espectro visible y a las de más alta frecuencia de los rayos infrarrojos, donde deja pasar entre un 85% y un 95% de la radiación recibida, pero es opaco a las infrarrojas de baja frecuencia y a las ultravioleta aunque, por su composición química, hay vidrios especiales que son opacos a la luz visible y transparentes a los rayos infrarrojos o a los ultravioleta.

24.1 COMPOSICIÓN

El vidrio está compuesto por óxidos de silicio (72%), de sodio (15%), ingredientes básicos de los cuales se derivan casi todos los otros tipos de vidrio. El silicio, en forma de óxido (SiO_2) lo suplen las arenas de cuarzo y le imparte dureza, durabilidad y rigidez; el sodio lo suple la sosa (Na_2O) que actúa como fundente y el calcio lo suple la cal (CaO), que le da estabilidad y aumenta su punto de fusión. Además, se agregan innumerables otros materiales, en pequeñas cantidades, que substituyen las anteriores total o parcialmente, o que modifican sus características, como el color, índice de refracción, resistencia a los agentes atmosféricos o la absorción de ciertas longitudes de onda del espectro de la luz. Por ejemplo, substituyendo el sodio (Na_2O) por el potasio (K_2CO_3) se consigue un vidrio más brillante, de mayor viscosidad y resistencia a la meteorización y de más bajo índice de refracción que el vidrio ordinario, produciendo lo que llamamos **crystal de Bohemia**. Si se agrega plomo, en la forma de litargirio (PbO), se consigue un vidrio más denso y brillante, con mayor índice de refracción (Flint Glass). El óxido de hierro produce la coloración verdosa, tan común en las botellas de vidrio, teniendo que agregar bióxido de manganeso (MnO_2) para eliminar ese tinte.

24.2 FABRICACIÓN

Los ingredientes se trituran en molinos hasta pulverizarlos completamente. La mezcla, bien proporcionada, se introduce en la cuba o crisol del horno donde, a temperaturas que van desde los 1,000°C para vidrio de fosfato de cal, hasta los 1,400°C para los corrientes de silicatos de cal. Luego se deja bajar la temperatura a 1,250°C con suficiente rapidez para evitar la vitrificación. En este estado pastoso, se le da al vidrio la forma deseada, sea por el antiguo método del soplado, los sistemas de laminado o el más moderno aún del flotado. Después se enfría lentamente para aliviar las tensiones internas causadas por el enfriamiento rápido e irregular acabado de pasar.

En la antigüedad sólo se conocía el soplado, para lo cual aún se utiliza una larga caña de hierro con la cual se recoge en la punta una masa de vidrio fundido. Soplando, ya a pleno pulmón o por medios mecánicos, se hace expandir esa masa hasta hacer sus paredes tan finas como se desee. Por medio de superficies lisas de piedra o con moldes de acero de dos tapas, se le da la forma requerida con lo cual se pueden obtener desde bombillas y botellas hasta urnas y vasos decorativos. Para obtener vidrio plano por ese método, se conseguía una forma aproximadamente cilíndrica a la cual luego se le cortaban las puntas, se cortaba a lo largo de una generatriz y se enderezaba la superficie cilíndrica sobre una losa plana. Por supuesto, tanto la calidad como las dimensiones de estas piezas dejaban mucho que desear. Se mejoró en algo la calidad del vidrio plano vertiendo la mezcla fundida sobre una superficie lisa e inclinada, ayudando con rolos la distribución y asegurando un grosor uniforme.

A mediados del siglo XIX se desarrollaron los procesos Fourcault y Colburn o Libby-Owens, en los cuales se usa una especie de bote de cerámica, enfriado por agua, con una ranura en el fondo, que se hace flotar en la cuba del vidrio fundido forzando algo del líquido a través de la ranura, al enfriarse se hace suficientemente consistente para ser halado hacia arriba donde unos rolos siguen impulsándolo y ajustándolo al espesor requerido. En el proceso Colburn, al llegar a cierta altura, se calienta y se reblandece de nuevo para hacerlo mover horizontalmente, para que el proceso sea continuo, pasando por un horno de túnel para su recalentamiento. Al final se corta el vidrio a los tamaños requeridos. Estos procesos producen láminas de vidrio con ciertas ondulaciones, las que conocemos como **vidrio ordinario**, que reconocemos en los espejos baratos por las distorsiones producidas en las imágenes reflejadas. Para evitar esa distorsión hay que pulir las láminas por ambas caras, a veces simultáneamente, de modo que terminen siendo lisas y paralelas. Por la dificultad del proceso, no se pueden pulir láminas con espesores menores de ¼" (6.5mm) constituyendo lo que llamamos **lunas pulidas**. Un método que se ha venido difundiendo desde los años 60, es el **vidrio flotado**, desarrollado en Inglaterra por Pilkington Brothers, Ltd. Consiste en hacer flotar la lámina de vidrio pastoso, acabada de salir de los rolos, en un tanque de estaño fundido. La gravedad hace que el espesor del vidrio se uniformice y la superficie lisa y brillante del estaño se transfiere a la del vidrio, terminando con una luna perfectamente pulida, brillante y de caras paralelas. El espesor se gradúa de acuerdo al de la lámina original y a la velocidad con la cual se haga mover dicha lámina sobre la superficie del estaño. Pueden obtenerse gruesos de hasta 3/32" (2.35 mm) por lo cual, con el tiempo, este método acabará por sustituir todos los otros en el mercado.

24.3 CLASIFICACIÓN

De acuerdo al proceso de manufactura, los vidrios usados en la construcción pueden dividirse en moldeados y laminados. En los primeros se incluyen las placas sólidas y los bloques de vidrio, Los segundos pueden ser corrientes, con superficies ligeramente onduladas; pulidos o flotados, de caras lisas y paralelas; impresos, en los cuales los rolos imprimen bajorrelieves a una de las caras para hacerla más decorativa, aunque translúcida. Entre estos últimos están los martillados, tan usados en las ventanas de celosías, los estriados, los del tipo catedral, etc. Posteriormente también se le puede dar una terminación translúcida al vidrio con el esmerilado, que consiste en desgastar la superficie con un chorro de arena fina o esmeril, impulsado por una corriente de aire. Con este método, enmascarando áreas que no se

quieren afectar, se consiguen efectos muy decorativos. Los vidrios planos pueden también ser curvados por medio del calor, pero sólo se hace en los centros principales de manufactura y es necesario suministrar, con suma precisión, todas las dimensiones y radios de curvatura al colocar la orden.

24.4 DIMENSIONES

Es claro que los paneles de vidrio mientras más delgados más susceptibles son de rotura. El tamaño máximo que se puede conseguir, para cada grueso, viene dado en la siguiente tabla:

Grueso		Tamaño		Grueso		Tamaño	
pulg	mm	pulgadas	metros	pulg	mm	pulgadas	metros
3/32	2,5	48 x 84	1.22 x 2.13	3/8	10	120 x 204	3.05 x 5.18
1/8	3	72 x 120	1.83 x 3.05	1/2	12	120 x 204	3.05 x 5.18
5/32	4	96 x 120	2.44 x 3.05	5/8	15	120 x 180	3.05 x 4.57
36600	5	120 x 120	3.05 x 3.05	3/4	19	120 x 204	3.05 x 5.18
1/4	6	128 x 204	3.05 x 5.18	7/8	22	120 x 204	3.05 x 5.18
36661	8	124 x 200	3.05 x 4.57				

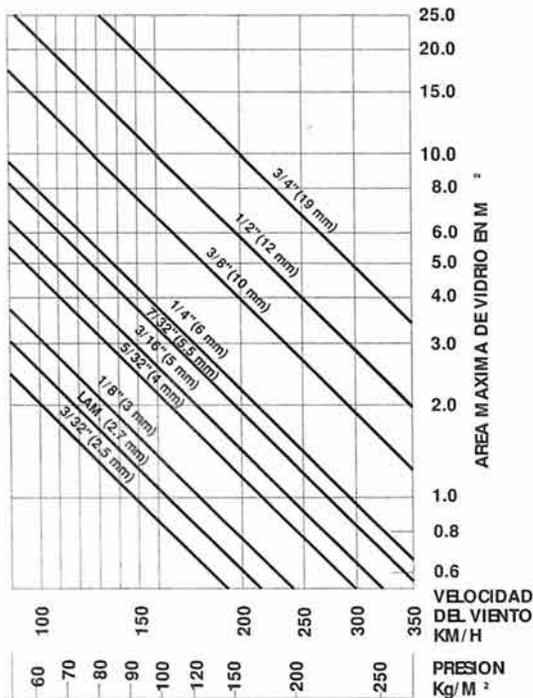


Figura 24.1

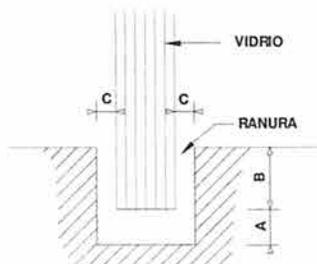


Figura 24.2

Los vidrios de 2.5 mm se denominan sencillos, los de 3mm semi-dobles y los de 4 mm dobles.

Los paneles de vidrio ubicados en los muros exteriores, están sujetos a presiones del viento. En nuestro país, donde azotan de vez en cuando fuertes huracanes con velocidades de viento que superan los 200 km/h, se hace necesario tomar en cuenta las áreas máximas que pueden tener dichos paneles cuando están soportados en sus cuatro lados. Esto, por supuesto, no toma en cuenta la posibilidad de impactos con objetos sólidos como piedras, cocos o gruesas ramas de árboles, contra los cuales la única protección consiste en erigir barreras de madera o de metal. Hay que tomar en cuenta también la profundidad de la ranura donde se asegura el vidrio, que debe tener la holgura suficiente para permitir la expansión y la mordida adecuada para que, aun cuando el vidrio se flexe bajo la presión del viento, nunca llegue a salirse.

La Figura 24.1 muestra las áreas máximas admisibles para los diversos gruesos de vidrio, sujetos a las presiones y velocidades que muestran las ordenadas. En la Figura 24.2 y en la tabla siguiente se muestran la holgura, el ancho y la profundidad que deben tener las ranuras perimetrales que soportan la lámina de vidrio.

Grueso		A Holgura de borde		B Mordida		C Holgura lateral	
pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
3/32	2,4	1/8	3,2	1/4	6,4	1/16	0,6
1/8	3,2	1/8	3,2	1/4	6,4	1/8	3,2
5/32	4	3/16	4,6	5/16	7,9	1/8	3,2
3/16	4,8	3/16	4,6	5/16	7,9	1/8	3,2
1/4	6,4	1/4	6,4	3/8	9,5	1/8	3,2
3/8	9,5	5/16	7,9	7/16	11,1	3/16	4,8
1/2	12,5	3/8	9,5	7/16	11,1	1/4	6,4

24.5 VIDRIO INASTILLABLE

Una de las desventajas del vidrio es su fragilidad. Al romperse por algún golpe, expansión por cambios de temperatura o presión del viento, el vidrio se fragmenta en astillas puntiagudas que pueden herir, o matar, a las personas sobre las cuales caen. Ésto se resuelve usando **vidrios inastillables**, que pueden ser de tres clases: **armados, tratados al calor o laminados**. Los primeros se fabrican con una malla de alambre en el centro de su espesor a la cual, después de un impacto, los pedazos de vidrio quedan firmemente adheridos. La malla puede tener celdas hexagonales, hechas con alambre galvanizado, como las telas de gallinero, aunque de menor tamaño o pueden ser cuadrículadas, generalmente con alambre de acero inoxidable, de mucho mejor aspecto.

El vidrio tratado al calor, de acuerdo a las temperaturas alcanzadas y al proceso de enfriamiento, se consigue en dos tipos: los que se denominan sencillamente **tratados al calor** (heat treated) y los **templados**. Los primeros son dos veces más resistentes a las cargas que los vidrios corrientes, pero se rompen de modo similar y son tan peligrosos como éstos; las lunas templadas, en cambio, se rompen convirtiéndose en bolitas blancas inofensivas. El temple es una especie de postensado que induce esfuerzos de compresión en las caras y de tracción en el centro, lo que cuadruplica la resistencia y la dureza de las lunas.

El tercer método produce los **vidrios de seguridad** o laminados, que consiste en interponer películas de polibutileno, que permanecen siempre plásticas, entre dos o más láminas de vidrio. En caso de rotura, los pedazos se adhieren al plástico sin ofrecer peligro alguno. Con este mismo proceso, aumentando el número de capas hasta llegar a espesores de 3 pulgadas (7.5 cms.) o más, se consiguen los vidrios llamados "**a prueba de balas**" usados para proteger cajeros de banco, automóviles de dictadores o gobernantes no muy seguros de su popularidad. Los vidrios laminados, por su flexibilidad, funcionan también como barreras de sonido, especialmente en las bajas y en las altas frecuencias. Los vidrios armados y laminados pueden ser recortados a los tamaños deseados; los templados y los que son a prueba de balas tienen que ser fabricados a la medida, y los agujeros requeridos para cualquier herraje deben ser perforados antes del proceso de templeado.

24.6 EXPANSIÓN TÉRMICA

Como casi todos los materiales el vidrio se expande al aumentar su temperatura. Su coeficiente de expansión térmica, dependiendo del tipo de vidrio y su composición química, varía entre 5.6 y 14×10^{-7} , bastante menor que el de los metales; pero, debido a su fragilidad, hay que dejar suficiente holgura en todos los bordes para que las restricciones no generen compresiones que el vidrio no pueda soportar.

Como veremos más adelante, para lunas grandes, ésto se consigue rellenando con materiales elásticos en los bordes, que cedan ante las expansiones del vidrio.

24.7 TRANSMISIÓN DEL CALOR

El vidrio puede transmitir el calor por conducción y por radiación. Es bastante mal conductor del calor pero, por su poco espesor, cualquier tipo de vidrio deja pasar muchas más calorías que cualquier muro de mampostería. Sin embargo, el problema más grave en nuestras latitudes, es que deja pasar los rayos infrarrojos de onda corta, que provienen directamente del sol y en cambio no deja pasar los de longitudes más largas, re-irradiados por los materiales y objetos que quedan dentro de las edificaciones. Ésto se llama **efecto de invernadero**, utilizado en los países de la zona templada para cultivar plantas tropicales, durante todo el año, en recintos recubiertos de vidrio. Los vidrios entintados en bronce, verde y gris absorben algo más de calor, disminuyendo su transmisión, pero disminuyen también la visibilidad, producen mayores expansiones y, eventualmente, transmiten hacia el interior parte del calor absorbido. A la vanguardia de esta tecnología está la manufactura de láminas de materiales plásticos que, en combinación con los vidrios, forman barreras de baja emisividad (*low-e glass*). Los mejores resultados se obtienen con dos placas de vidrio, formando una cámara de aire, o de gases inertes, completamente sellada, en el centro de la cual se coloca la lámina de dicho plástico. De este modo se bloquea la mayoría de los rayos infrarrojos de todas las ondas, así como los ultravioleta, que causan el cáncer de la piel y otros problemas de salud y que decoloran los pigmentos de las pinturas y telas. Estos vidrios afectan muy poco el espectro visible de la luz, de manera que apenas disminuyen la visibilidad. Sólo así, pero a un costo muy elevado, se puede equiparar la resistencia al paso del calor de los grandes huecos vidriados con el resto de los muros de mampostería.

Otra manera de combatir el paso de la radiación se consigue depositando, en una de las caras del vidrio, una finísima película altamente reflectiva de óxidos metálicos; de acero cromado, de titanio o de bronce. Este vidrio es transparente en la dirección que va hacia el lado más iluminado, y refleja las imágenes, como si fuera un espejo, desde la otra; obviamente, el hecho de que haya reflejos indica que se rechaza parte de las ondas del espectro visible, lo que causa algún oscurecimiento de la visual hacia el exterior. Combinando vidrios absorbentes con películas de baja emisividad y con otras reflectivas se consiguen disminuciones notables en la transmisión del calor por radiación, comparados con los vidrios claros sencillos.

24.8 VIDRIO AISLANTE

Para disminuir la transmisión de calor por conducción a través del vidrio se recurre a los **vidrios aislantes** formados por dos, y en casos muy extremos tres, láminas de vidrio separadas por cámaras de aire completamente seco, cuyos bordes han sido cerrados con una combinación de lámina metálica, selladores plásticos y polvos desecantes para mantener el aire encerrado entre los vidrios total y permanentemente aislado del aire exterior. Mejores resultados se han conseguido substituyendo el aire con gases nobles como el argón, el kriptón y el xenón, aunque con un notable aumento de precio. Ambas láminas de vidrio deben ser del mismo grueso pero pueden ser de distinta composición, ya sean claros, coloreados, absorbentes del calor o reflectantes. Los espacios entre un vidrio y otro pueden ser de $\frac{1}{4}$ " (6.4 mm) o de $\frac{1}{2}$ " (12.3 mm). Mejor resultado se ha obtenido colocando en el centro de la cámara de aire una película transparente a la luz visible pero de baja emisividad en las otras ondas, como mencionamos en el párrafo anterior. El uso de vidrios aislantes se justifica en las zonas donde la temperatura ambiente desciende por debajo de 0°C . El flujo de calor hacia afuera, que es proporcional a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, se hace crítico cuando esa diferencia pasa de 20°C . Estos

vidrios no se justifican en nuestras latitudes porque esas diferencias no pasan de los 10°C hacia un lado o hacia el otro.

24.9 BLOQUES DE VIDRIO

Son bloques huecos formados por dos mitades de vidrio prensado, fundidas en una sola pieza, Figura 24.12. Son translúcidos y vienen en gruesos de 3 1/8" (79 mm.), de 3 7/8" (98.4 mm) o bloques sólidos de 3" (76.2 mm). El calor necesario para fundir las juntas crea un vacío parcial en el espacio encerrado, lo cual los hace buenos aislantes tanto del calor como de los ruidos. Los paramentos de los bloques son relativamente lisos pero sus caras interiores se moldean formando figuras, ya puramente decorativas o prismáticas. Estas últimas refractan los rayos de la luz incidente cambiando el ángulo en el cual penetran los recintos, proporcionando mejor iluminación a las áreas más alejadas de las paredes exteriores. Se fabrican en bloques cuadrados de 5 3/4" (14.6 cm), 7 3/4" (19.7 cm) ó 11 3/4" (29.9 cm), estos últimos sólo para gruesos de 3 7/8" (9.84 cm). También hay bloques rectangulares de 3 3/4" x 7 3/4" (9.5 x 19.7 cms) y de 5 3/4" x 7 3/4" (14.8 x 19.9 cm). Cambiando el espesor de las juntas verticales entre una cara y la otra se pueden conseguir superficies curvas con un radio mínimo de 52 1/2" (1.33 m) para los bloques de 6", 69" (1.75 m) para los de 8" y 102 1/2" (2.60 m) para los de 12". También se fabrican bloques curvos, en cuarto bocel, cuyo radio interno es igual al grueso del bloque.

24.10 INSTALACIÓN

Los vidrios siempre deben ser instalados de modo que puedan ser reemplazados en caso de rotura. Esto quiere decir que una parte del cierre de la ranura que retiene el vidrio debe ser removible. Es mejor, desde el punto de vista de la estanqueidad, que la parte removible quede hacia afuera. Las holguras que se muestran en la Figura 24.2 deben rellenarse con materiales lo suficientemente flexibles para permitir la expansión del vidrio y lo suficientemente adhesivos al vidrio y al material de la ranura para no permitir el paso del agua. Para áreas relativamente pequeñas se puede colocar el vidrio directamente sobre el fondo de la ranura y retenerlo solamente con masilla. Este es el caso para las ventanas de acero, Figura 24.3 y de madera, Figura 24.4. En ambos casos se requiere primero masillar la parte de atrás del vidrio, retener éste con clips o puntillas y terminar de masillar la parte exterior.

La Figura 24.5 muestra un vidrio aislante montado en un marco fijo de madera, con el espacio entre el vidrio y la ranura relleno con una cinta de neopreno, que es un caucho artificial. Si la dimensión horizontal sobrepasa el metro, el vidrio no debe apoyarse directamente sobre el fondo de la ranura sino que se colocan dos taquetes de madera, de goma o de plástico ubicados en los puntos correspondientes a 1/4 y 3/4 de la dimensión horizontal. Las Figuras 24.6 y 24.7 muestran las piezas de carpintería de aluminio usadas para vitrinas fijas. La pieza móvil en la Figura 24.6, marcada como GK-47 en el catálogo de Aluminios Dominicanos, entra a presión en la GK-46 (Figura 23.5), mientras que el ribete GK-12 (Figura 23.2), en la Figura 24.7, se fija con tornillos tirafondo de aluminio. Las plantas representadas en las Figuras 24.8 y 24.9 muestran la unión de piezas de vidrio directamente unas con otras, sin ayuda de piezas metálicas, usando silicona estructural. El mullón de vidrio de 3/8" mostrado en la Figura 24.9 generalmente se cuelga de la parte superior, dejándolo libre en la inferior, para permitirle libertad de expansión y movimiento.

La Figura 24.11, que puede usarse tanto para representar una planta como una sección, muestra una combinación de aluminio y silicona estructural para retener el vidrio; el aluminio prácticamente desaparece del exterior dando la apariencia de una superficie plana compuesta exclusivamente de vidrio. La Figura 24.10 muestra unas secciones de neopreno que sirven a la vez de mullón, soporte e impermeabilizante; la tira que se muestra a la derecha se inserta después de colocado el vidrio, con un aparato idóneo, de modo que quede bien apretada. Las esquinas pueden hacerse redondeadas, amoldando a ellas la sección de neopreno, o pueden cortarse en un ángulo de 45° para esquinas a escuadra. La proyección donde se agarran las piezas perimetrales puede ser de concreto, como se muestra en la figura, o metálicas y de diferentes gruesos.

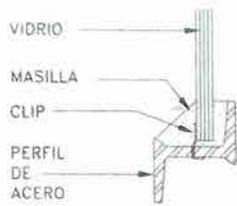


Figura 24.3

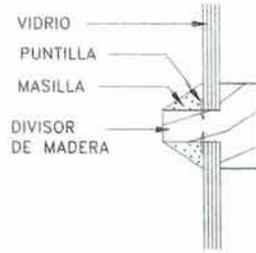


Figura 24.4

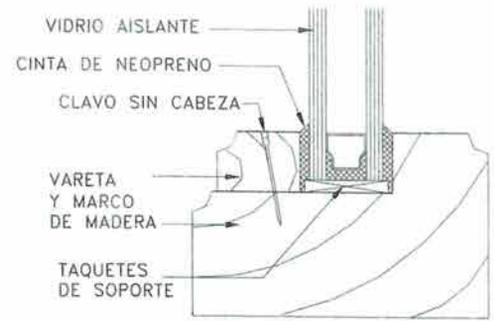


Figura 24.5

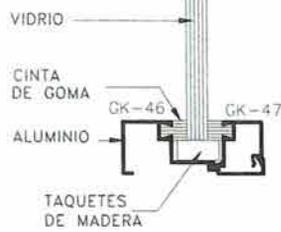


Figura 24.6



Figura 24.7

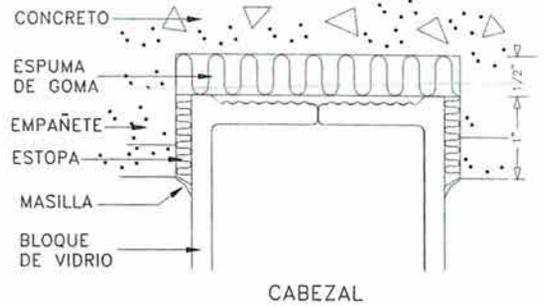


Figura 24.8

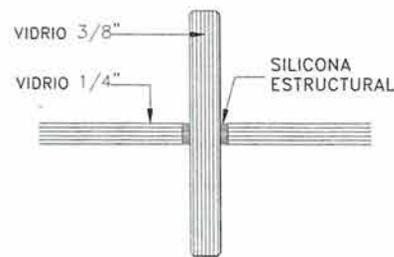


Figura 24.9

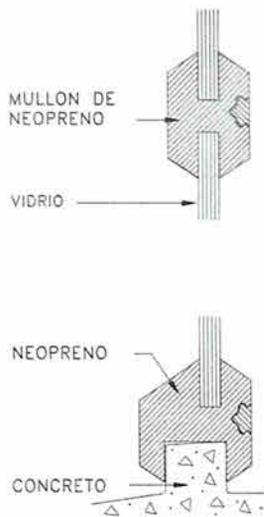
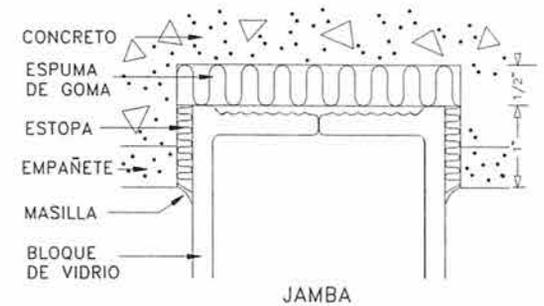


Figura 24.10

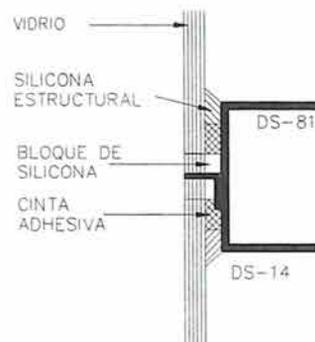


Figura 24.11

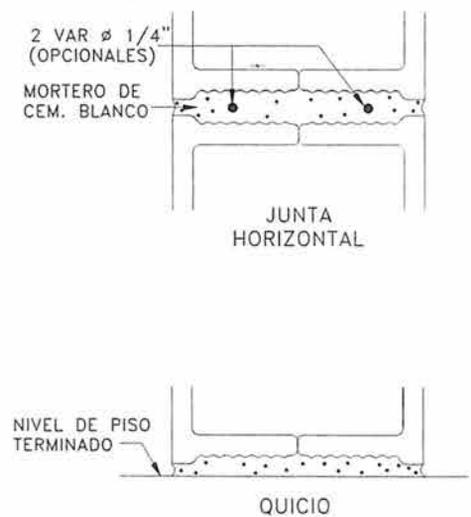


Figura 24.12

Escala 1:2

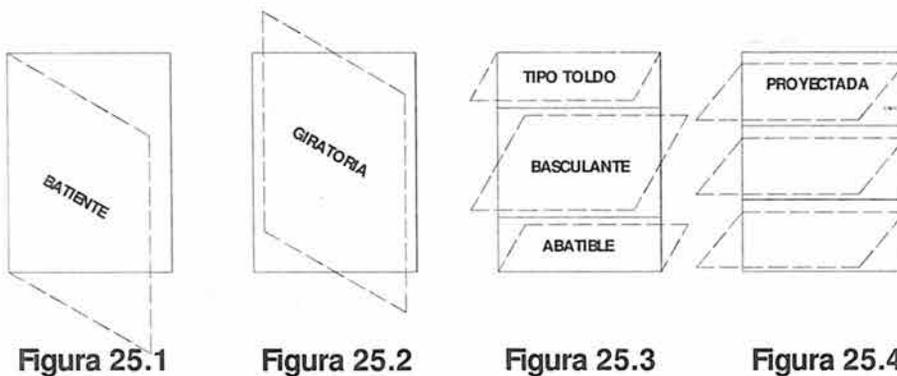
24.11 AISLANTES TÉRMICOS

Con el vidrio como materia prima se consiguen dos materiales excelentes como aislantes térmicos: la **espuma de vidrio** (foamglass) y los **colchones de fibras de vidrio** (fiberglass mats). El primero se obtiene agregándole a la masa de vidrio fundido sustancias que producen diminutas celdillas de gas que ofrecen gran resistencia al paso del calor. Este producto, que flota en el agua, viene en placas de diversos gruesos, es lo suficientemente resistente como para poder caminar sobre él sin ser deformado y es el único aislante térmico que no es afectado por la humedad. También vienen en secciones semicilíndricas, de diversos gruesos y diámetros, que se utilizan para aislar tuberías para conducir vapor, agua caliente o refrigerada. Las fibras de vidrio se hilan en aparatos centrifugadores especiales cuyo estirado aumenta considerablemente la resistencia del vidrio a la tracción. Con estas fibras se forman colchonetas más o menos rígidas, de diversos espesores, a veces recubiertas en una o en ambas caras con láminas de papel, de vinilo o de aluminio. Las fibras de vidrio son tan flexibles y resistentes que se utilizan para fabricar telas para vestidos y, sobre todo, para la confección de cortinas incombustibles. Sin embargo, el contacto de las fibras de vidrio con la piel puede producir reacciones alérgicas en algunas personas, por lo cual se recomienda el uso de guantes y camisas de mangas largas cuando haya que manejarlas.

25. VENTANAS

Las ventanas son elementos arquitectónicos cuyas funciones principales son las de proveer ventilación e iluminación a los locales. Una tercera función es la de proveer visuales hacia el exterior y hacia el interior, lo que ha de enfocarse tanto desde el punto de vista práctico como del psicológico. Los huecos son una parte muy importante en la composición de las fachadas por lo cual también tenemos que tomar en cuenta la parte estética al dimensionar y distribuir las ventanas. Estas constan de un marco, que es la parte fija que va unida al hueco del muro y las hojas que se mueven de diversas maneras para controlar la apertura. Una buena ventana, cuando está cerrada, debe impedir la entrada de la lluvia, aun cuando ésta venga impulsada por fuertes vientos; ofrecer suficiente protección contra entradas forzadas; proveer aislamiento térmico y acústico; poderse abrir y cerrar con un mínimo esfuerzo. Las hojas que abren hacia afuera ofrecen mejor protección contra la lluvia. En los países fríos es muy importante que el cierre sea hermético para impedir la entrada de corrientes de aire frío y el escape del costoso aire caliente del interior.

Las ventanas se pueden clasificar de acuerdo al material de que están hechas: madera, hierro, aluminio o plástico, solos, combinados entre sí o con áreas de vidrio. Las hojas pueden ser fijas o movibles. Estas últimas pueden ser deslizantes o giratorias, las cuales, a su vez, se clasifican de acuerdo a la ubicación de su eje de giro. Cuando éste es vertical y se ubica en uno de los bordes de la hoja, se denominan **batientes**, Figura 25.1, y **giratorias**, Figura 25.2, cuando está en el centro. Si el eje es horizontal y se encuentra en el tope de la hoja, son **tipo toldo**, si en el centro, **basculantes** y si en el borde inferior, **abatibles**. Figura 25.3. Las de **celosía**, Figuras 25.9 y 25.10, son una variedad de las basculantes con un gran número de hojas o lamas que giran simultáneamente. Las **proyectadas**, Figuras 25.4 y 25.12, giran de igual modo que las de tipo toldo pero, al mismo tiempo, se deslizan verticalmente dejando un hueco en la parte superior, que facilita la limpieza de la hoja, éstas pueden girar individualmente o combinadas en grupos y, en caso de que estén muy altas, pueden abrir y cerrarse con operadores de cadenita.



Las de hojas **deslizantes** se denominan **de corredera**, si se mueven horizontalmente y **de guillotina** cuando el desplazamiento es vertical. Ambas tienen el inconveniente de que sólo dejan $\frac{1}{2}$, o quizás $\frac{2}{3}$, del hueco libre para la ventilación; pero, en cambio, son las ventanas cuyo perímetro ofrece el mejor cierre contra las infiltraciones de aire, por lo cual son muy usadas, especialmente las de guillotina, en los países fríos. Para facilitar su desplazamiento vertical, vienen provistas de resortes o contrapesos, ocultos en el marco. En algunas, las hojas son removibles para poder limpiar su cara exterior, ya que esto constituye una de las desventajas de las ventanas deslizantes.

25.1 VENTANAS DE MADERA

Las ventanas de madera son económicas, se pueden fabricar de cualquier tamaño y se consiguen cierres bastante herméticos. Tienen las desventajas inherentes a la madera: son susceptibles al ataque de los hongos y de los insectos; el asoleamiento y los cambios de humedad pueden producir alabeos que dificultan su cierre y requieren de una constante inspección y mantenimiento. En los países fríos generalmente se hacen con molduras de doble batiente, Figura 25.5, es decir, la hoja hace contacto con el marco en dos puntos. En nuestras latitudes, donde, como ya dijimos, la diferencia de temperatura del exterior al interior es muy poca, se pueden usar batientes sencillos, Figura 25.6. Ambas figuras representan ventanas batientes de madera, la primera combinada con vidrio ubicada en una pared de madera. Los perfiles se hacen ensamblados con piezas de relativo poco grosor, para economizar madera y a cuyo anverso se le hacen ranuras e indentaciones para evitar el alabeo. La segunda, llamada de madera clavada, está ubicada en un muro de bloques con terminación de empañete, cuyo detalle también puede aplicarse a las puertas clavadas. Este tipo de construcción se usa en las viviendas más económicas. Los clavos se introducen desde el exterior, incluyendo los de las bisagras "T", Figura 28.2 y se les doblan las puntas del lado adentro para hacerlos más seguros. Esto les imparte un ruín aspecto desde el interior, únicamente compensado por el bajo costo y la rapidez de su construcción. Para protección contra la lluvia es conveniente que el dintel tenga un voladizo proyectado en forma parecida a la peana que se muestra en la Figura 25.6.5.2

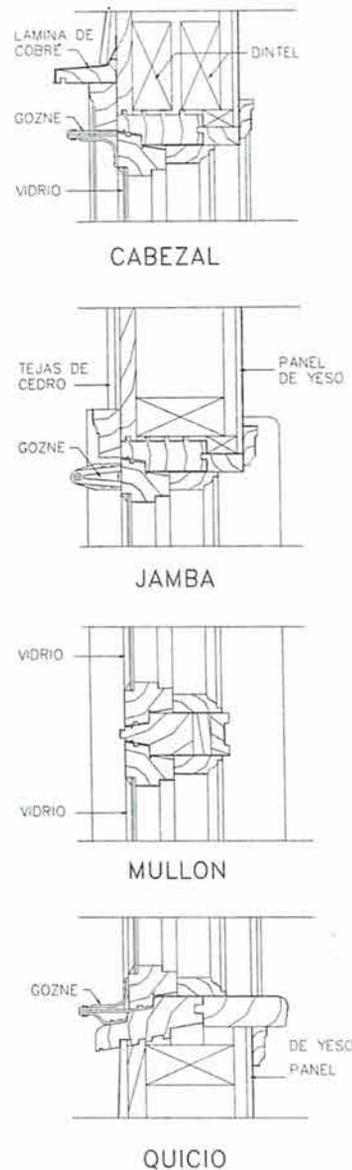


Figura 25.5

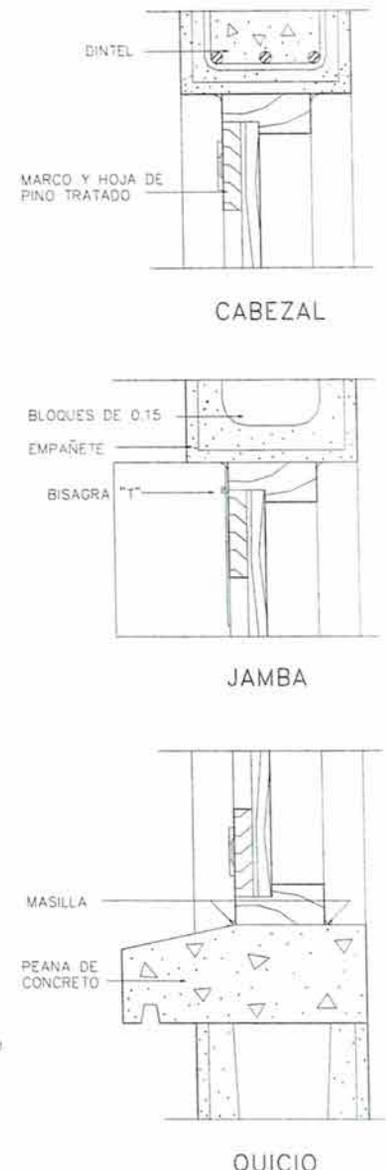
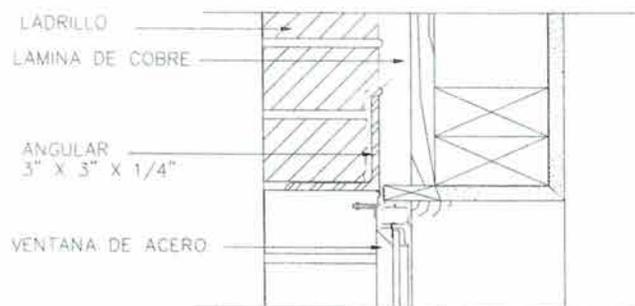


Figura 25.6

25.2 VENTANAS DE ACERO

Existen dos tipos de ventanas de acero: las sólidas, formadas con perfiles de acero hechos en caliente con rolos especiales, Figuras 24.3 y 25.7 y las que están hechas con láminas de acero, palastro, que se doblan para darles la forma requerida, Figura 25.8. Las primeras nunca han sido importadas ni se han fabricado en el país; en este tipo, las llamadas de seguridad, se construyen con los barrotes tan cerca unos de otros que pueden usarse en lugares de detención como cárceles u hospitales psiquiátricos y podrían sustituir aquí las ubicuas rejas. De las segundas se fabrican normalmente ventanas de celosías y batientes, por pedidos especiales.

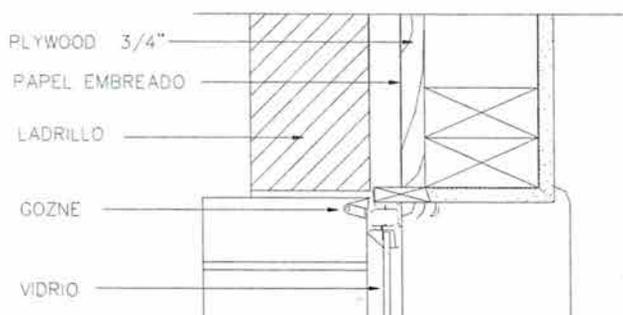
Las ventanas de acero tienen la ventaja de una alta resistencia, pero son susceptibles de oxidación, por lo cual requieren de un riguroso programa de mantenimiento. A los pivotes de las bisagras de libro deben dárseles puntos de soldadura cuando están hacia el exterior, como los de la Figura 25.8, para asegurarse de que no puedan ser removidos.



CABEZAL



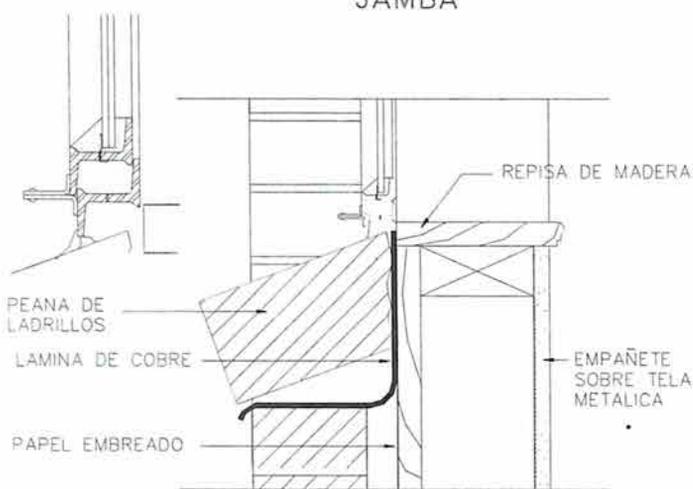
CABEZAL



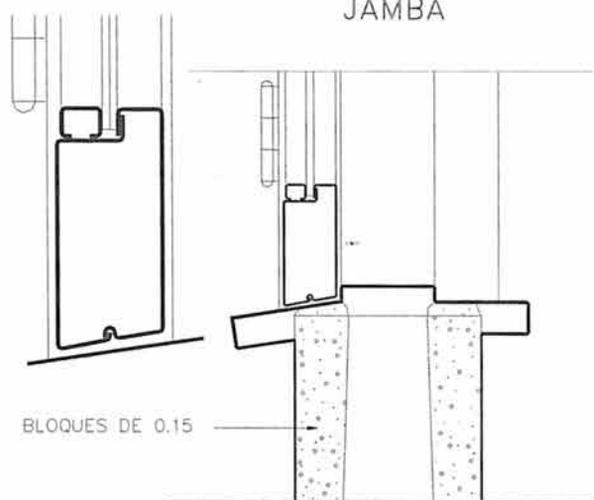
JAMBA



JAMBA



QUICIO



QUICIO

Figura 25.7

Figura 25.8

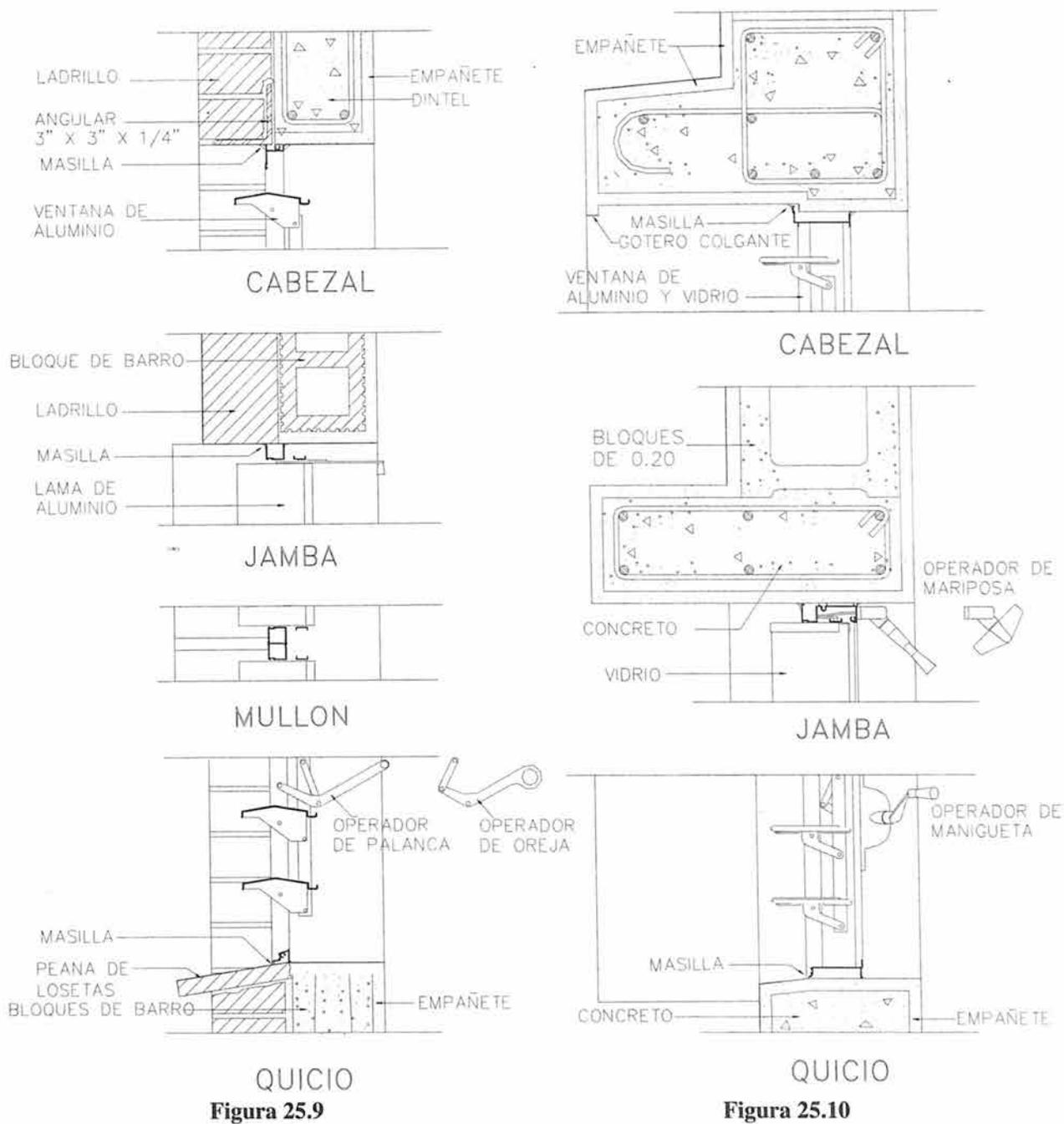


Figura 25.9

Figura 25.10

25.3 VENTANAS DE ALUMINIO

Son las más usadas en el país, especialmente las de celosías. El alto costo inicial y, sobre todo, la necesidad de darle mantenimiento a la madera expuesta a los agentes atmosféricos han desplazado este material en la fabricación de ventanas, a pesar de que las de madera ofrecen una mejor protección contra la entrada forzada que las de aluminio. Las ventanas de celosías más económicas son la tipo "A", con láminas de aluminio de terminación natural y con operador de palanca, Figura 25.9. Se consiguen terminadas en lacas blancas horneadas o, en pedidos especiales, en otros colores. Las de láminas de vidrio, tipo "AA", Figura 25.10, son más costosas y, aun cerradas, dejan penetrar el agua cuando está impulsada por fuertes vientos. Pueden ser de vidrio liso o martillado, ya sean transparentes o de color bronceado. Los operadores de mariposa han probado ser más duraderos que los de manigueta, aunque son un poco más difíciles de manipular.

La distancia entre lamas de las ventanas de celosías se ha normalizado en la industria de modo que la altura en metros de los huecos de ventana depende exclusivamente del número de lamas, de acuerdo a la fórmula:

$$h = (8.9 \times n) + 4.3$$

donde h es la altura de la ventana en centímetros y n es el número de lamas. La siguiente tabla nos da las alturas de ventanas entre 3 y 29 lamas.

Lamas	Metros	Pulgadas	Lamas	Metros	Pulgadas	Lamas	Metro	Pulgadas
3	0.3101	12¼	12	1.110	43¼	21	1.910	75¼
4	0.400	15¾	13	1.200	47¼	22	2.000	78¼
5	0.488	19¼	14	1.288	50¼	23	2.088	82¼
6	0.578	22¼	15	1.377	54¼	24	2.177	85¼
7	0.666	26¼	16	1.466	57¼	25	2.166	89¼
8	0.755	29¼	17	1.555	61¼	26	2.355	92¼
9	0.844	33¼	18	1.645	64¼	27	2.444	96¼
10	0.933	36¼	19	1.733	68¼	28	2.532	99¼
11	1.022	40¼	20	1.822	71¼	29	2.622	103¼

Para el ancho de las hojas de ventana es conveniente usar múltiplos de 5 cms. pues es más fácil conseguirlas ya hechas a estas medidas. Nunca deben sobrepasar un metro de ancho ya que tanto las lamas de aluminio como las de vidrio sufrirían deformaciones excesivas. Si en la obra hay un considerable número de huecos iguales de ventanas, es conveniente fabricar una plantilla bastante rígida, con tubulares de aluminio, para probar el cuadro y las dimensiones de las mochetas empañetadas tan pronto las termine el albañil. Con eso se evitan engorrosas picaderas y embones cuando se vayan a instalar las ventanas.

Los marcos se ensamblan por medio de tornillos tirafondo que atraviesan el cabezal y el quicio, para agarrarse en las ranuras casi cilíndricas que se encuentran a todo lo largo de las jambas (ver perfil GK-60, Figura 23.3). Las piezas móviles se conectan al marco con remaches. La instalación en el hueco se hace con tornillos y tarugos plásticos. Luego de instalada la ventana es preciso masillar todos los bordes cuidadosamente, tanto por dentro como por fuera. Finalmente se procede a colocar los vidrios, que ya vienen cortados a la medida. Hay que recordar que el aluminio se mancha al entrar en contacto con materiales alcalinos de modo que hay que poner especial cuidado en evitar salpiques de mezcla o de pintura después que se han instalado las ventanas.

Las ventanas corredizas, Figura 25.11, pueden tener hojas grandes de modo que se

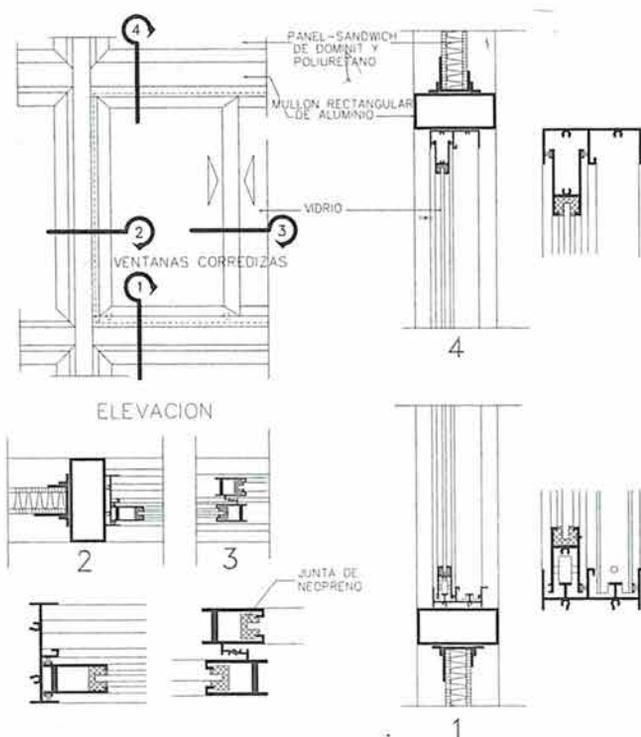


Figura 25.11

puede tener una buena visual hacia el exterior. Pueden ser de dos o de tres rieles y no ocupan espacio del piso ni proyectan hacia el exterior. Tienen el inconveniente de que siempre estará bloqueada por lo menos la tercera parte del hueco. Es necesario proveer agujeros de desagüe hacia el exterior para escurrir el agua que pueda acumularse entre los rieles del quicio. Tienen tiras de fieltro en los puntos de contacto, lo que las hace, cuando están cerradas, más estancas a la penetración del viento o de la lluvia.

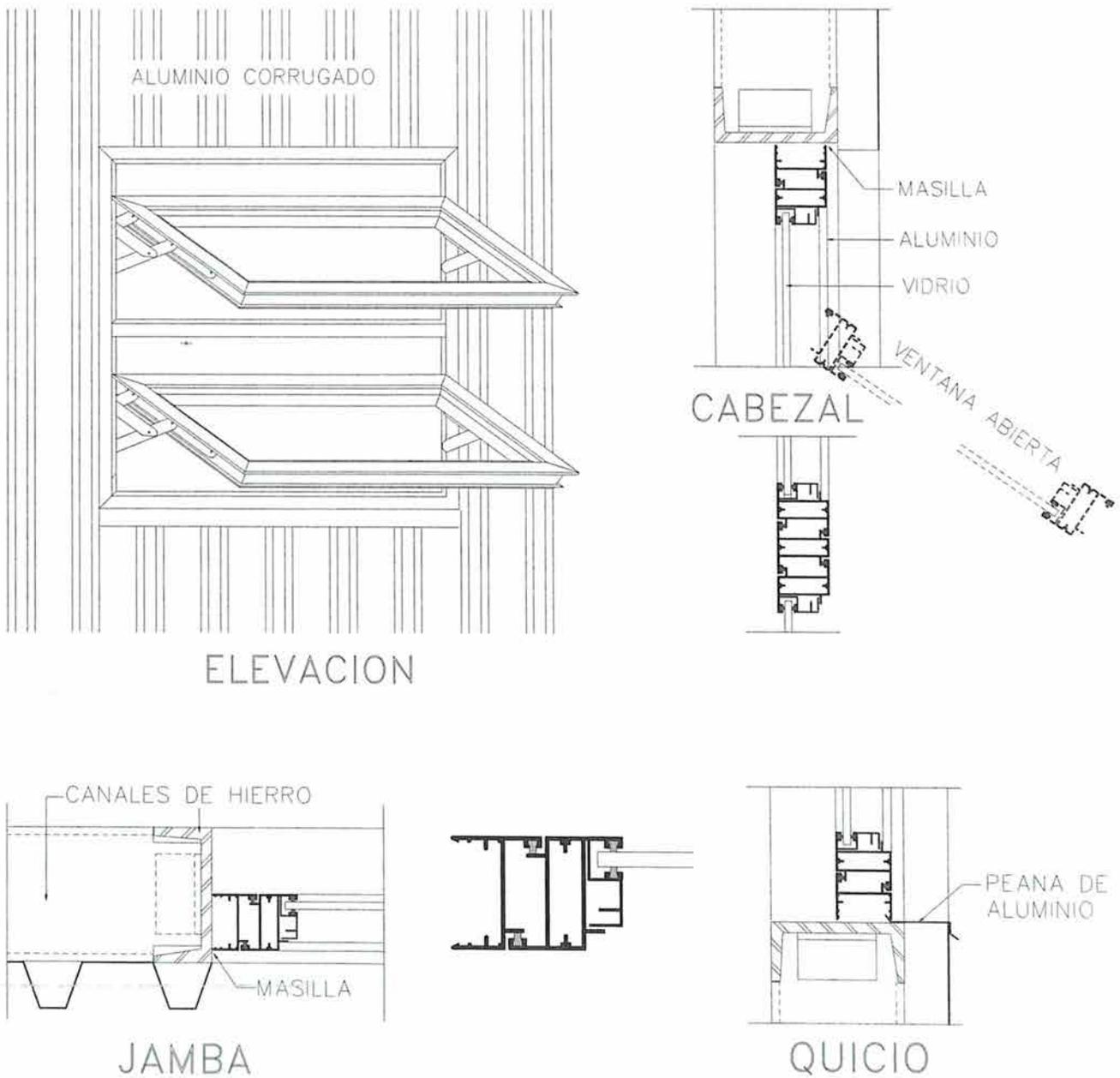


Figura 25.12

26. PUERTAS

Las puertas son los elementos arquitectónicos que permiten el paso entre una habitación y otra, o entre el exterior y el interior de una edificación. Los huecos, o vanos, generalmente rectangulares, deben tener un ancho total de por lo menos 60 cms. y una altura suficiente para poder pasar libremente sin tener que cambiar la postura normal. Constan de un **marco**, que es la parte que se fija al hueco de la pared, y una o varias **hojas**, que forman la parte movable que, según su posición, admite o restringe el paso. Los aparatos que permiten el movimiento de las hojas y que controlan que la puerta pueda abrirse o cerrarse, reciben el nombre colectivo de **herrajes**, los que veremos más adelante. Lo mismo que las ventanas, las puertas, especialmente las exteriores, pueden también contribuir a la iluminación y a la ventilación de los locales.

Las puertas pueden clasificarse de acuerdo a su ubicación como exteriores o interiores, de jardín, de garage, que pueden ser basculantes, Figura 26.3 o de paneles, Figura 26.4; de entrada, etc. De acuerdo a su modo de operar en: rotatorias, corredizas, Figura 26.2 o enrollables, Figura 26.7; plegadizas, Figura 26.5 y de acordeón, Figura 26.6. Las rotatorias pueden ser batientes, Figura 26.1, de vaivén o giratorias, Figura 26.8. De acuerdo al material: de madera, de hierro, de aluminio, de vidrio o combinaciones de varios materiales. También se pueden clasificar de acuerdo a su terminación superficial en: lisas, labradas o apaneladas. En algunos elevadores de carga se usan puertas que se deslizan verticalmente para conseguir que el hueco de la puerta sea igual al ancho de la cabina. El borde de arriba de las hojas inferiores queda a nivel de piso cuando están abiertas, facilitando el paso de la carga.

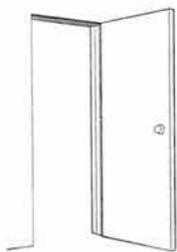


Figura 26.1



Figura 26.2

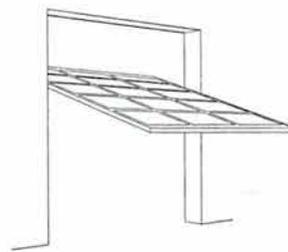


Figura 26.3

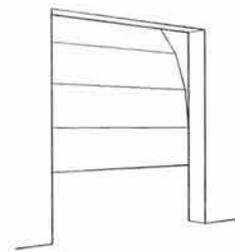


Figura 26.4

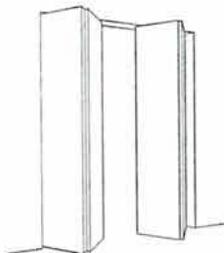


Figura 26.5

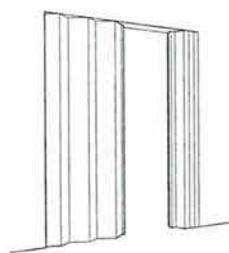


Figura 26.6

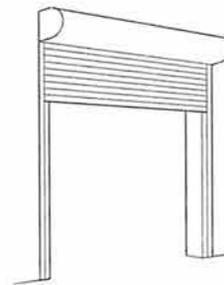


Figura 26.7

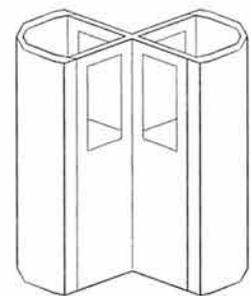


Figura 26.8

Las puertas más usadas son las batientes, que generalmente giran hasta 90° para descansar contra una pared. Si es preciso que abran hasta 180°, hay que colocar el marco al ras con el muro terminado y las bisagras deben proyectar lo suficiente para que la hoja termine paralela al muro, sin que choquen los pomos de las cerraduras. Estas puertas son fáciles de operar, especialmente en casos de salidas de emergencia, pero tienen la desventaja de ocupar, por su recorrido, parte del área útil del piso. Las de corredera no tienen ese inconveniente, pero son más engorrosas de abrir y cerrar y generalmente sólo dan acceso a la mitad del hueco cada vez.

Las puertas plegadizas y las de acordeón operan colgadas de un riel colocado en la parte superior; ocupan poco espacio al abrirse, pero nunca se consigue la seguridad que ofrecen los otros tipos de puertas. También se usan como divisiones móviles con el fin de subdividir espacios grandes con relativa facilidad. Las puertas giratorias están formadas por cuatro hojas que, en planta, forman una cruz de brazos iguales y tienen la ventaja de mantener siempre separados el interior del exterior, conservando así mejor la calefacción o el aire acondicionado. Siempre giran en contra de las manecillas del reloj y cada cuarto de círculo sólo admite una persona, o quizás un adulto y un niño. No cuentan como salidas de emergencia, pero son muy usadas en tiendas y otros sitios con gran tráfico de entrada y salida. Las puertas enrollables, por su pobre aspecto y por su dificultad de operación, sólo se usan en factorías o, durante las noches y días feriados, como protección de vitrinas contra el vandalismo. En estos casos se trata, en lo posible, de ocultar el tambor con plafones o sofítos.

26.1 PUERTAS DE MADERA

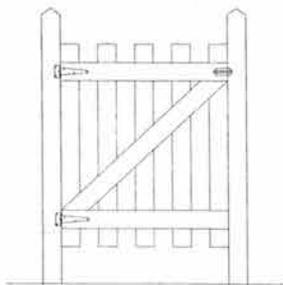


Figura 26.9

Las más sencillas son las puertas de enlats que generalmente se usan en sitios de almacenaje o en enverjados, Figura 26.9. Es importante que el refuerzo diagonal quede en compresión, como se muestra en la figura, ya que la madera y los empalmes trabajan así mejor que a tracción. Estas puertas ofrecen cierto grado de visibilidad hacia el interior y permiten la ventilación aun cuando estén cerradas.

Las puertas de madera clavada son similares, en cuanto a su construcción, a las ventanas ya vistas en el párrafo 25.1 y, como ellas, son económicas, resistentes y fáciles de construir pero, por su aspecto poco terminado, sólo se usan en construcciones rurales o en sitios donde prima la economía.

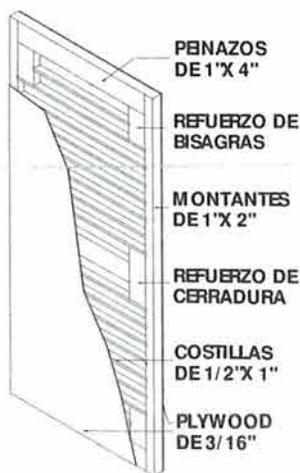


Figura 26.10

Las puertas de plywood, Figura 26.10, se construyen con bastidores formados de peñazos de 1"x 4" y montantes de 1"x 2", con refuerzos en ambos lados donde se han de colocar las bisagras y la cerradura, todo ensamblado con cola y con grapas corrugadas. Se insertan en los montantes costillas horizontales de 1/2"x 1" separadas unos 10 cms. unas de otras. A este bastidor se le encolan a presión sendas planchas de plywood de 3/16" en cada cara. Las planchas de plywood para estos fines se expenden en tamaños de 3'-0" x 7'-0" para evitar los desperdicios que la plancha normal de plywood, de 4'-0" x 8'-0", ocasionaría. En otros países se substituyen las costillas de madera con panales de papel kraft impregnados de resina, consiguiéndose así una considerable rigidez. Estas puertas dan una terminación lisa. Son tan livianas que sólo requieren un par de bisagras, pero solamente pueden usarse en el interior, porque las colas usadas en el plywood y en el ensamblaje son, casi siempre, solubles en agua. Es recomendable usar madera tratada para evitar el ataque de hongos e insectos.

Las puertas sólidas de madera se pueden construir de cuartones de 2"x 6" ó 2"x 8", preferiblemente machihembrados que se unen con cola y con tres pernos de carruaje de ¼" de diámetro, que atraviesan todos los cuartones y cuyo largo total es un poco menor que el ancho de la puerta. Se aprietan las tuercas para que los cuartones queden perfectamente unidos y luego se tapan ambos extremos con tarugos de la misma madera. Para disimular la irregularidad de las juntas, se recurre a ranuras en "V" a ambos lados. Estas puertas resultan bastante pesadas lo que hace necesario usar bisagras de 4", posiblemente con cojinetes de bolas.

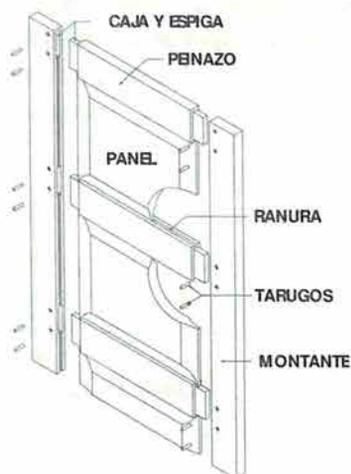


Figura 26.11

El bastidor de las puertas de paneles se hace con cuartones de 2 pulgadas nominales de grueso, que al ser cepillados terminan entre 1½" y 1 5/8". Los montantes y los peñazos intermedios son de 2" x 4", el superior de 2" x 4" ó 2"x 6" y el inferior casi siempre de 2" x 8". Los bordes internos se molduran y se ranuran para recibir los paneles, mientras que las uniones de montantes y peñazos se hacen a caja y espiga, bien encoladas, Figura 26.11. Mejor detalle consiste en atravesar la unión con tarugos de madera dura, para asegurar el anclaje. Sólo la imaginación del que diseña limita la cantidad y forma de los paneles, pudiendo también combinarse, en su parte superior, con paneles de vidrio que permitan la visión o la entrada de luz. En este caso, es necesario proveer una moldura removible por si es necesario reemplazar el vidrio; si la puerta es exterior y expuesta a las lluvias, esta moldura debe estar del lado de afuera, como se indicó en el párrafo 24.10. Esto adquiere dimensiones de obras de arte con las puertas talladas, donde el escultor-artesano ejecuta bajorrelieves

con motivos de exuberante vegetación, o diseños geométricos abstractos, que, hechos con maderas de noble belleza intrínseca como la caoba, el roble o el nogal, enriquecen el acervo cultural de las naciones.

26.2 PUERTAS METÁLICAS

Hay una gran variedad de puertas metálicas en acero, aluminio y bronce que van desde las pedestres puertas de factorías y depósitos hasta las joyas esculturales producidas por genios como Ghiberti en el Cinquecento Florentino o más recientemente, las magníficas puertas de entrada a la catedral de Nuestra Señora de la Altagracia en Higüey. Las más comunes en nuestro país son las puertas de verja, generalmente corredizas, hechas de barras o tubos cuadrados o rectangulares, que ruedan sobre un riel empotrado en el suelo y con uno o más puntos de apoyo en la parte superior. Pueden ser movidas a mano, si no son muy grandes, o con motores eléctricos idóneos, si lo son.

Las puertas de acero para factorías y depósitos se hacen con tolas de acero desde 1/8" hasta ¼" dependiendo del tamaño, soldadas a bastidores de angulares o canales de acero, que les dan rigidez. Generalmente la tola se coloca al exterior. El marco de estas puertas se fabrica también de perfiles de acero, como canales o angulares, a los cuales se sueldan varillas cuadradas para formar los batientes. Aparte del mantenimiento de pintura que estas puertas requieren, son fuertes y duraderas, ofreciendo una gran protección contra la entrada forzada y los abusos del tráfico constante.

En otros países existe un tipo de puerta hecha con madera tratada, forrada con una lámina delgada de acero. Se denominan **kalamein** y se usan en sitios donde se requiera alguna protección contra incendios. Aquí sí se fabrican las lisas y huecas, hechas de lámina de acero calibre 16, denominadas en inglés **hollow metal doors**. Donde deba haber una barrera contra incendio, como en las escaleras requeridas o donde se almacenen sustancias combustibles, es preciso usar

marcos y puertas metálicos, rellenas, éstas últimas, con materiales incombustibles; son importadas y vienen con un sello de los Underwriters Laboratories (UL) especificando el tiempo que resisten las altas temperaturas normalizadas que dichas pruebas requieren. Las de sello tipo "A" resisten hasta 3 horas, las de tipo "B" hasta 1 ½ horas y las de tipo "C" hasta ¾ de hora. El herraje de estas puertas tiene que ser especial, incluyendo cerradores automáticos, y todo también debe ser el aprobado por UL. Las puertas tipo "A" se usan en los casos extremos y para dividir un almacén de otro. Las tipo "B" se utilizan en las escaleras requeridas en sitios donde se reúna una gran cantidad de personas y las tipo "C" en escaleras y aulas de escuelas donde se entrenan a los alumnos con frecuentes simulacros de incendio, o en edificios de oficinas de baja densidad poblacional. Como dijimos anteriormente, el herraje de estas puertas debe ser tal que siempre se puedan abrir en la dirección de la huida y que se cierren automáticamente luego que la persona pase.

26.3 PUERTAS ENROLLABLES

Las puertas enrollables, Figuras 26.7 y 26.12, están formadas por tiras dobladas de acero encajadas unas con otras de modo que puedan enrollarse en un eje colocado en la parte superior de la puerta, provisto de resortes para facilitar la izada. Las jambas se forman con angulares anclados al muro. Pueden ser operadas manualmente, con cadenas o motorizadas. Se puede proveer un postigo removible de modo que el personal pueda entrar sin necesidad de abrir la puerta entera. Este postigo es una puerta batiente cuyas patas de marco quedan empotradas en unos agujeros del piso que se colocan antes de cerrar la puerta corrediza y se arrancan después de abrirla.

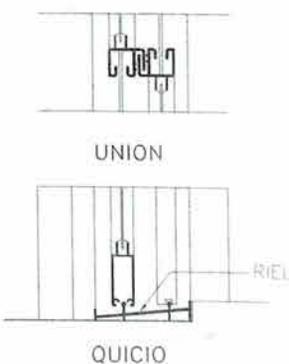
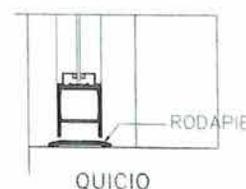
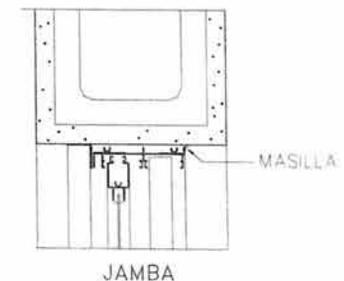
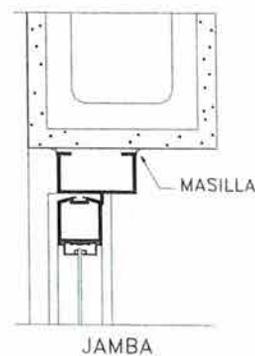
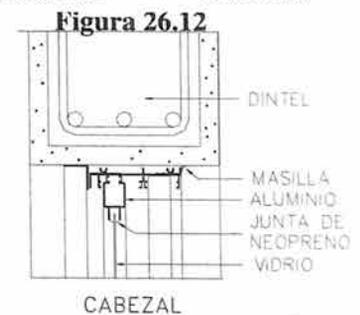
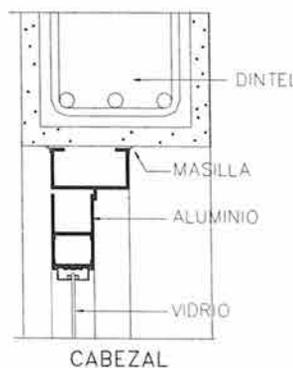
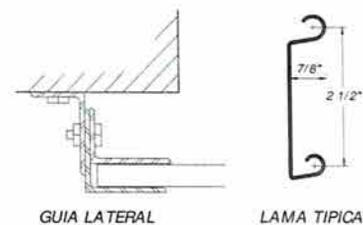


Figura 26.13

Figura 26.14

26.4 PUERTAS DE ALUMINIO

Las puertas más usadas en las entradas de edificios comerciales son las de aluminio, por su belleza y su bajo costo de mantenimiento. Siempre se usa aluminio anodizado, cuya capa de óxido ofrece una mayor protección de la terminación y un acabado más liso y uniforme. Las hay de montantes y peinazos anchos (10 cms.) o estrechos (5 cms.), donde estos últimos proveen un área acristalada mucho mayor. Los montantes tienen ranuras trapeciales para colocarles tiras de fieltro para que haya un cierre más efectivo. Se ensamblan con angulares de acero ocultos en las esquinas, atornillados a las piezas del bastidor para rigidizar el

cuadro. Pueden ser batientes, Figura 26.13, o corredizas, Figura 26.14 y pueden abrir y cerrar manual o automáticamente. Cabe recordar que en los sitios donde se congregan más de cincuenta personas es conminatorio que las puertas sean batientes y abran hacia afuera. Para facilitar el movimiento de los usuarios, casi siempre se recurre al uso de puertas que abran en ambos sentidos.

26.4 PUERTAS DE VIDRIO

Completamente hechas de vidrio, Figura 26.15, con piezas de aluminio o de acero inoxidable únicamente para los pivotes de giro y para la cerradura. Es preciso usar vidrio templado de $\frac{1}{2}$ " ó de $\frac{3}{4}$ " lo que significa que las perforaciones para fijar las partes metálicas han de hacerse antes del templado y que, por ende, el hueco debe terminarse con suma precisión ya que no puede haber ajustes posteriores. Este tipo de vidrio es altamente resistente a los impactos y, si llegase a romperse, se convertiría en un montón de bolitas blancas, pequeñas e inofensivas. Normalmente se usa una faja estrecha en la parte inferior para el

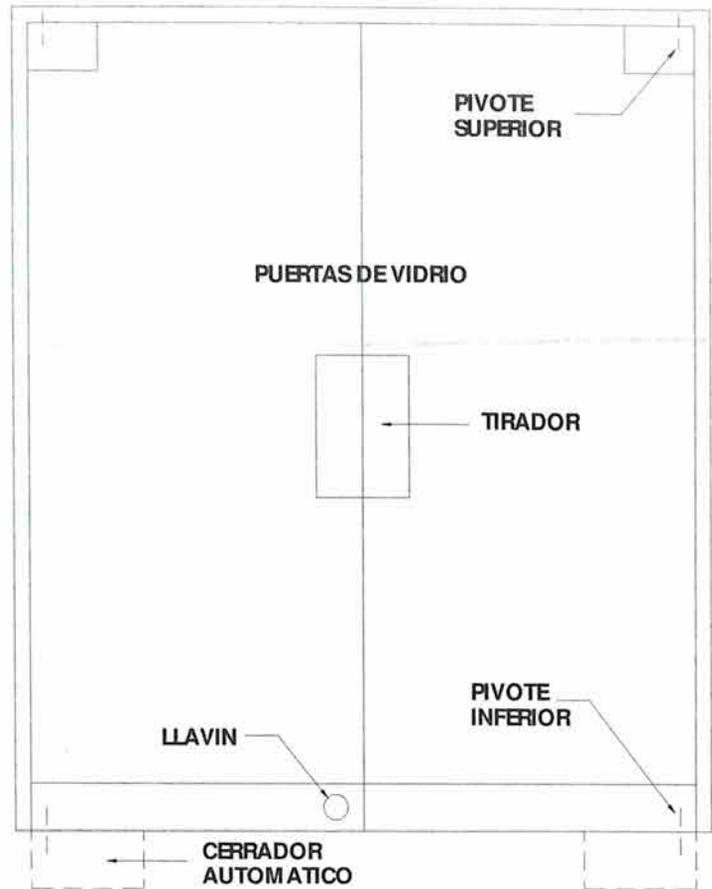


Figura 26.15

pivote del cerrador automático, que está empotrado en el piso (ver Figura 28.9) y para el llavín, una placa en una de las esquinas superiores para el pivote que conecta con el cabezal y otra placa para el tirador. Más que en ninguna otra puerta de vidrio debe marcarse una línea a nivel de ojo para evitar choques peligrosos por la mucha transparencia.

27. MARCOS

Como hemos visto, los marcos son las partes de las puertas y de las ventanas que quedan fijas a las mochetas de los muros. Por medio de los herrajes de movimiento las hojas quedarán conectadas en tal forma que se puedan abrir y cerrar con facilidad y que puedan resistir el ser abiertas desde el exterior por medio de los herrajes de seguridad. En las ilustraciones se han visto diversos perfiles de marcos, de acuerdo al material de que estén hechos y a la función que deben cumplir, de modo que ahora nos limitaremos a describir la forma de colocación.

27.1 MARCOS METÁLICOS

Se denominan así los que están hechos con láminas dobladas de acero, normalmente de calibre 16. Están diseñados de modo que quede cubierta la mocheta completa, eliminando su costo y el de los cantos que hubieran sido necesarios. Se fabrican para muros de 4" (10 cm), Figura 27.1; de 6" (15 cm) Figura 27.2 y 8" (20 cm), Figura 27.3.

Los fabricantes incluyen 2 ó 3 bisagras, según se especifique, una hoja de cada bisagra queda soldada a la parte posterior del marco, saliendo por una ranura. También viene hecha la cajuela donde ha de entrar el pestillo de la cerradura, de modo que es necesario especificar el giro de las puertas cuando se ordenan los marcos. La convención local es que, si nos colocamos del lado donde están las bisagras, la puerta será derecha si las bisagras quedan hacia nuestra derecha e izquierda en caso contrario. Esta convención varía de un país a otro. También es necesario especificar la altura del marco, normalizado a 2.10 ó 2.40, aunque se pueden ordenar alturas especiales y, el ancho, medido de afuera a afuera del marco, aunque no está normalizado, se acorta el período de despacho si se usan incrementos de 5 cms.

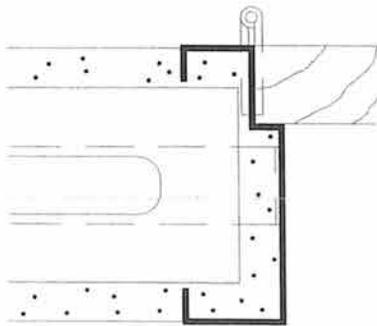


Figura 27.1

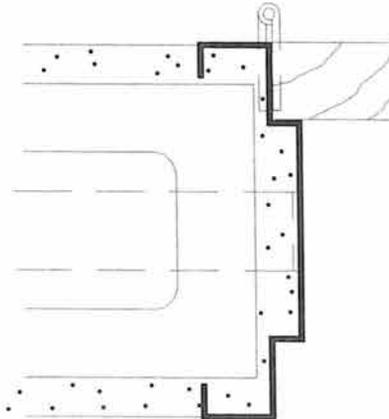


Figura 27.2

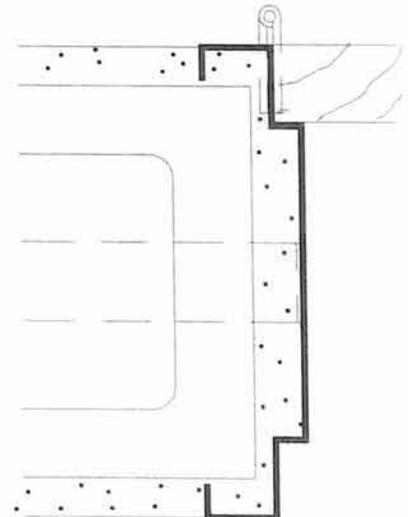


Figura 27.3

Para darle un poco más de rigidez al marco durante el transporte, los extremos de las patas vienen unidas por un pequeño canal soldado, que se puede eliminar después de colocado el marco, si es que queda sobre el nivel del piso. A cada lado del marco hay tres lengüetas soldadas que sirven de anclas, lo suficientemente flexibles para poderse doblar hasta coincidir con las juntas horizontales de las hiladas.

Los marcos metálicos se colocan en obra inmediatamente después de colocada la primera hilada de mampuestos en los muros, de modo que, como se observa en la figura, éstos queden metidos dentro del marco. Se alinean y se aploman, se constata la altura del dintel sobre el nivel de piso y se inmobilizan en su sitio con pies de amigo temporeros; se continúan colocando los bloques, rellenando con mortero el hueco que quede dentro del marco y adaptando las anclas a las juntas horizontales en el muro. El dintel puede ser prefabricado o vaciado in situ usando el marco como fondo.

Para huecos pequeños, de hasta 70 cms., el mismo marco puede servir de refuerzo, colocando los mampuestos sobre él en una cama de mortero; si el muro es de bloques de cemento esto conlleva recortarlos ya que 2.10, la altura normal del dintel, no está modulada con las hiladas. Hay que enfatizar el cuidado que hay que poner en mantener el aplome y el paralelismo entre las jambas del marco, especialmente si las puertas también son metálicas, ya que cualquier defecto de ajuste será imposible de corregir después. Al empañetar, se usan los marcos como maestras para que queden al ras las superficies terminadas. Cuando no se puedan colocar los marcos metálicos en esta forma, en una remodelación, por ejemplo, habrá que atornillarlos, como se hace con los de madera, avellanando los huecos y colocándolos donde queden ocultos con la puerta cerrada. Un método similar se usa en la colocación de los marcos de aluminio o de bronce, donde los tornillos de fijación se ocultan con molduras de fricción.

27.2 MARCOS DE MADERA

Hay varias formas de colocar los marcos de madera. La más común entre nosotros es atornillándolos directamente a las mochetas, que ya deben estar debidamente empañetadas. Deben colocarse tres tornillos rosca madera de 3" x 10 en cada pata del marco, perforando tanto éste como la pared, donde se colocan tarugos de expansión, plásticos o metálicos de 1/4" para fijar los tornillos; las cabezas de los tornillos se hunden en la madera para luego cubrirlos con masilla o, mejor, con tarugos de la misma madera. Este método es rápido, bastante seguro y se puede esperar para la colocación de los marcos hasta el último momento de modo que no se maltraten con el tráfico durante la construcción. Tiene el inconveniente de que la superficie empañetada y la de la madera casi nunca coinciden en todos los puntos y es necesario masillar la junta para disimular la irregularidad de las ranuras, Figura 27,6.

En otros países se empotra un contramarco que queda a ras con la mocheta o trozos de madera, denominados **canes**, en los sitios donde se han de colocar los tornillos; esta madera, por supuesto, debe estar tratada. Antes se colocaban grupos de clavos de 3" ó de 4" en el perímetro del marco, se rompía la mocheta, se colocaba el marco en su sitio y se rellenaban los huecos con mezcla gruesa, de modo que los clavos sirvieran de anclas. Este método ha caído en desuso porque significaba romper una mocheta terminada cuya reparación a menudo quedaba como un parche. Para terminaciones de primera calidad, las juntas de los marcos se tapan con molduras a modo de cubrefaltas para facilitar la transición de la madera al empañete, Figuras 27.4 y 27.5.

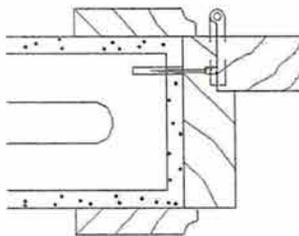


Figura 27.4

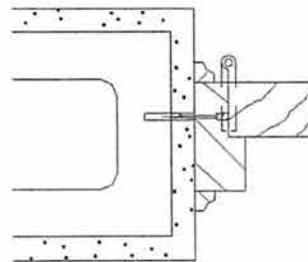


Figura 27.5

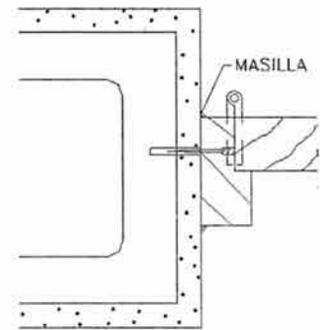


Figura 27.6

28. HERRAJES

Hay dos categorías de herrajes: los que hacen posible el movimiento de las hojas, como goznes, bisagras y poleas, y los que permiten que éstas puedan asegurarse una vez cerradas, como aldabas, pestillos y cerraduras. Hay una enorme variedad en ambas categorías de modo que sólo podremos mencionar las características principales. La variedad comienza con las diversos tipos de metales y terminaciones usadas: hierro natural, galvanizado o pintado; acero cromado o inoxidable; aluminio; latón, bronce, madera, vidrio y plásticos.

28.1 HERRAJES DE MOVIMIENTO

Para las puertas y ventanas batientes, la forma más primitiva de los herrajes de movimiento son los **goznes**, Figura 28.1, que se usaban cuando el marco era sólo un retalle (castizo "retallo") del muro de mampostería. Consistía en un ancla de hierro empotrada en el muro, que terminaba en una pieza cilíndrica vertical, con una planchuela larga doblada a su alrededor que, a su vez, se fijaba a la hoja de la puerta. Claro está que se necesitaban por lo menos dos para cada hoja. Las **bisagras "T"**, Figura 28.2, son más usadas hoy día en aplicaciones donde la apariencia no juega un papel preponderante; son de acero, galvanizado en algunos casos y vienen en diversos tamaños entre 6" y 12" (15 a 30 cms.). Mayor variedad de usos tienen las **bisagras de libro**, Figura 28.3. Se fabrican en todos los metales arriba mencionados. Por su forma, cuando están abiertas, pueden ser cuadradas desde ½" hasta 8" (1.25 hasta 20 cms.) o rectangulares. Algunas tienen un eje de giro continuo, denominadas **bisagras de piano**, cuya longitud puede llegar hasta 10' (3.05 m). El tamaño de las bisagras de libro queda determinado por el

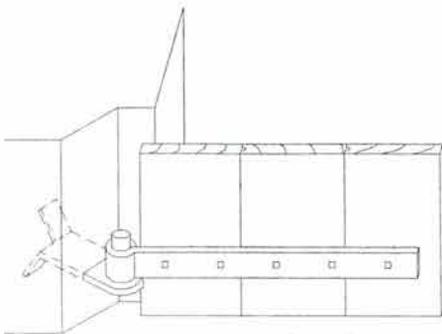


Figura 28.1

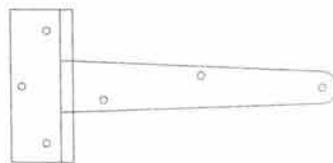


Figura 28.2

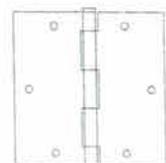


Figura 28.3

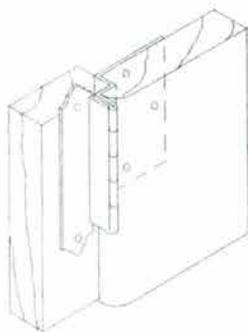


Figura 28.4

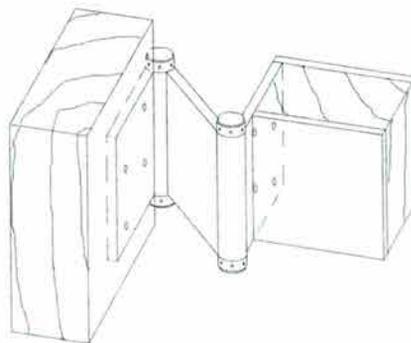


Figura 28.5

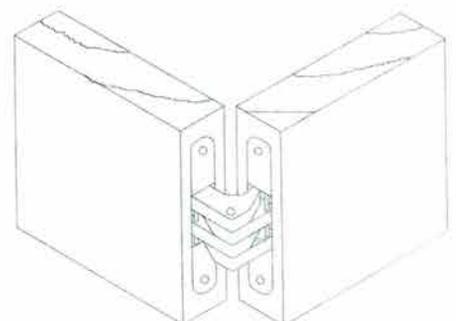


Figura 28.6

peso de la hoja y por la holgura que debe haber entre la hoja y la pared si aquella ha de girar 180°. Para puertas grandes y pesadas hay que recurrir a bisagras de más de 4", a veces provistas de cajas de bolas para facilitar el giro. Algunas tienen resortes para devolver la hoja a su posición de reposo o, como las de **doble acción** mostradas en la Figura 28.5, permiten empujar la hoja en una o en otra dirección. Muy usadas son las **bisagras de gabinete**, Figura 28.4, que se emplean en hojas bien ligeras y cuya forma depende del modo como se ajuste la hoja al resto del gabinete. Algunas están provistas de resortes que hacen cerrar las puertas automáticamente, una vez que se haya iniciado su movimiento. Finalmente existen las **bisagras ocultas**, Figura 28.6, empotradas en los bordes de las hojas o del marco y que desaparecen por completo al cerrar las hojas.

Hay mecanismos que hacen volver las hojas de puertas a su punto de equilibrio y se denominan **cerradores automáticos**. En todos ellos hay una parte conectada al marco y otra a la hoja. Hay varios tipos, el más sencillo de los cuales ya describimos en el párrafo anterior, Figura 28.5. Otro tipo se usa para puertas ligeras, como las de tela metálica, para impedir la entrada de insectos voladores, erróneamente llamadas "scrinners" aquí, gazapo anglicista derivado de "screens", Figura 28.7. Más usual y para puertas más pesadas, existen los **cerradores de botella**, Figura 28.8, en dos tipos principales: los de botella cilíndrica y los de forma rectangular, estos últimos son menos conspicuos, lo que los hace estéticamente menos objetables; todos tienen dos velocidades de cierre, rápida al principio y más lenta al final, para evitar lastimar una mano que haya quedado rezagada.

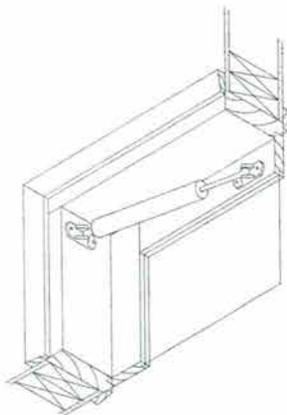


Figura 28.7

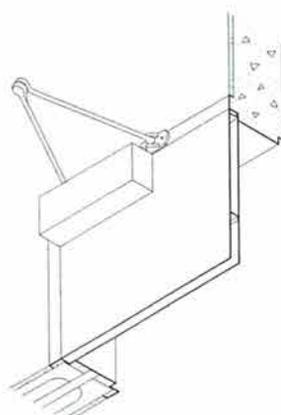


Figura 28.8

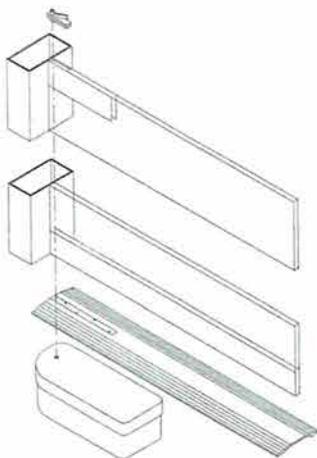


Figura 28.9

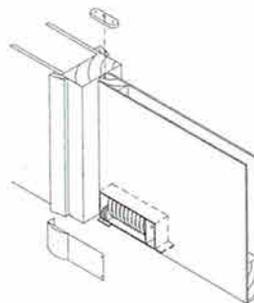


Figura 28.10

Algunos cerradores mantienen la puerta abierta si se abren a un ángulo mayor de 90°, lo que no es permisible en las puertas para las escaleras requeridas. En otro tipo, muy utilizado en puertas de cocina, Figura 28.10, el mecanismo de resortes se coloca en una de las esquinas inferiores de la puerta con dos pivotes alineados, uno que baja al piso y otro que sube al cabezal del marco. Para puertas pesadas y de mucho uso se emplean los **cerradores de piso**, Figura 28.9, que muestra una puerta de vidrio templado de 3/4" que abre en ambos sentidos. También los hay que abren en un solo sentido. Tanto las velocidades de cierre como las presiones son graduables dependiendo del uso y de la posibilidad de tener que combatir brisas fuertes. Estos se combinan también con sistemas electrónicos o electro-mecánicos para abrir y cerrar las puertas automáticamente al acercarse los usuarios.

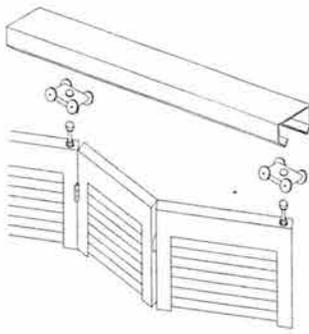


Figura 28.11

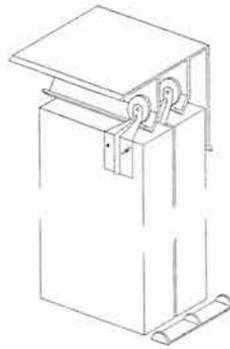


Figura 28.12

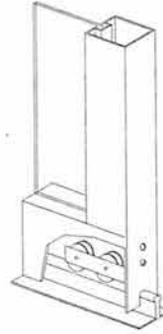


Figura 28.13

Las puertas plegadizas, Figura 28.11, las de acordeón y algunas corredizas, Figura 28.12, cuelgan de rieles en su parte superior para poder abrir y cerrarse. En algunos casos requieren de guías por debajo para que se mantengan en su plano. Por el contrario, las corredizas más pesadas, Figura 28.13, ruedan sobre rieles en el piso y se mantienen verticales con guías en el cabezal; las

poleas son ajustables hacia arriba y hacia abajo por medio de tornillos localizados en los bordes de las puertas. Son más estables las puertas plegadizas colgadas en los centros de las hojas, pero ello requiere que el ancho de la hoja más cercana al marco sea sólo la mitad del de las hojas restantes. Las uniones entre las hojas y entre éstas y el marco se hace por medio de bisagras de libro o de piano. Este sistema se usa también para paneles que llegan desde el piso hasta el plafond, para subdividir aulas o salones de reunión en espacios más pequeños. Estas divisiones, cuando no están en uso, pueden recogerse inconspícua mente en nichos adecuados. Hay herrajes, especialmente usados en las ventanas, que mantienen las hojas abiertas en cualquier posición, ejemplo de ello son los operadores de manigueta o de mariposa, que ya vimos en el capítulo 25 VENTANAS, o las barras deslizantes con tornillo-prisionero manual que se usan en las ventanas batientes o de tipo toldo.

28.2 HERRAJES DE SEGURIDAD

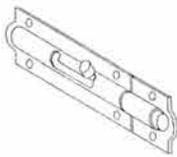


Figura 28.14

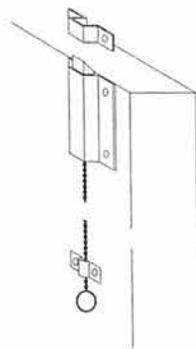


Figura 28.15

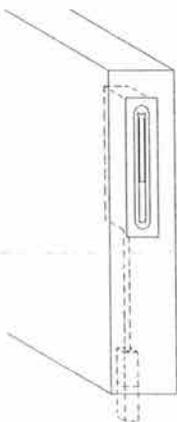


Figura 28.16

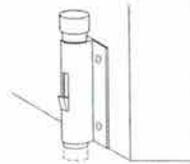


Figura 28.17

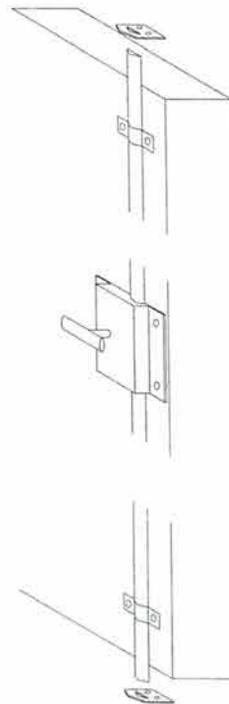


Figura 28.18

Son mecanismos usados para asegurar el cierre temporero de puertas y ventanas; abarcan desde las primitivas trancas y aldabas hasta los sofisticados sistemas electrónicos que identifican al usuario leyendo sus huellas digitales o el iris de uno de sus ojos. Las aldabas aún se usan, aunque limitadamente, en gabinetes de cocina. Más comúnmente usados son los pestillos, con una variada gama de formas, tamaños y terminaciones, como los **pasadores**, Figura 28.14, los **de cadena**, Figura 28.15, que se colocan en la parte superior de las puertas. El ejemplo muestra uno con pestillo de resbalón, que se cierra al tirar la puerta. Los pestillos **de piso**, Figura 28.17, se colocan en la parte inferior de la puerta y se operan normalmente con el pié; los **ocultos**, Figura 28.16, que se pueden colocar en el borde de una

de las puertas de dos hojas, tanto arriba como abajo, quedando ocultos cuando la otra hoja se cierra; finalmente las **fallebas**, Figura 28.18, que son más seguras ya que se engarzan tanto arriba como abajo al mismo tiempo.

Capítulo 28: Herrajes

28.3 TIRADORES

Para facilitar el movimiento de las hojas de puertas y ventanas, así como el de las gavetas, se usan tiradores. La Figura 28.19 muestra un tirador tipo botón, que puede ser de madera, de aluminio, acero cromado o hasta de cerámica. Las Figuras 28.20 y 28.22 son tiradores de gabinete, que necesitan dos tornillos para su fijación. La Figura 28.21 muestra un tirador empotrado, que se usa en puertas corredizas para evitar que hayan puños sobresalientes que obstaculicen el movimiento de las hojas; el de la figura muestra un semicírculo metálico en la parte inferior que gira 90° para facilitar el halado y que luego, por gravedad, retorna a su posición original.

28.4 CERRADURAS

Las cerraduras combinan las funciones de pestillos y tiradores mientras que al mismo tiempo proveen seguridad. De acuerdo a su modo de instalación pueden ser **superficiales** o **empotradas**. Estas últimas pueden ser de **cajón**, para las cuales hay que cortar en el borde de la puerta un hueco rectangular o **cilíndricas**, que

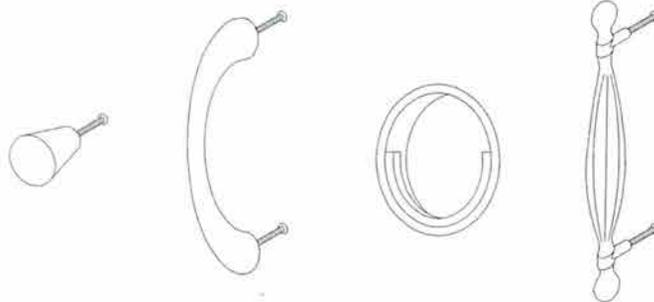


Figura 28.19 Figura 28.20 Figura 28.21 Figura 28.22

requieren dos perforaciones cilíndricas perpendiculares entre sí, una que atraviesa la puerta de una cara a la otra y la segunda, de menor diámetro, que une el borde de la hoja con el agujero anteriormente hecho. Las cerraduras cilíndricas son las más comunes en el mercado y vienen en una gran variedad de funciones, terminaciones,

metales y formas de puño, que compete al arquitecto señalar en las especificaciones. Las cerraduras constan de **pomos** o **palancas** que, al hacerse girar, mueven el **pestillo** para permitir que la puerta se pueda abrir o cerrar. El pestillo puede ser de **resbalón**, que se cierra al tirar la puerta, como ya vimos para los pestillos de cadena, Figura 28.15, o de **seguridad**, que tienen forma de paralelepípedo o indentaciones que se traban, Figura 28.27. Las cerraduras son **libres** cuando siempre pueden ser operadas de ambos lados de la puerta; con **seguro**, cuya activación de un lado impide que se pueda abrir del otro y **llavines**, cuando se necesita una llave para poder abrirlas luego de aseguradas.

Para proteger los niños el seguro puede retrancar también el puño interior. El seguro, según las necesidades del usuario puede o no saltar accionando el puño interior, accionando la llave o cuando se retrae el pestillo. Para evitar que el pestillo pueda ser accionado desde el exterior con una tarjeta de crédito o una lámina metálica, se usa un pequeño retenedor de forma semicilíndrica empujado por un resorte para hacerlo resbalar sobre el pestillo, Figura 28.23. Si el retenedor queda detenido en la placa que protege el alveolo del marco, como se muestra en la figura, el pestillo queda completamente trabado.

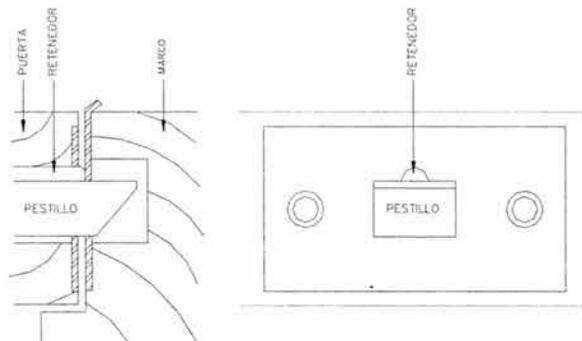
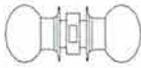
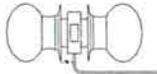
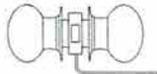
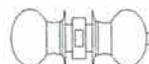


Figura 28.23

La siguiente tabla, tomada del catálogo de la Schlage, describe la apariencia y funcionamiento de los diversos tipos de cerraduras cilíndricas.

TIPO	DESCRIPCION
------	-------------

CERRADURAS SIN LLAVE

	DE PASILLO O DE PATIO Ambos puños siempre libres
	DE SALIDA Puño interior activo, exterior siempre fijo
	Puño interior activo, placa lisa al exterior
	CERRADO ELECTRICAMENTE Puño exterior continuamente cerrado. Se abre con la corriente. Puño interior siempre abierto
	CERRADO ELECTRICAMENTE Puño exterior normalmente cerrado. Se abre con la corriente. Puño interior siempre libre
	DE BALCON Seguro de botón que salta al cerrarse la puerta
	DE PRIVACIDAD Seguro de botón. Se abre desde afuera con llave de emergencia o destornillador
	DE HOSPITALES Seguro de botón. Al girar de emergencia en puño exterior se suelta el seguro

PUÑO SOLO

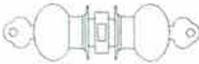
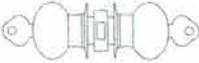
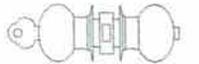
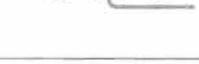
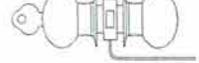
	Puño a un solo lado de la puerta. Para halar solamente
-------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------

LLAVINES

	DE ENTRADA Seguro de botón. Al empujar y girar el botón se traba el puño exterior hasta que el botón se gire de nuevo. El empujar el botón lo traba hasta que se use la llave o se abra desde adentro
	DE ESTACION DE GASOLINA Con llave cuando está con seguro. Este salta si no se acciona después de cerrada la puerta

TIPO	DESCRIPCION
------	-------------

LLAVINES

	<p>DE VESTÍBULO</p> <p>Llave interior traba el puño exterior que solo abra con llave. Puño interior siempre libre</p>
	<p>DE TIENDA</p> <p>Llave de cualquier lado traba ambos puños</p>
	<p>DE AULAS</p> <p>Puño exterior se traba o se suelta con llave. Puño interior siempre libre</p>
	<p>DE COMUNICACION</p> <p>Llave opera cada puño independientemente</p>
	<p>DE MOTEL O DORMITORIO</p> <p>Llave abre o cierra desde afuera. Botón de seguro por dentro que salta si la puerta se cierra accidentalmente</p>
	<p>DE AULAS CON PESTILLO RETENIDO</p> <p>Puño exterior se cierra o se abre con llave. Puño interior siempre libre. Pestillo puede mantenerse retraído con la llave</p>
	<p>CERRADO ELECTRICAMENTE</p> <p>Puño exterior continuamente cerrado por 24VCA. Abierto por swtch, apagon o por la llave. Puño interior siempre abierto</p>
	<p>ABIERTO ELECTRICAMENTE</p> <p>Puño exterior normalmente cerrado. Se abre con llave o por corriente eléctrica. Puño interior siempre libre</p>
	<p>DE ALMACEN</p> <p>Puño exterior fijo. Entrada sólo con llave. Puño interior siempre libre</p>
	<p>INSTITUCIONAL</p> <p>Ambos puños fijos. Entrada con llave por cualquiera de los lados</p>
	<p>HOTELES Y MOTELES</p> <p>Puño exterior fijo. Entrada con llave unicamente. Botón activa indicador de "ocupado" después de lo cual solo abre con llave maestra. Esto se anula si se hace rotar el botón con destornillador spanner.</p>

28.5 AMAESTRAMIENTO DE LLAVES

La función de la llave es hacer girar un cilindro que, a su vez, hace mover el pestillo. Los dientes empujan cinco o seis grupos de pequeños pitones cilíndricos de diferentes longitudes hasta alinearlos todos con la superficie del cilindro, permitiendo el giro, Figura 28.24, que muestra un llavín con cinco combinaciones. Con que en sólo uno de los puntos no coincida la junta, el cilindro no puede girar. Un resorte en el fondo de cada agujero devuelve los pitones a su posición normal cuando se extrae la llave. Puede haber más de una junta en cada pitón, permitiendo que más de una llave haga girar el cilindro. Este es el principio del amaestramiento de los llavines, labor que es preciso coordinar antes de la instalación del herraje. Cada llavín tiene una llave individual, un grupo de llavines puede abrirse con una llave **maestra**, varios grupos de llavines con una **gran maestra**, y así sucesivamente hasta cinco niveles de amaestramiento. Esta facilidad tiene gran uso especialmente en hoteles donde puede haber una llave maestra para las habitaciones de cada piso, una gran maestra para todas las habitaciones, otra maestra para las oficinas y dependencias y una maestra general para todos los llavines. De nuevo hay que repetir que es de la competencia del arquitecto describir el amaestramiento en las especificaciones, de común acuerdo con las necesidades del propietario.

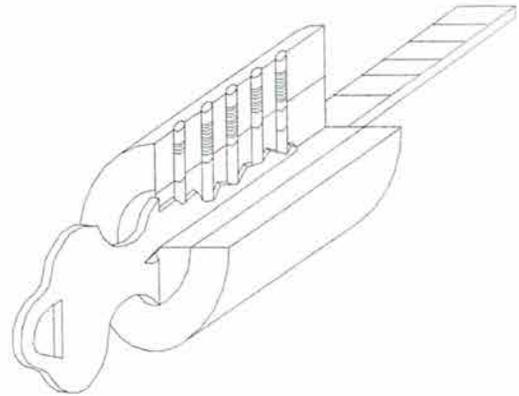


Figura 28.24

28.6 LLAVINES SUPERFICIALES

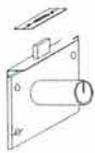


Figura 28.25

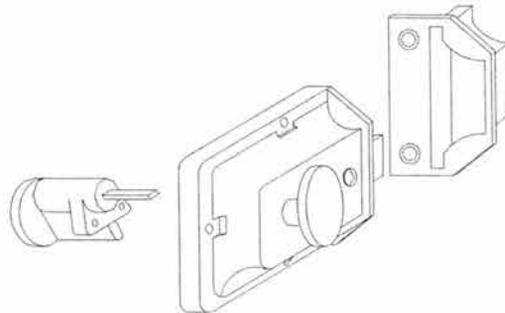


Figura 28.26

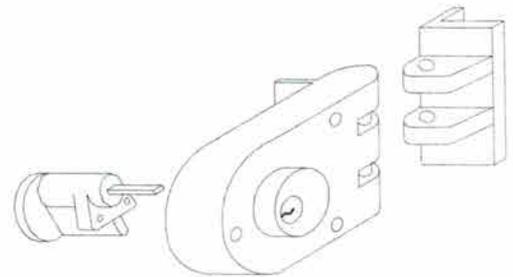


Figura 28.27

Sólo hay que perforar para introducir el cilindro ya que el mecanismo se instala superficialmente en la cara interior de la puerta o de la gaveta. Los de gabinete, Figura 28.25, se les dice vulgarmente **de ombligo** y a los de puertas, Figura 28.26, **de cajón**. El pestillo de estos últimos puede ser de seguridad, en cuyo caso tienen forma de paralelepípedo, o de resbalón, como se muestra en la figura. En ese caso, tienen un botón que traba el pestillo para que no pueda ser abierto desde afuera con una tarjeta plástica o lámina metálica. Para mayor protección se usan los **de seguridad**, Figura 28.27, donde las partes se entrelazan de tal forma que es imposible separarlos sin recurrir a la llave.

28.7 CERRADURAS COMBINADAS

Se pueden combinar, en un solo conjunto, un pestillo de seguridad y otro de resbalón, y al mismo tiempo proveer un elegante tirador, Figura 28.28. El pasador de seguridad puede moverse hasta con dos vueltas de la llave para una mayor penetración. La paleta que abre el pestillo de resbalón se manipula con el pulgar mientras que el resto de la mano se ase al tirador. El pestillo de seguridad puede moverse con llave desde ambos lados o por medio de un puño corriente o mariposa desde el interior. Ambas cerraduras pueden ser cilíndricas, en cuyo caso se hacen barrenos separados, o combinarse en una caja metálica empotrada, lo que requiere una cajuela en el borde de la puerta y barrenos circulares donde penetran los puños.

28.8 TOPES Y RETENEDORES

Para evitar que los puños de las puertas choquen contra las paredes, perjudicando tanto el herraje como la pared, se utilizan topes de goma atornillados a las paredes o a los pisos, Figura 28.29. Éstos pueden tener aldabitas o resortes de ganchos en "U" de modo que la puerta queda relativamente fija en su máxima apertura, sin cerrarse por la acción del viento. Otro tipo de retén, Figura 28.30, mantiene la puerta abierta en su sitio por la fricción contra el piso por el pie de goma colocado en su parte inferior; para zafarlo se hace girar la pieza entera hacia arriba y se engancha en la ranura de la parte superior.

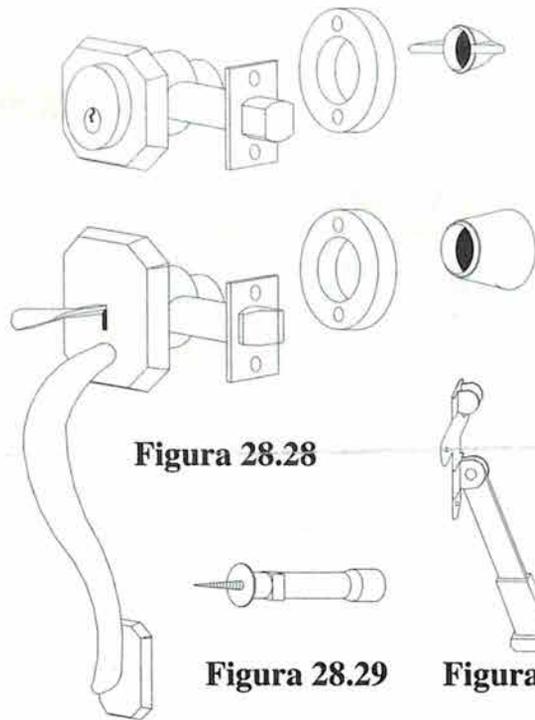


Figura 28.28

Figura 28.29

Figura 28.30

29. ACÚSTICA

La percepción de ruidos puede causar problemas en el estado anímico de las personas y, sin lugar a dudas, perturbar los períodos de descanso. Es conveniente para el arquitecto, tener nociones de acústica para poder reforzar los sonidos deseables y eliminar, en lo posible, los ruidos indeseables, en las edificaciones por él diseñadas. Fundamentalmente el problema tiene dos vertientes: en la primera se trata de controlar los sonidos generados y percibidos en el mismo recinto, como en el teatro o en las salas de conciertos; en la segunda se trata de controlar la transmisión del sonido percibido en un recinto pero que se ha generado fuera de él. La primera conlleva estudios muy profundos, pruebas con maquetas muy precisas hechas en laboratorios especializados, en fin, requiere una asesoría técnica idónea dados los grandes costos en dinero y prestigio ocasionados por un fracaso en esta rama, acerca de este tema sólo abordaremos las nociones más fundamentales; la segunda es más fácil de controlar en la etapa de la planificación, haciéndose cada vez más difícil a medida que avanza la construcción.

29.1 SONIDO

El sonido es una perturbación que se genera en el seno de un medio material, se esparce en ondas concéntricas, se percibe cuando llega a nuestros oídos y se interpreta en nuestra corteza cerebral. El sonido, para transmitirse, necesita de la presencia de materia, átomos y moléculas, que oscilan en el sentido radial del frente de onda produciendo esferas sucesivas de altas y bajas presiones, que se superponen a la presión normal del medio en que nos encontremos; en esto se diferencia de las ondas electromagnéticas, donde las vibraciones son tangenciales. Se denomina **longitud de onda** la distancia entre dos picos o dos valles consecutivos de presión y **frecuencia** el número de ondas que pasan por segundo y cuya unidad es el **hertz**: una onda por segundo. La lógica nos dice que el número de hertz, multiplicado por la longitud de onda nos da la distancia recorrida en un segundo, o sea que la velocidad, y esto se aplica a cualquier fenómeno ondulatorio, es igual a la frecuencia multiplicada por la longitud de onda:

$$v = f \times \lambda \quad f = v/\lambda \quad \lambda = v/f$$

La velocidad del sonido varía en forma proporcional a la densidad del medio, de modo que en el aire está alrededor de 340 m/s, en la madera 3,500 m/s y en el acero 5,500 m/s. En una noche fría, cuando el aire es más denso y la presión atmosférica mayor, el sonido se propaga a mayor velocidad que en un día soleado y caluroso. El oído humano está capacitado para percibir frecuencias entre 18 y 20,000 hertz, fuera de cuyos límites no percibimos sonidos. Muchos animales, como los perros, los murciélagos y los delfines, pueden percibir frecuencias más altas de 20,000 hertz, las que denominamos de **ultrasonido**, que también se utilizan en laboratorios para limpiezas profundas y para otros fines. Otra característica del sonido es la **intensidad**, que es la diferencia de presión entre la más alta y la más baja de la onda, es decir, la **amplitud**, medida en **microbares**, unidad sumamente pequeña (dinas/cm^2) que, aún en los sonidos más potentes, es mil veces menor que la presión atmosférica normal. El límite inferior de presión, por debajo del cual no se perciben los sonidos, es de 0.0002 microbares, y se denomina **umbral de la percepción**, mientras que las presiones sobre los 1,000 microbares (1 milibar) producen sensaciones dolorosas y hasta lesiones permanentes en nuestro sistema auditivo. Para medir la intensidad del sonido se usa una escala arbitraria cuya unidad es el **decibel**, en honor a Alexander Graham Bell, inventor del teléfono y uno de los primeros investigadores en la percepción de los sonidos.

Es logarítmica y se toma como referencia P_0 , la presión en el umbral de la percepción, 0.0002 microbares (10^{-16} vatios/cm²) y se calcula según la fórmula:

$$S = 10 \log \frac{I}{I_0} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

ya que la intensidad es proporcional al cuadrado de la presión. Donde **S** es el nivel sonoro en decibeles, **I** la intensidad y **P** la presión máxima del sonido a medir, en dinas/cm². Así podemos comparar los sonidos en una forma adaptada a la manera como funciona nuestro aparato auditivo, que es logarítmica, de modo que un sonido 1,000 veces más intenso que otro está a un nivel de 30 decibeles más alto, mientras que si es 1,000,000 de veces más intenso la diferencia es de 60 decibeles. La siguiente tabla muestra ejemplos típicos de niveles de intensidad sonora:

		Db	Int.	Presión
Ensofcededor	Avión de propulsión	140	10^{14}	103
	Umbral doloroso	130	10^{13}	
Muy alto	Tren elevado, trueno	120	10^{12}	10^2
	Barrena para piedras	110		
	Industria ruidosa	100	10^{11}	
	Calle ruidosa	90	10^{10}	10
	Oficina ruidosa, Aspiradora de polvo	80	10^9 10^8	1
Alto	Calle de tránsito moderado	70	10^7	
	Oficina corriente, Tienda por departamentos	60	10^6	10^1
Moderado	Conversación normal	50	10^5	
	Aula, Oficina privada	40	10^4	10^2
Débil	Dormitorio	30	10^3	
	Brisa moviendo las hojas	20	10^2	10^3
Muy débil	Respiración normal	10	101	2×10^{-4}
	Umbral de audibilidad	0		

Se necesita impartir una menor cantidad de energía para los sonidos generados entre 500 y 3,000 hertz para producir, en el aparato auditivo humano, la misma sensación de intensidad, ver Figura 29.1. Es decir, que los tonos fuera de este rango, especialmente los bajos, necesitan presiones mayores para producir el mismo efecto. Como se ve en la tabla anterior, la sonoridad percibida en decibeles es proporcional al exponente de la intensidad, es decir, el oído compara los sonidos en una escala logarítmica. Aparatos, como los auditivos telefónicos, que sólo reproducen los sonidos entre 100 y 2,000 hertz, donde se encuentran las frecuencias fundamentales de la voz humana, son suficientes para percibir las palabras con claridad. Estrictamente hablando, el **grado de sonoridad** se mide estadísticamente relacionándolo con la sensación percibida por numerosas personas a los 1,000 hertz.

En muy pocos casos se emite una onda sinusoidal pura, como la del diapasón, por ejemplo. Normalmente el sonido contiene una onda fundamental, a la cual se le agregan ondas armónicas, cuyas frecuencias son múltiplos de ella; se forma una onda compuesta, característica del instrumento que la genera y que constituye su **timbre**. Las vibraciones de una columna de aire dentro de un tubo de órgano producen un timbre diferente que las de una cuerda de guitarra, aunque la longitud de la onda fundamental sea la misma. Tenemos pues tres parámetros que caracterizan un sonido: la frecuencia de la onda, relacionada con el **tono**; su amplitud, relacionada con la **intensidad** y su complejidad, relacionada con el **timbre**.

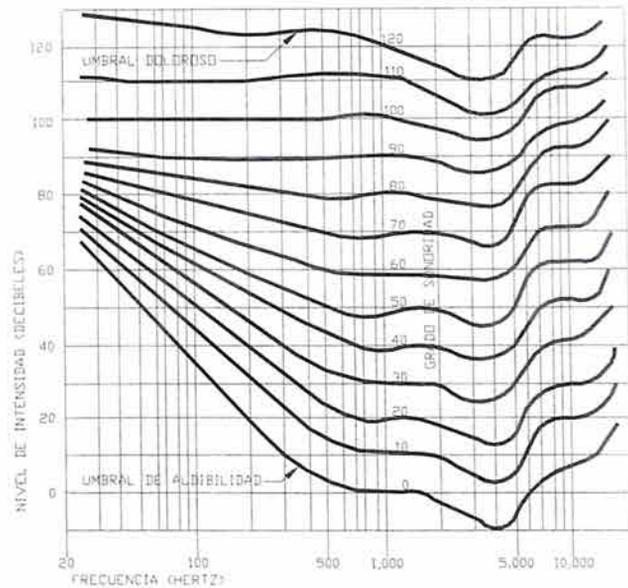


Figura 29.1

Como en cualquier fenómeno ondulatorio, la intensidad del sonido, aunque no su sonoridad, disminuye proporcionalmente al cuadrado de la distancia recorrida. De igual manera, el sonido puede sufrir **absorción, reflexión, refracción, difracción o interferencia**, según su longitud de onda y los obstáculos que encuentre a su paso. Se absorbe cuando el material con que choca la onda cambia la energía sonora en energía calorífica, como ocurre con los materiales porosos y poco densos; se refleja cuando el sonido choca con una superficie poco absorbente que hace que el punto de incidencia actúe como un nuevo centro de perturbación emitiendo ondas cuyo ángulo de reflexión es igual al de incidencia; la refracción hace que el sonido cambie de dirección cuando pasa por materiales de diferentes densidades. De día, con el aire caliente menos denso, el sonido tiende a desviarse hacia arriba, mientras que de noche, se desvía hacia abajo, haciendo que llegue mucho más lejos en la superficie de la tierra; la difracción ocurre cuando el sonido pasa a través de una abertura estrecha, que se convierte en una nueva fuente de sonido. Finalmente, la interferencia ocurre cuando chocan ondas provenientes de diferentes centros de perturbación. Todas estas características son importantes para poder controlar la percepción de los sonidos.

29.2 REVERBERACIÓN

El oído percibe el sonido aéreo directo pero éste siempre viene acompañado por sonidos reflejados. Aún en el desierto están las superficies reflectantes del suelo y las dunas. En recintos forrados por doquier con materiales muy absorbentes para anular las reflexiones, llamadas **cámaras anicónicas**, el oír sólo el sonido directo causa una sensación indescriptible, por lo extraña que nos resulta. En recintos pequeños los sonidos directos son suficientes para producir una buena audibilidad pero, a medida que aumentamos las distancias recorridas, la importancia del sonido directo disminuye y se incrementa el refuerzo recibido de los sonidos reflejados, a la vez que se obtiene una distribución más uniforme en toda la sala. Si el oído percibe dos sonidos durante un intervalo menor de 0.1 de segundo, los combina como si fuera uno solo más alargado. Si el tiempo es mayor de 0.1 segundos, el oído los percibe como dos sonidos distintos. Por ejemplo, si un sonido se refleja en una pared que esté a más de 17 metros de distancia, el sonido recorre más de 34 mts de ida y vuelta, se perciben dos sonidos distintos y ocurre el fenómeno que denominamos **eco**. La permanencia del sonido en el ambiente, después que ha cesado la fuente original que lo generaba, es lo que llamamos **reverberación**. El **periodo de reverberación** es el tiempo, en segundos, que un sonido tarda en disminuir su intensidad 1,000,000 de veces (es decir, una disminución de 60 decibelios) después de los cuales la reverberación no es significativa. El período de reverberación aumenta proporcionalmente con el volumen de la sala e inversamente proporcional a la absorción total de los materiales usados en la envolvente de la sala y en

la de sus ocupantes, cuando está en uso. En salas de cine o de conferencias, dicho período debe estar entre 0.5 segundos para una sala pequeña de 100 m³ hasta poco más de 1 segundo para salones de 20,000 m³. Debe ser lo suficientemente corto para reforzar los sonidos y no tan largo que la reverberación de una sílaba interfiera con la siguiente, haciendo ininteligibles las palabras. En las salas de conciertos puede variar entre 0.9 y 1.6 segundos para los mismos volúmenes y para la música sacra, como el cántico gregoriano, entre 1.5 y 2.5 segundos. Es por eso que es difícil que una sala pueda adaptarse a los diversos tipos de espectáculos. Modernamente se ha llegado al extremo, que considero aberrante, de prescindir por completo de la reverberación natural y sustituirla con filtros y resonadores electrónicos de modo que, aún cuando el concierto sea al aire libre, se tiene la impresión acústica de estar en la nave principal de una catedral gótica. Para una determinada sala, el período de reverberación se controla con la absorción total que proveen los materiales de la envolvente. Cada vez que la onda sonora choca con cualquiera de las superficies limitantes, y esto puede ocurrir cientos de veces, pierde parte de su energía, además de la que se ha perdido ya por la distancia recorrida. Esta pérdida está entre el 5% para las superficies duras, como el concreto o el vidrio, hasta un 95% para algunos cartones acústicos, y se denomina **coeficiente de absorción**.

29.3 RESONANCIA

El sonido puede inducir vibraciones en algunos objetos físicos con los que entra en contacto incluyendo cámaras de aire. Cada objeto, sea una cuerda de violín, un tabique delgado o un recinto entero, tienen una frecuencia natural de vibración que depende de sus dimensiones, de las restricciones en sus extremos y de su momento de inercia dinámico. Si un sonido con esa frecuencia choca con dicho objeto, lo hará vibrar y producir ondas que refuerzan la primera. Este incremento del tono con sonidos de la misma frecuencia generados por otra fuente es lo que se llama **resonancia**. Cuando agregamos la cualidad característica de las ondas de que si se interponen obstáculos de dimensiones menores que la longitud de onda, éstas rebasarán el obstáculo como si aquél no existiera. Calculando las longitudes de ondas sonoras transmitidas por el aire hallamos que para 20 hertz es de 17 metros, para 3,000 hertz es de 11 cms, mientras que para el extremo superior audible de 20,000 hertz es de 17 mm. Todas estas longitudes de onda, y las frecuencias de resonancia, están dentro de las dimensiones de los elementos constructivos, lo que, sin duda, dificulta el control en la transmisión de sonidos de un recinto a otro.

29.4 INTERFERENCIA

Cuando los caminos recorridos por ondas sonoras son diferentes y coinciden en un punto, se produce la interferencia. Si son de igual frecuencia e intensidad y coinciden sus picos y sus valles, se duplica la amplitud de la onda resultante; si, por el contrario, coinciden los picos de una con los valles de la otra, es decir, si están desfasadas en media longitud de onda, el resultado es que ambas se anulan y no se escucha sonido alguno. En tubos cerrados, en el laboratorio, o en corredores largos, en la práctica, se pueden producir ondas generando un sonido en un extremo que, modificado por la reflexiones en las paredes laterales y en el otro extremo, se convierte en ondas planas que se desplazan de una punta a otra. Para la frecuencia de resonancia del recinto éstas ondas permanecen estacionarias de modo que en un punto dado hay un absoluto silencio y unos pasos más allá se escuchan sonidos de gran intensidad. Algunos edificios del renacimiento tienen galerías susurrantes donde un interlocutor cercano no oye lo que se murmura mientras que otro, más alejado, lo puede escuchar perfectamente. Por eso son acústicamente inadecuados los salones alargados y de paredes paralelas.

29.5 COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE RUIDOS (CAR)

Los coeficientes de absorción se miden para cada frecuencia, ya que un material puede ser un buen aislante en algunas frecuencias y muy malo en otras. Para los fines de clasificación se toma el promedio aritmético medido para las frecuencias medias más significativas de 250, 500, 1,000 y 2,000 hertz. Se expresa como un rango de valores ya que el oído no distingue una diferencia menor del 10%. Se puede tolerar un nivel de ruidos ambientales de fondo, mientras éstos no interfieran con los sonidos que se quieren escuchar. A veces es más perturbadora la frecuencia de estos ruidos que su intensidad. Si no es

posible disminuir el nivel de los ruidos de fondo, se pueden introducir sonidos adicionales que los enmascaren; el ruido monótono de un aparato de aire acondicionado, la música de fondo que se utiliza en algunas oficinas, son muestras de este modo de control. En general, en una oficina o en una escuela, el coeficiente de absorción de ruidos debe estar entre 60% y 80% utilizándose los valores altos para los cursos más bullosos de la primaria. Hay que observar primero, que el tratamiento acústico sólo afecta los sonidos reflejados, nunca los directos y que los materiales absorbentes modifican los sonidos generados dentro del recinto tratado, pero casi no tienen influencia en los generados fuera de él.

El arquitecto tiene a su disposición materiales reflectantes, que avivan el sonido, y absorbentes, que lo apagan. Controlamos los sonidos para la comunicación con superficies reflectivas, disminuimos la reverberación y filtramos los ruidos superfluos con superficies absorbentes, aunque resulta poco práctico reducir los ruidos en más de 5 dB. lo que reduce la sonoridad en un 50%. Dependiendo del uso que se le vaya a dar a la sala, se pondrá más énfasis en uno o en otro. La siguiente tabla clasifica los espacios de acuerdo a su uso y a sus requerimientos acústicos, así como las generalidades del tratamiento que se le debe dar a la envolvente. Los requerimientos van desde muy reflectivos o vivos, hasta muy absorbentes o apagados.

<i>Recintos</i>	<i>Requerimientos típicos</i>	<i>Tratamiento acústico</i>
<u>Vivos</u> <i>Teatros y auditorios (para música)</i>	<i>Conseguir el tiempo de reverberación adecuado para mejorar la calidad de la música.</i>	<i>Superficies reflectantes en la fuente, absorbentes hacia atrás.</i>
<u>Medianamente vivos</u> <i>Salas de conferencia o de reuniones</i>	<i>La voz debe oírse bien hasta 10 metros de distancia</i>	<i>La región central del plafond debe actuar como buen reflector. Material absorbente en la periferia o en las paredes</i>
<u>Medianos</u> <i>Cafeterías</i>	<i>Reducir el nivel general de ruido</i>	<i>Plafond muy absorbente. Bandejas forradas de goma</i>
<i>Canchas y gimnasios</i>	<i>La voz del instructor debe dominar el ruido.</i>	<i>Material absorbente para todo el plafond, no tratar las paredes para permitir sonidos reflejados</i>
<i>Aulas de educación superior</i>	<i>La palabra hablada debe ser inteligible en toda el área</i>	<i>Plafond acústico suspendido. Salas grandes de cátedra requieren algunas superficies reflectivas.</i>
<i>Restaurantes</i>	<i>Reducir el nivel de ruidos, disminuir la bulla de los platos y las voces</i>	<i>Plafond acústico.</i>
<i>Todos los cuartos de hospitales.</i>	<i>Aislar y reducir los ruidos de los radios, TV y visitantes.</i>	<i>Plafond acústico suspendido.</i>
<u>Medianos</u> <i>Tiendas</i>	<i>Reducir ruidos; acceso al plafond para cambios de luces y otros servicios.</i>	<i>Plafond acústico suspendido con paneles removibles.</i>
<i>Hogares</i>	<i>Aislar los ruidos tanto como sea posible</i>	<i>Plafond acústico en la sala, comedor, cocina y área de juegos</i>

<i>Recintos</i>	<i>Requerimientos típicos</i>	<i>Tratamiento acústico</i>
<u>Medianamente apagados</u> <i>Aulas de primaria</i>	<i>El maestro debe ser escuchado, reducir la bulla de los niños</i>	<i>Plafond acústico imprescindible, agregar unidades absorbentes atrás y en las paredes laterales.</i>
<i>Cuartos de ensayo de música</i>	<i>El instructor debe poder oír las notas individuales; reverberación mínima</i>	<i>Plafond y paredes tratados acústicamente. Pared reflectiva detrás de los músicos. Separar el cuarto del resto</i>
<i>Cuartos de trabajo en los hospitales</i>	<i>Reducir la transmisión de ruidos a las áreas tranquilas. Protección contra impactos, vapores y humedad</i>	<i>Plafond acústico plástico o metálico, si posible agregar unidades espaciales lavables, en algunas paredes.</i>
<i>Oficina, estenógrafas</i>	<i>Aislar y reducir los ruidos</i>	<i>Plafond acústico suspendido y muy absorbente, Unidades espaciales en algunas paredes</i>
<i>Corredores en oficinas y hospitales</i>	<i>Reducir los ruidos y controlar su transmisión a cuartos adyacentes</i>	<i>Material acústico en el plafond. Si más alto que ancho, agregar unidades espaciales. Puertas alternadas a ambos lados</i>
<u>Apagados</u> <i>Kindergarten</i>	<i>Máxima reducción de ruidos</i>	<i>Máximo tratamiento acústico en el plafond, unidades en las paredes</i>
<i>Aulas y talleres vocacionales</i>	<i>Máxima reducción de ruidos</i>	<i>Plafond acústico y tratamiento de la parte superior de las paredes. Separar de otras áreas.</i>
<i>Factorías</i>	<i>Máxima reducción de ruidos</i>	<i>El equipo colgante impide el uso de un plafond. Usar paneles acústicos suspendidos en las áreas accesibles del techo.</i>
<i>Polideportivos</i>	<i>Máxima reducción de ruidos, reducir el tiempo de reverberación</i>	<i>Algunas superficies reflectivas si se necesitan para reforzar la voz. Unidades espaciales o paneles suspendidos si no se puede usar plafond.</i>

Los recintos clasificados como apagados requieren el máximo tratamiento de control, e incluyen estudios de radio, TV y de grabación de discos donde todos los sonidos deben oírse individualmente para que puedan ser reproducidos. También se aplica a los recintos que, por la naturaleza de las actividades en ellos desarrolladas, necesitan tranquilidad, como salas de estudio o bibliotecas. La tabla ha sido adaptada del panfleto "SOUND CONTROL CONSTRUCTION" publicado por la U. S. Gypsum Co.

El plafond es el lugar más expedito para instalar los materiales absorbentes. Junto con el piso constituye la superficie continua más grande de la envolvente; está lo suficientemente alejado para que dichos materiales, que son generalmente frágiles, no puedan ser tocados y, por ende, dañados y sirven, además, para ocultar las interconexiones mecánicas de plomería, electricidad y aire acondicionado. En salas donde el plafond queda demasiado alto puede ser necesario proveer tratamiento acústico en la parte superior de las paredes. En caso de no poder instalar un plafond, como es el caso de algunas factorías, se pueden colgar unidades espaciales, que son paralelepípedos con materiales absorbentes en sus seis caras.

29.6 INFLUENCIA DE LA FORMA

Tanto el volumen como la forma de un salón van a influir en la distribución adecuada del sonido. Como ya dijimos, deben evitarse salones alargados con paredes laterales paralelas, así como salones muy amplios con techos muy bajos. Las reflexiones, especialmente la primera, son muy importantes para reforzar el sonido, si no llegan muy retardadas con relación al sonido directo. Debe procurarse que la forma de la sala y la ubicación de las superficies reflectantes, sea tal que la diferencia del recorrido del rayo directo y del primer reflejado no sea mayor de 12 metros. Hay que tomar en cuenta que el coeficiente de absorción de los materiales varía para las diferentes frecuencias, lo que siempre altera la fidelidad del sonido reflejado. La difusión de los sonidos ayuda a distribuirlos uniformemente a todos los lugares de la sala, mientras que la concentración puede producir grandes diferencias entre un punto y otro. Las superficies planas y las convexas producen difusión, mientras que las cóncavas pueden ocasionar concentraciones de sonido, por lo cual deben evitarse. Los difusores sólo actúan si sus dimensiones son mayores que la longitud de las ondas incidentes. Una columna de menos de 0.70 metros no puede reflejar un sonido de 500 Hz, que es la frecuencia promedio de la voz de hombre, porque la difracción lo hace doblar a su alrededor, por eso, la difusión es más fácil para los sonidos de alta frecuencia. Hay que minimizar el nivel de los ruidos de fondo aislando suficientemente la envolvente para limitar las transmisiones de otras áreas; usar los equipos mecánicos más silenciosos, o mantenerlos aislados y proveer materiales absorbentes en el piso, los asientos y en la parte posterior del salón.

29.7 CONTROL DEL SONIDO TRANSMITIDO

Lógicamente notamos que los sonidos en recintos contiguos se transmiten fácilmente por la puerta que los comunica, aunque también nos percatamos que penetra a través de las paredes, pisos y techos. No tan claro, pero no menos cierto, es la transmisión de sonidos a través de salidas eléctricas, orificios y ranuras en las paredes, tuberías sanitarias y ductos de ventilación o de aire acondicionado.

El control de los sonidos es importante para una edificación desde el momento de su concepción en la mente del arquitecto, ya que debe influir en la selección del sitio, localización con respecto a fuentes de ruidos, orientación con relación a la calle, ubicación de un recinto con relación a los otros, etc., continuará siendo importante durante el período de construcción para asegurarse de que se emplean los materiales adecuados y las técnicas idóneas. Pocas veces se le da importancia a la presencia de fuentes de ruidos objetables en la selección del sitio, ya que hay tantas variables envueltas, originando una secuela de falta de confort y nervios de punta, muy difíciles de mejorar a posteriori. Pueden aprovecharse barreras naturales entre la fuente de ruidos y la ubicación del edificio, como colinas o grandes diferencias de nivel. Contrario a nociones muy popularizadas, la vegetación y los árboles tienen muy poca influencia en la absorción de ruidos; mayor la tiene la distancia por la disminución cuadrática de la intensidad. Debe tratar de utilizarse el mismo edificio para controlar los ruidos, alejando los espacios que requieren mayor tranquilidad. Se debe evitar diseñar edificios largos y paralelos u otras formas que tiendan a encerrar los sonidos reflejados. Un edificio curvo que exista frente al lugar puede concentrar los sonidos en algún punto del edificio nuevo imposibilitando la audición normal. Si nuestro edificio tiene forma de "C" o de "U" podríamos orientarlo con respecto a la fuente de ruidos de modo que disperse, en lugar de concentrar, las sucesivas reflexiones. Si no existe una barrera natural, una verja sólida, lo suficientemente alta, puede disminuir en 10 ó 20 decibeles el ruido transmitido, especialmente los de más alta frecuencia. Esta verja debe colocarse cerca de la fuente de ruidos, para que el ángulo de protección sea el mayor posible, y no tener huecos o calados. Los recintos deben agruparse de modo que los generadores de ruidos, como cocinas o cuartos de máquinas, estén de un lado y los que requieren tranquilidad, como dormitorios o salas de estudio, queden del lado opuesto. De igual modo deben evitarse en los dormitorios ventanas grandes orientadas hacia la fuente de ruidos.

29.8 SONIDO DIRECTO

Todos los sonidos se transmiten por el aire para poner a funcionar nuestro aparato auditivo, pero distinguimos el sonido directo cuando la fuente original también hace vibrar el aire. Estas vibraciones, así como las vibraciones producidas por maquinarias, generan oscilaciones en los elementos estructurales que

constituyen sonidos que viajan más rápidamente y con menos pérdidas que en el aire, aunque, al final, tienen que ser transmitidas por el aire para poder ser oídas. Por eso se les denomina **sonidos indirectos**. La transmisión del sonido entre un ambiente y otro se controla con la masa, o la falta de rigidez, de la barrera interpuesta; con el aislamiento de la fuente con material absorbente. Esto debe complementarse con medidas para evitar que el sonido flanquee la barrera o introduciendo un agradable sonido de fondo para enmascarar el ruido indeseable.

Mientras mayor sea la masa inercial, más difícil será poner el cuerpo a vibrar. Una pared de concreto denso tiene un coeficiente de transmisión menor que una de yeso. La relación entre la absorción y la masa es exponencial de modo que se gana muy poco aumentando el grueso de paredes sobre los 15 cms. Una excepción a esta regla ocurre cuando la frecuencia del sonido coincide con la frecuencia natural de la barrera, la vibración armónica de la barrera misma hace que el sonido pase sin ser absorbido. Todas las panderetas sólidas, dependiendo del material de que estén hechas y de sus dimensiones, tienen varias frecuencias armónicas naturales, sea porque vibre la pandereta entera o porque se induzcan ondas longitudinales sinusoidales, como cuando hacemos vibrar una sogá.

Una cámara de aire entre dos panderetas separadas incrementa notablemente la absorción del sonido. La primera división hace vibrar la cámara de aire con alguna pérdida de energía y ésta, a su vez, induce vibraciones en la segunda. Sin embargo, se ha determinado que hay muy poco incremento en la efectividad de una cámara de aire de más de 15 cms. de ancho. Es importante que no haya puentes sonoros entre una pandereta y otra que anularían la eficiencia de la barrera. Mucho mejores resultados se obtienen rellenando la cámara de aire con un material poroso y absorbente como lana mineral o espuma de poliuretano. Los huecos o alvéolos de aire en estos materiales actúan como cajas de resonancia convirtiendo la energía sonora en calorífica, aunque ésta, por lo exiguo de las magnitudes, sea imperceptible. Un ejemplo típico de este tratamiento lo constituye una división de parales de madera de 2" x 3", desfasados unos de otros, con soleras y durmientes separados, forradas en ambas caras con placas de yeso (gypsum boards) para llevar el grueso total a 8" (20 cms.) y con un colchón de fibras minerales de 4" entre los parales. Con este tipo de división, si está debidamente instalada, se puede conseguir una atenuación de 60 decibeles en la transmisión del sonido. Resultados un poco menos absorbentes se obtienen cuando se conectan los paneles a los parales, de ambos lados, con "clips" flexibles que amortiguan las vibraciones, aún cuando se usen parales sencillos.

Aunque juega un papel limitado en el control de la transmisión de sonidos la falta de elasticidad en los materiales los hace útiles en algunos casos. Esto lo observamos en el efecto amortiguador de las cortinas de telas pesadas. Una lámina de plomo entre dos gabinetes de baño, o dos cajas eléctricas, que se encuentren uno a espaldas del otro provee una atenuación equivalente a los 10 cms. de tabique; sólo su alto costo previene su uso más frecuente.

De vital importancia es el sellado de las juntas perimetrales de la barrera. Un agujero de 6 cms², o una fisura de 1.5 mm de ancho y 40 cms. de largo disminuye la absorción en más de 10 decibeles que es una cifra bastante significativa. Hay que usar un cordón de masilla acústica en cada lado de la división, dejando, para este efecto, ranuras de 6 mm. de ancho y de profundidad.

29.9 TRANSMISIÓN INDIRECTA

El fallo en el control de la transmisión de sonidos ocurre porque éstos consiguen una ruta alternativa que obvia la barrera. Por ejemplo, si la división se detiene en el plafond, el sonido pasará por encima anulando su efectividad absorbente. Los ductos y tuberías que conectan los diferentes espacios actúan como una vía expreso para el sonido. Cuando un sonido se desplaza paralelamente a una superficie, tiende a seguirla aunque haya obstáculos en el medio. La pared exterior, o de un pasillo, común a varios ambientes transmite los sonidos prácticamente inalterados hasta grandes distancias. Ventanas abiertas a ambos lados de una división proveen una ruta alternativa, pero el peor efecto ocurre con las puertas. Colocar una puerta frente a la otra a lo largo de un pasillo implica, acústicamente, la eliminación de las paredes del pasillo. Las puertas deben tener las dimensiones mínimas requeridas y deben tener una cinta de material plástico a todo lo largo de los batientes y una junta de goma en la parte inferior.

Las puertas sólidas ofrecen mejor protección que las huecas, y en casos donde sea crítico el control de sonidos, deben usarse pares de puertas, sólidas y debidamente selladas, en cada hueco. Sólo así se consigue la misma atenuación en los huecos de puertas que en el resto del muro.

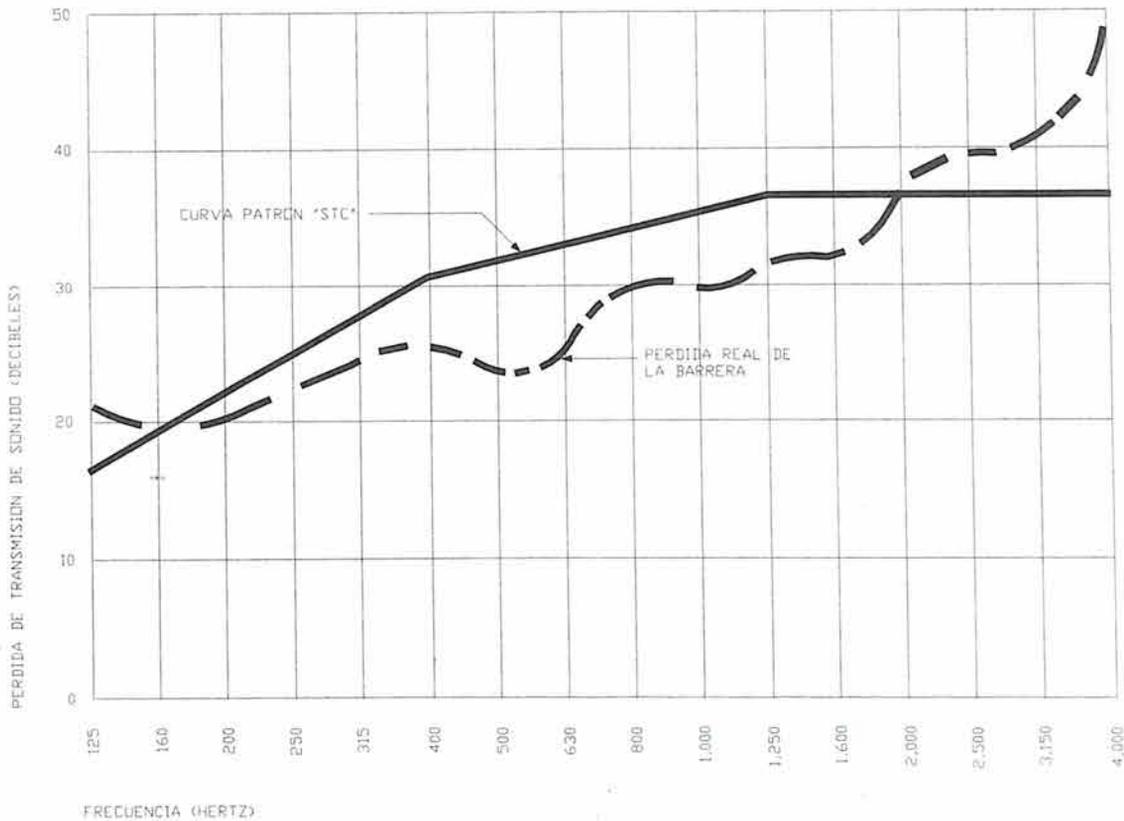


Figura 29.2

29.10 MEDICIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE SONIDOS

En un cuarto se coloca una fuente de sonido ajustable a una gama de frecuencias standard. En otro cuarto, separado por una pared hecha del material que se va a medir, se colocan los micrófonos, así como en el cuarto donde está la fuente. Se plotean las diferencias para cada frecuencia (absorción), línea punteada en la Figura 29.2. La curva patrón, línea sólida, se ajusta verticalmente hasta que el promedio de la diferencia debajo de la curva patrón sea de 2 dB., y ningún punto quede a más de 8 dB. Donde la curva patrón intersecta los 500 hertz se usa para la Clasificación en la Transmisión de Sonidos. En inglés se denomina "Sound Transmission Class", y el tabique cuya prueba se muestra en la gráfica, se clasifica STC-32. La curva patrón toma en cuenta que el oído humano responde menos a las frecuencias bajas. Para una buena barrera este número debe estar entre STC-45 Y STC-60, este último para edificios residenciales muy lujosos. Un STC-30 sería el mínimo tolerable.

29.11 RUIDO DE IMPACTOS

El sonido producido cuando un cuerpo golpea a otro, como los ruidos de pisadas, se esparce por toda la estructura. Finalmente tiene que pasar al aire para poder llegar a nuestros oídos, pero sigue clasificándose como ruido de impacto. Su transmisión puede controlarse por aislamiento, absorción, eliminando las vías indirectas o enmascarándolo con sonidos neutros. La plasticidad de los materiales disminuye dicha transmisión pero empeora el comportamiento estructural. La influencia de la masa es mucho menor que para el control del sonido aéreo ya que la energía del impacto incide directamente, y sin pérdidas, sobre la superficie del material induciendo las vibraciones de inmediato. Lo mismo ocurre con fuentes que hacen vibrar las estructuras, como motores, bombas, tuberías de descarga, abanicos, etc. que deben ser aisladas con conexiones o monturas flexibles. Los materiales absorbentes funcionan también

para los ruidos de impacto. Un colchón de fibras minerales sobre un plafond suspendido ayuda a absorber los ruidos de impacto que provienen del piso superior, pero es necesario que el sistema de suspensión sea lo suficientemente flexible para que el ruido no se transmita directamente al entramado del plafond. Cualquier conexión rígida entre los diversos elementos de la construcción, como un tubo de hierro empotrado en un muro, un ducto de ventilación entre dos losas, panderetas unidas a los muros de carga, cristales en contacto directo con las divisiones de aluminio, etc. proveen vías indirectas para la transmisión de los ruidos de impacto.

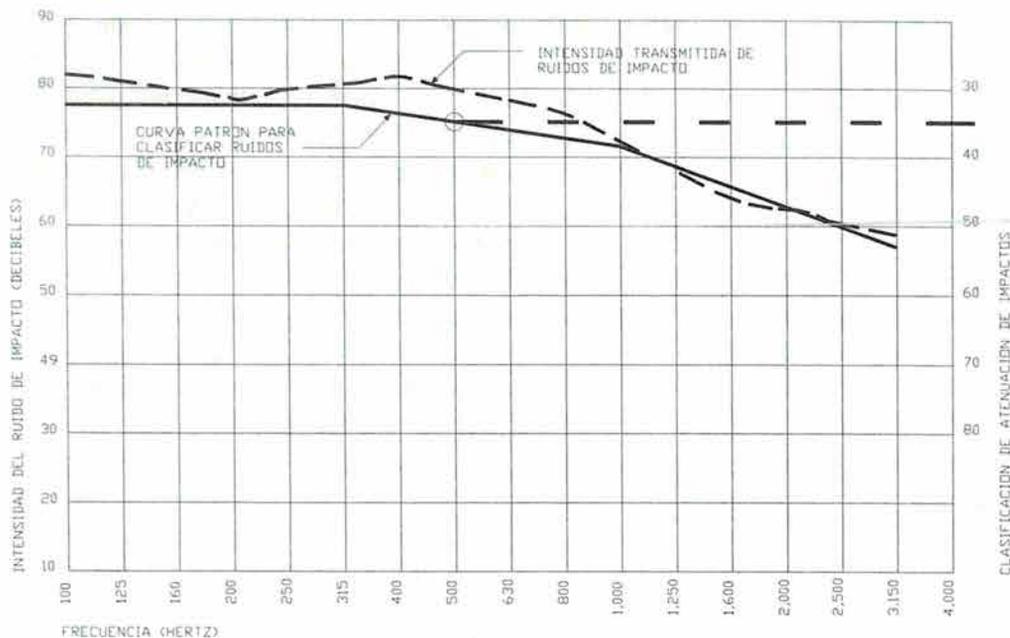


Figura 29.3

La efectividad de las barreras usadas para controlar la transmisión de los ruidos de impacto se mide de un modo similar al usado para el sonido aéreo. El Buró Nacional de Normas (National Bureau of Standards) de los Estados Unidos ha desarrollado una manera de medir el aislamiento de impactos (Impact Isolation Coefficient, IIC) donde se plotea la curva de la intensidad medida de los ruidos de impacto, se desplaza la curva-patrón a la localización más baja de modo que ningún punto de la curva medida esté a más de 8 dB por encima y el promedio de desviaciones para cada frecuencia sea menor de 2 dB. El punto de intersección de la curva-patrón con los 500 Hz marca, en la escala de la derecha, la clasificación para el aislamiento de impacto. La barrera cuyo ejemplo se muestra en la figura 29.3 se clasifica como IIC-34. Una clasificación entre 50 y 55 generalmente es satisfactoria, entre 55 y 60 es muy satisfactoria y cualquier construcción clasificada sobre 60 originará muy pocas quejas en un edificio residencial de primera categoría. Unos tacos de goma producirán mucho menos perturbaciones que unos de puntas de acero. La próxima línea de defensa consiste en desacoplar los componentes de la estructura. Muchas veces es posible hacer que la losa de piso flote sobre una capa flexible que la aísla del resto de la estructura, impidiendo la transmisión de los ruidos. La absorción se mejora si también los tirantes del plafond acústico que está debajo se unen a la estructura con resortes, o clips flexibles. Se mejora aún más la absorción introduciendo colchones de material absorbente sobre el plafond. El material de éste absorbe los sonidos generados en el recinto de abajo, aunque es casi transparente a los sonidos transmitidos desde arriba. Una losa de concreto de 0.15 terminada con un piso de vinilo, empañetada por debajo, tiene una clasificación IIC-36. Con una alfombra gruesa de 44 oz/yd² (5.4 kg/m²) y una base de fieltro de 40oz/yd² (5.0kg/m²) se incrementa a IIC-65.

30. PISOS

Es necesario advertir que ningún piso es mejor que la base donde está fundado. Como ya explicamos en el capítulo 2, **MOVIMIENTO DE TIERRAS**, hay que remover **toda** la capa vegetal, depositar el relleno, con una humedad óptima, en capas no mayores de 20 cms., apisonadas hasta alcanzar la compactación especificada, pero que nunca debe ser menor del 90%. Por nuestras condiciones climáticas y entomológicas, es aconsejable tomar dos precauciones adicionales antes de colocar los pisos: proveer dos tratamientos contra el comején, inyectando insecticidas después de la excavación y después de terminado el relleno; y colocar una película gruesa de polietileno, como barrera de vapor, sobre el relleno compactado. Esto evitará la migración del vapor de agua, ante el cual el concreto es muy permeable, empujado por un gradiente que va desde el suelo húmedo hacia arriba, especialmente por la noche, que se traduce en una proliferación de hongos en los sitios que, como los closets, tienen poca ventilación. La selección del material de pisos en la construcción es de gran importancia ya que, generalmente, presentan la mayor área visible de todos los elementos constructivos y están sujetos al mayor desgaste. Pueden clasificarse en **duros** y **flexibles**, de acuerdo a las características del material de que están hechos. Estos últimos son fisiológicamente más adecuados porque producen menos esfuerzos en los músculos y tendones de las piernas. Lamentablemente, por razones económicas, los primeros son más comunes entre nosotros, por lo cual los estudiaremos primero. Pueden ser naturales, como los de piedra, o artificiales, como los que se construyen a base de cemento Portland o son productos de la alfarería. Los primeros pueden ser vaciados in situ o en losetas de diversos tamaños.

30.1 SUELO-CEMENTO

El piso duro más económico, aparte del de tierra apisonada, es el de suelo-cemento, que ya vimos en el artículo 6.4, que puede usarse como piso terminado en construcciones rurales o como la sub-base para pisos de losetas, ofreciendo más resistencia que la de un relleno normalmente compactado.

30.2 REJÓN

Consiste en una capa de granza, con un mínimo de 10 cms. de grueso, bien apisonada; sobre la cual se esparce una capa de mortero de cemento y arena con un grueso mínimo de 1.5 cms., Figura 30.1. Se usan hilos o guarderas para delimitar las superficies terminadas, rateando la superficie con reglas bien derechas. Después del primer fraguado, cuando ya se pueda caminar sobre el piso, se humedece la superficie y se le pasa la flota de madera con un movimiento circular hasta obtener una superficie uniforme. Se deben hacer juntas violinadas a no más de 1.50 de distancia, para controlar que las rajaduras se disimulen lo más posible.

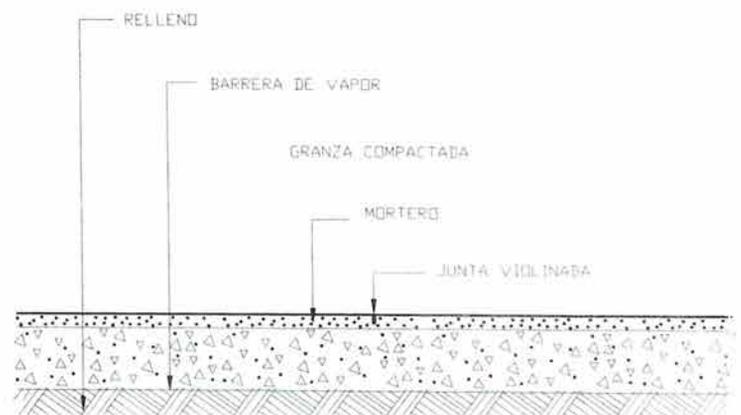


Figura 30.1

30.2 LOSAS DE CONCRETO

La losa de concreto se vacía sobre el relleno bien apisonado, Figura 30.2, o sobre el falso piso, con guías previamente colocadas para asegurar que se mantenga el espesor requerido por los cálculos y las pendientes necesarias para el desagüe. Debido a la retracción natural del concreto, en las losas sobre relleno, es recomendable vaciarlas en cuadros separados por juntas de modo que no sea acumulativa. La superficie puede terminarse directamente sobre la losa vaciada si se siguen los siguientes pasos:

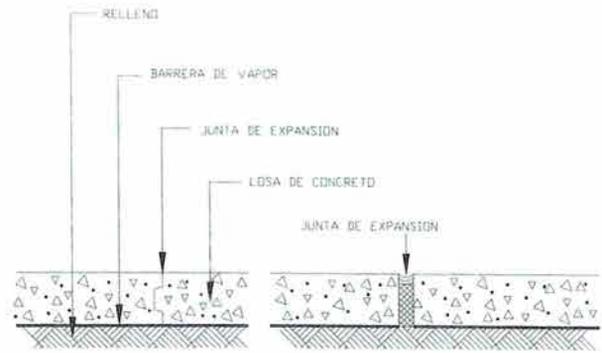


Figura 30.2

- 1.- Colocar guías firmes, de madera, de tubos o perfiles de acero, para asegurar los espesores mínimos y las pendientes requeridas hacia los desagües. No es lo suficientemente preciso el tratar de guiarse sólo con hilos de gangorra. Hay que remover las guías antes del fraguado final, rellenando los huecos con concreto fresco.
- 2.- Usar un pisón de rejilla en toda el área mientras el concreto está en estado plástico para hacer bajar el agregado grueso y dejar superficialmente sólo el mortero de arena y cemento (**naiboa** en el argot de nuestros albañiles). Un grano de gravilla movido por la flota produce ranuras que imposibilitan la buena terminación.
- 3.- Después del primer fraguado, cuando apenas se pueda pisar sin dejar huella, se moja la superficie y se usa la flota con los movimientos circulares que describimos para el rejón. Puede apresurarse el comienzo de estas labores usando planchas de plywood donde se arrodille el albañil, de modo que su peso quede bien repartido sobre una amplia superficie. Cuando no se tiene el personal y el equipo necesarios para trabajar por lo menos dos tandas, hay que comenzar el vaciado por la mañana para dejar la terminación para por la tarde, recordando que el calor del mediodía acelera notablemente el fraguado.
- 4.- Mantener húmeda la superficie, durante por lo menos, 4 días inmediatamente después del fraguado. Esto puede hacerse colocando diques de barro alrededor de la losa, obturando los desagües e inundando con agua de unos pocos centímetros de profundidad.

Una alternativa para las juntas de construcción, en las losas sobre relleno, consiste en vaciar la losa completa y, después del primer fraguado, cortar ranuras con una sierra de disco abrasivo, que lleguen hasta la mitad del grueso de la losa.

Cuando no se pueden llenar los requisitos antes mencionados, es necesario terminar la losa con un **fino** de cemento y arena 1:3 de por lo menos 2 cms. de grueso. Para estos fines se deja la superficie de la losa tan rugosa como sea posible, para proveer la adecuada adherencia, quizás hasta peinándola con un rastrillo, y al día siguiente de vaciada se establecen las pendientes necesarias, esta vez sí se pueden usar hilos de gangorra, para terminarla con la flota de madera como hemos descrito anteriormente. Mientras más se tarde la aplicación del fino, peor será su adherencia a la losa, ofreciendo el peligro de que se "agalletee", es decir, que suene hueca cuando se golpee, se raje y se desprenda en pedazos más o menos grandes.

Cuando la losa sobre relleno ha de soportar cargas pesadas, o cuando se trata de terrenos malos o poco homogéneos, es recomendable usar el concreto armado. Pueden usarse varillas $\varnothing 1/4"$ ó $\varnothing 3/8"$ amarradas con alambre dulce o mallas electrosoldadas que vienen en rollos o en paneles. Hay que recordar que la armadura debe estar separada del suelo con un mínimo de 3 cms. de concreto para proteger el acero contra la oxidación. Tanto a los pisos de rejón como a los de concreto pueden dárseles terminaciones más lisas. Se humedece de nuevo el piso después de flotado, se esparce uniformemente polvo de cemento, que puede ser coloreado, y se termina con una llana de acero. Un equipo especial para estos fines, con motor de gasolina o eléctrico, tiene cuatro aspas rotatorias de acero, por lo cual aquí se ha bautizado como el "helicóptero", que produce una terminación lisa y brillante en muy corto tiempo. Por la riqueza de la mezcla superficial, en este tipo de terminación es imprescindible un buen curado para evitar rajaduras.

30.3 MOSAICOS

Denominamos "mosaicos" a las baldosas de cemento, porque las primeras que se fabricaron en el país, a principios del siglo XX, imitaban los mosaicos de fragmentos de mármol que tanto se usaron para pisos y decoración de muros durante el período helénico y el romano, hace más de dos mil años. Bien hechos y colocados constituyen un piso agradable, duradero, fácil de mantener y bastante económico, lo que los ha hecho muy populares en nuestro medio. Se fabrican de unos 2 cms. de grueso, cuadrados de 25 x 25 cms. o rectangulares de 10 x 25 vertiendo una lechada de cemento coloreado en el fondo de un molde de acero sumamente liso, luego se vacía una capa de mortero de cemento y arena, bien seco, hasta acabar de llenar el molde. Después la prensa lo comprime y lo vibra de tal forma que la loseta se puede sacar del molde de inmediato. De allí se lleva a la cámara de curado donde recibe vapor de agua o rocío durante una semana. La capa coloreada debe tener, por lo menos, 2 mm de grueso ya que una más fina se desgastaría con el uso dejando visible el cemento gris. Para los mosaicos originales se usaba una retícula metálica donde un operario vertía las diferentes lechadas según el esquema de colores. Luego se sacaba la retícula y se rellenaba el molde con mortero de cemento gris, según hemos descrito. El costo de la mano de obra ha hecho prohibitivo este sistema; los más comunes son de un solo color aunque también se han popularizado los de dos colores, ya veteados, en una burda imitación de madera o de mármol o salpicando el color de fondo con gotas de otro color, para imitar el granito. Sólo la destreza de los operarios mantiene una semblanza de uniformidad en la producción. Los zócalos tienen el mismo largo del mosaico por 10 cms. de altura. El tope superior es redondeado en cuarto bocel. Hay piezas especiales apareadas para zócalos, con los extremos cortados a 45°, para los ángulos entrantes y para los salientes.

30.4 ADOQUINES

Son bloques de piedra natural o artificial que se han usado, desde tiempos muy antiguos, para pavimentar calles y caminos. Por su dureza y durabilidad el granito es la piedra natural más utilizada para estos fines, como lo atestiguan muchas calles de ciudades europeas, en uso desde la época medioeval. Se forman con cubos de piedra de aproximadamente 4" (10 cms.) de arista que se colocan sobre cama de mortero o de arena. Los adoquines de concreto vienen en diversas formas, Figura 30.3, en colores gris, amarillo, verde, rojo, marrón y quemado (marrón oscuro). Las dimensiones están en centímetros, el grosor de la pieza aparece debajo del nombre de cada una y el número que aparece en el centro representa la cantidad de piezas por metro cuadrado. Son muy usados en áreas de estacionamiento vehicular. Se colocan sobre una capa de arena bien compactada, entre 1" y 2" de grueso, dependiendo del peso que se ha de soportar, y las juntas también se llenan con arena. Esto simplifica la corrección de cualquier defecto o hundimiento que ocurra durante el uso. Hay que tomar en cuenta no sólo el desagüe superficial sino el de la sub-base, debido a la permeabilidad de la arena. En el tipo Riviera los huecos se rellenan con humus donde se siembra grama que sobresale de la superficie de los adoquines, dando la impresión de un área recubierta de césped.

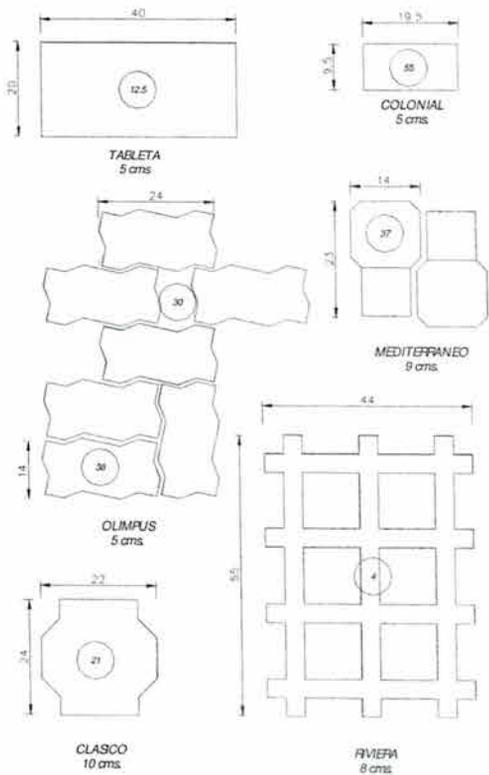


Figura 30.3

30.5 GRANITO

Realmente este material debe llamarse **terrazo**, formado por gravilla de mármol embebida en un fondo de cemento, que luego se pule para imitar el granito natural. Puede ser pre-fabricado en baldosas o escalones, o vaciado in situ. Las baldosas se fabrican de un modo similar al descrito para los mosaicos, pero en vez de la lechada de cemento se usa una mezcla de la gravilla de mármol, marmolina y cemento blanco, gris o coloreado y agua que se vierte sobre el fondo del molde de acero, cubriéndola luego con mortero de cemento gris. Se comprime y se vibra vigorosamente y se lleva a la cámara de curado. El grueso de la capa de terminación depende del grueso de la gravilla usada, que se clasifica en tamaños

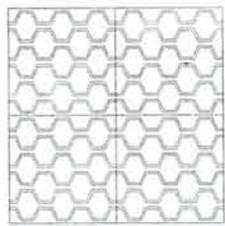
entre 1 y 4, según pasen por los tamices de 1/8", 1/4", 1/2" o mayores de 3/4". Las baldosas pueden ser de 25 x 25, 30 x 30, 33 x 33 hasta 40 x 40 cms. Estas últimas con un grueso total de hasta 4 cms. se usan con pedazos planos de mármol, de considerable tamaño, que tienen que ser distribuidos a mano, antes de vaciar el relleno complementario con la gravilla, terminando el proceso con mortero de cemento gris y con la compactación y el vibrado anteriormente descritos. Luego de una semana de curado, se les da un primer desbaste con piedra, se cubren con un derretido de cemento y marmolina del color adecuado y están listas para el despacho. Los zócalos se fabrican recortando tiras de losetas de 7 ó 10 cms. de ancho, luego recortando el mortero de cemento de la parte de atrás para llevarlas a 1 cm. de grueso y finalmente ochavando el canto superior. Una variante lo constituye el mármol **brecha** (Brescia) artificial fabricado por Baldosas de Granito: en un molde cúbico de acero, de 90 cms. de arista, se vacía una mezcla del cemento y la marmolina del color deseado junto con la gravilla y grandes bloques de mármol. A la semana este cubo se corta en rebanadas de 2 cms. de grueso, de las cuales se sacan losetas de 40 x 40 cms. La mejor cara se pule y se brilla resultando difícil distinguirlas de las de mármol brecha natural.

El granito vaciado debe estar siempre sobre una losa de concreto cuyo tope está por lo menos 2 cms. bajo el nivel de piso terminado y que se ha dejado con una superficie rugosa para asegurar la adherencia. Se fijan unas cintas divisorias, de aluminio, bronce o de material plástico, de unos 5 x 15 mm. de sección cuyo tope quede ligeramente por encima del nivel de piso terminado. Estas divisiones son lo suficientemente flexibles para poder darles formas rectas o curvas. Luego se vacía la mezcla del cemento, marmolina y la gravilla de mármol, con lo cual se consiguen diseños muy decorativos aprovechando la diversidad de colores disponibles. A renglón seguido se pasa sobre la mezcla un rodillo de mano que pesa unas 100 lbs. (45.5 kg.) para compactarla, aunque nunca a la densidad de las losetas. Al cabo de una semana de curado, se puede iniciar el proceso de pulimentación, como veremos en el párrafo 30.9 INSTALACIÓN. Otra forma de granito vaciado se consigue con una mezcla de piedrecitas de mármol con resina epóxica coloreada, la cual se esparce sobre la superficie de la losa de concreto. Luego de endurecida se pule como el granito corriente. Tiene la ventaja de que la capa es de apenas un centímetro de grueso, lo que agrega muy poco espesor a los entresijos y disminuye el peso muerto. Se usan también granos de arena de diversos colores mezclados con la resina, material patentado como **granulite**, muy apropiado para terrazas de piscinas para que el piso no sea resbaladizo.

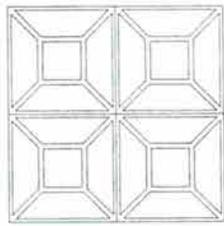
Una variante del piso vaciado lo constituye el **agregado expuesto**, usando cualquier tipo de gravilla. Cuando el tope de terminación haya obtenido su primer fraguado, pero antes de endurecerse por completo, se barre con agua y un escobillón de cerdas gruesas para eliminar el mortero superficial, de modo que las piedrecitas queden en relieve. Si se barre con demasiado vigor se corre el riesgo de sacar también la gravilla de sus alveolos. El mismo efecto se puede conseguir en paredes y columnas, pero, en este caso, se unta el molde con un retardador del fraguado, lo que facilita la remoción del mortero superficial después del descimbrado.

30.6 VIBRAZOS Y VIBRORÚSTICOS

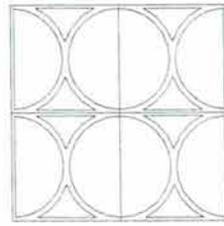
Tavares Industrial, C. por A. fabrica losetas densas y compactas, de 30 x 30 y de 40 x 40 cms., denominadas **vibrazos**, con granito de uno o de varios colores, desbastadas y pulidas de modo que se entregan listas para ser colocadas en la obra. Tienen ranuras geométricas muy decorativas, Figuras 30.4, 30.5 y 30.6. Se han dibujado en grupos de por lo menos cuatro unidades para poder percibir el efecto de conjunto. En algunos casos se han mostrado diferentes arreglos con las mismas unidades como en las 102, 114 y 314. La anotación "A" y "B" significa que una unidad es la imagen invertida de la otra. Se usan especialmente en terrazas, aceras y plazas, donde se requieran pavimentos de alta resistencia. Los vibrorústicos, generalmente de 30 x 30 cms. se entregan sin pulir con una terminación mate especial. Se pueden conseguir diseños exclusivos, como por ejemplo, reproduciendo el logotipo de una compañía.



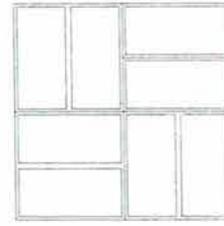
33



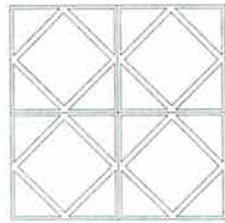
106



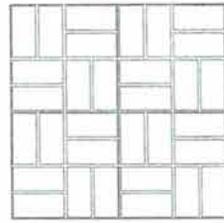
107



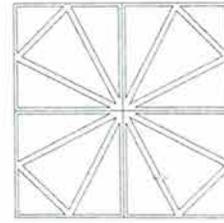
108



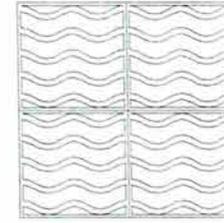
110



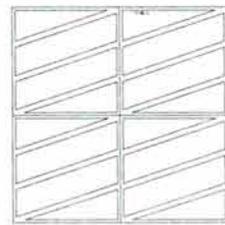
111



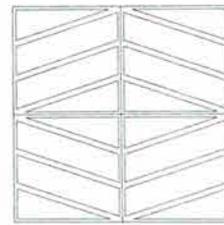
112



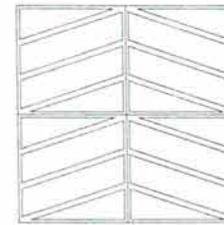
113



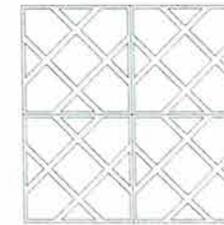
114



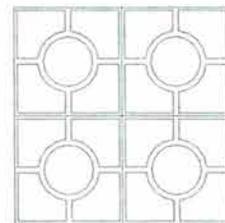
114



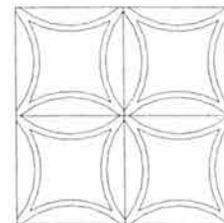
114



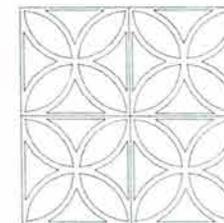
115



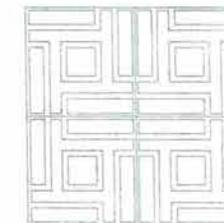
116



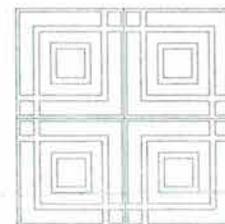
117



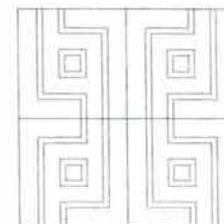
118



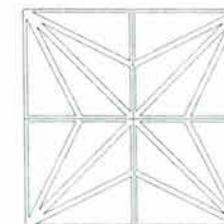
120-A-B



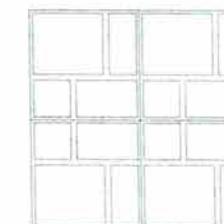
121



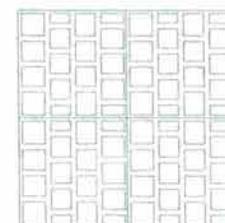
122-A-B



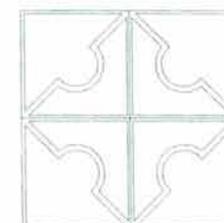
123



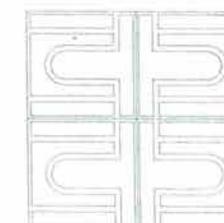
124



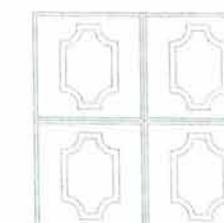
125



126



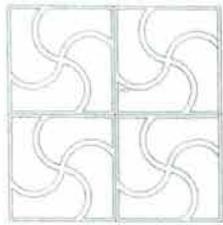
127



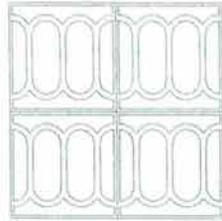
-128

LOSETAS DE 320 x 30

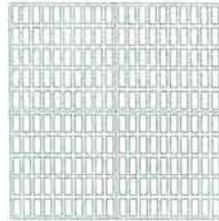
Figura 30.4



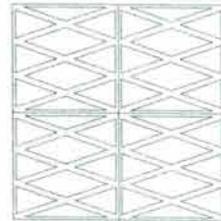
129



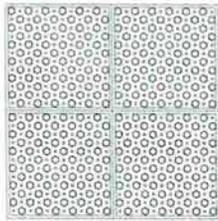
130



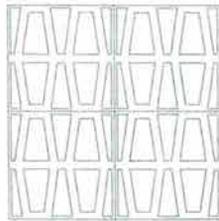
152



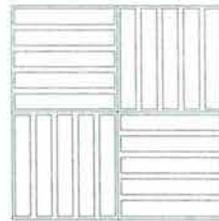
201



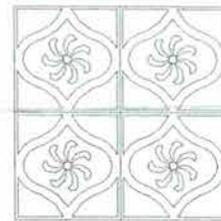
211



220



240



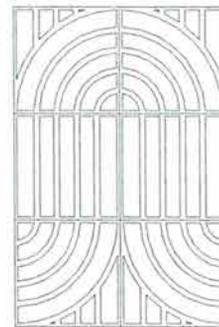
301



314-A-B



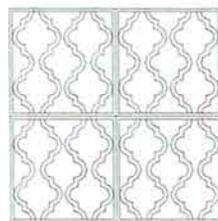
314-A-B, 240



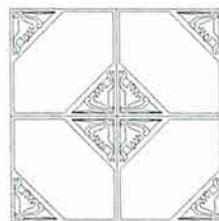
314-A-B, 240



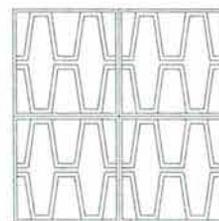
314-A-B



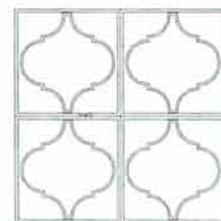
304



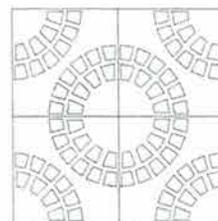
310



332



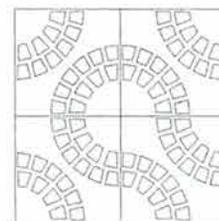
351



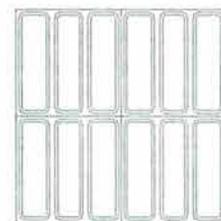
336



336



336



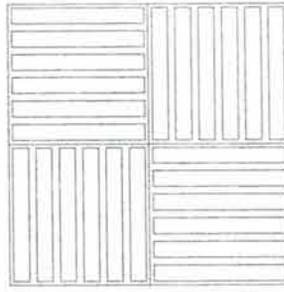
358

LOSETAS DE 30 X 30

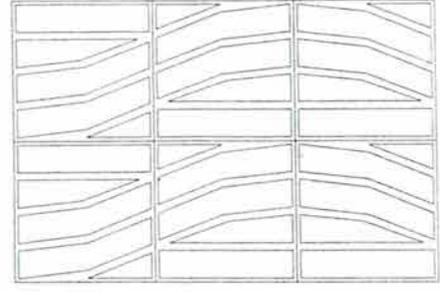
Figura 30.5



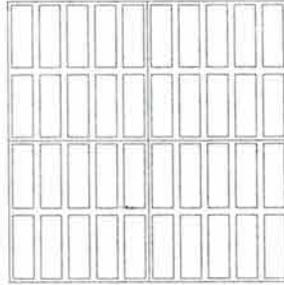
100



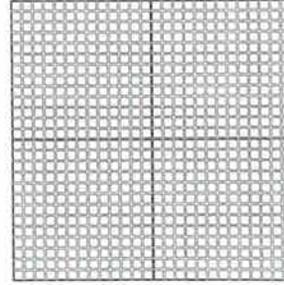
101



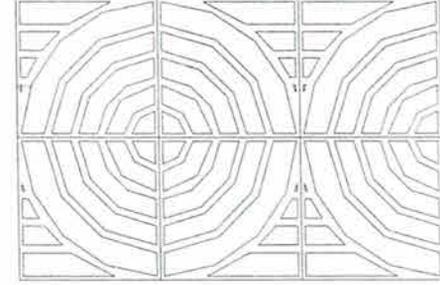
102-A_B



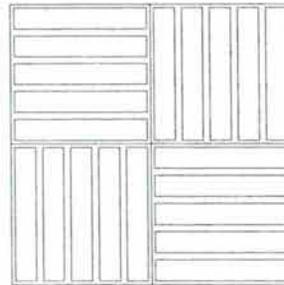
103



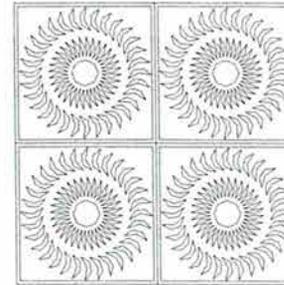
104



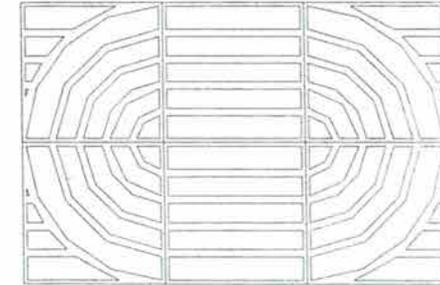
314-A-B



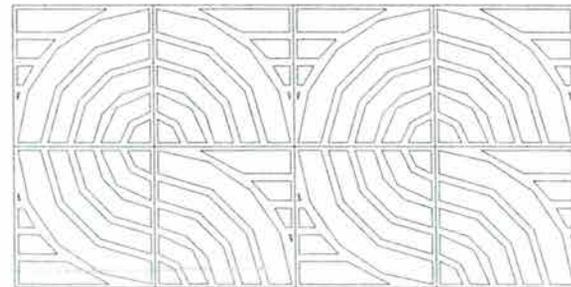
240



330



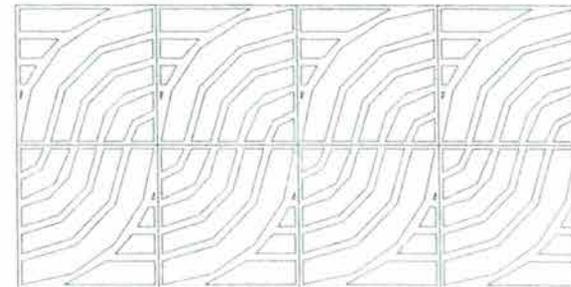
314-A-B, 240



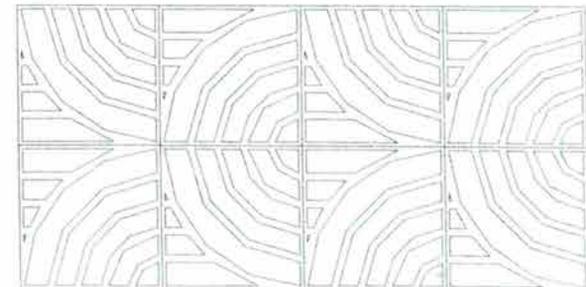
314-A-B



314-A-B, 240



314-A-B



314-A-B

LOSETASDE 40 X 40

Figura 30.6

30.7 LADRILLOS Y LOSETAS DE BARRO

Productos de la alfarería que ya vimos en el artículo 9.3. Los más adecuados para pavimentación son los prensados, por ser más densos y resistentes a la abrasión, pero, por ser lisos, son peligrosos cuando se usan a la intemperie. Las losetas son de $\frac{1}{2}$ " de grueso y vienen en las formas, y denominaciones, mostradas en la Figura 30.7. Las dimensiones están dadas en centímetros y el número que aparece en el centro son las unidades que entran por metro cuadrado. Una variedad de estas losetas la constituye el "quarry tile", hechos de arcillas escogidas, no vitrificadas, en moldes de extrusión, que son sumamente duraderas, impermeables y resistentes a la acción de los ácidos y las grasas, por lo cual son muy usadas en pisos de cocinas institucionales y en laboratorios químicos. Vienen en cuadrados de 6" x 6" (0.15 x 0.15) y de 8" x 8" (0.20 x 0.20) y en colores rojos, grises, marrones y cremas.

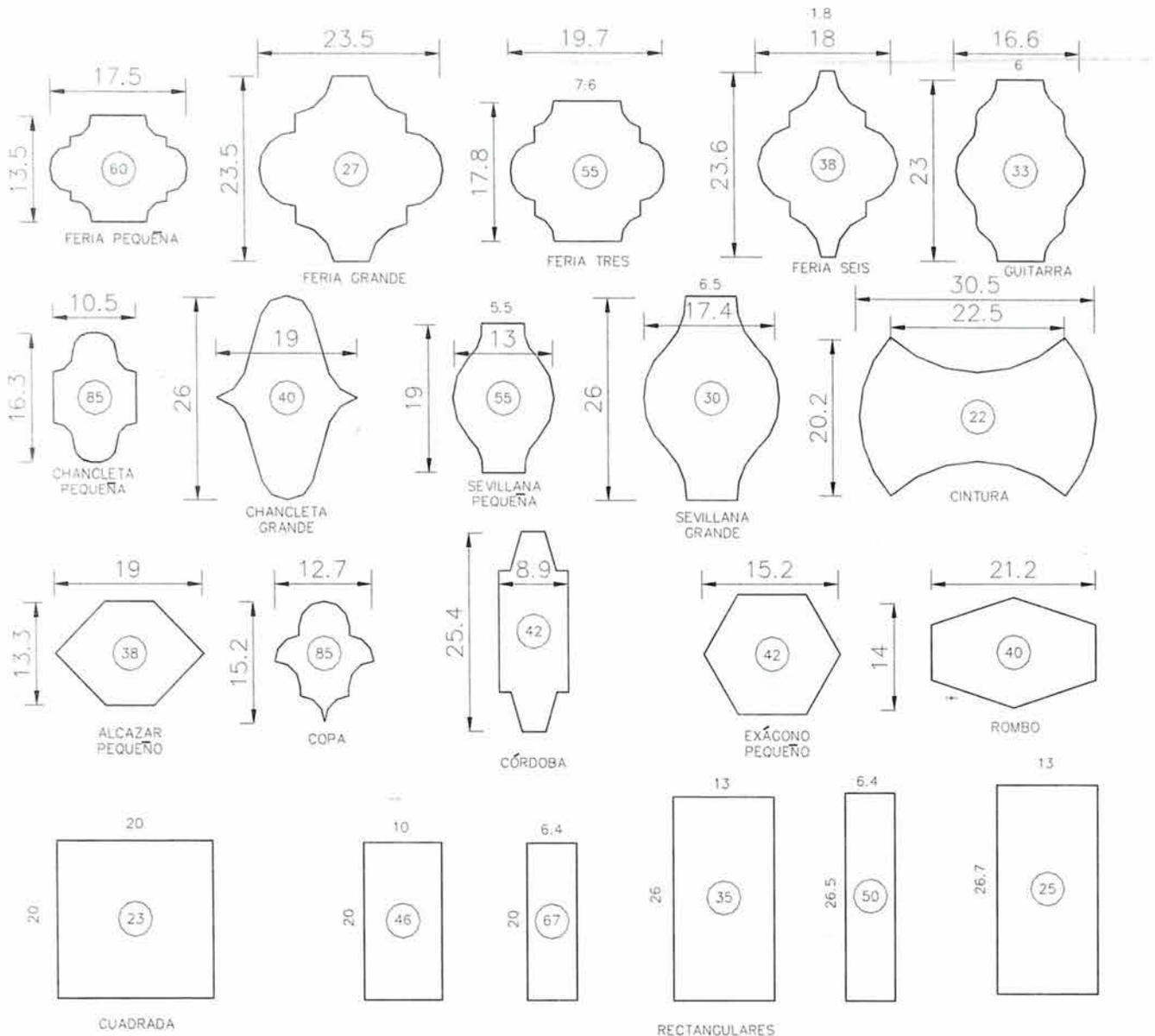


Figura 30.7

30.8 CERÁMICA

Las arcillas empleadas en la fabricación de ladrillos y tejas, casi siempre micáceas, tienen un alto contenido de óxido de hierro lo que les da la coloración rojiza característica. En la cerámica se emplean arcillas más puras, ricas en alúmina como el kaolín y las feldespáticas que terminan con un color blanco o cremoso; en la mayoría de los casos son más porosas que las anteriores por lo cual se hace necesario, después de una primera cochura, protegerlas con una capa que las impermeabilice. Puede ser una vitrificación, que se obtiene cubriendo la pieza con sal común en la etapa final del horneado, como se hacía con los tubos de barro, ya desaparecidos, que se usaban para desagües sanitarios, o con capas de barnices o esmaltes que se hornean de nuevo a más bajas temperaturas. Estos últimos pueden colorearse con óxidos metálicos y se emplean con más frecuencia en el recubrimiento de paredes, y se verán con mayor amplitud en la Sección 32. **REVESTIMIENTOS.** Las baldosas de cerámica que se emplean en los pisos deben tener una superficie rugosa para hacerlas antirresbalantes. Excelente solución para los pisos de cerámica son los de gres, compuestos de arcillas, arena de cuarzo y feldespato. Se hornean una sola vez (monococción) y se fabrican en el país en varios colores de terminación arenosa y satinada que son muy impermeables y sumamente resistentes al desgaste.

30.9 PIEDRAS NATURALES

Las piedras que más se usan para pisos son las sedimentarias. Fáciles de escindir en lajas delgadas. Tenemos una gran variedad de colores. Las blancas de Cambita, las marrón-rojizas de Las Galeras de Samaná, las grises de la Cumbre de Puerto Plata, las verdes del Km. 30 de la carretera Duarte y las calizas color crema de Santiago. Se colocan con la cara más lisa y atractiva hacia arriba, se dejan con su forma irregular desbastando ligeramente los bordes con la piqueta para que las juntas, así concertadas, queden más uniformes. Para un piso más liso, pueden pulirse después de colocadas, pero nunca adquirirán el brillo y pulimento de las piedras nobles como el mármol y el granito. En el país no existe el granito pero, por sus excelentes cualidades de resistencia a los agentes atmosféricos, su gran dureza y su brillante acabado, inatacable hasta por los ácidos más fuertes, se importa en losetas y en grandes planchas, de 1.5 cms. de grueso, desde la península Ibérica, Italia, Brasil y otros países.

30.10 CORALINA

Toba compuesta principalmente por carbonato cálcico, de color cremoso claro, que conserva la estructura de las colonias de coral que la formaron. Es susceptible de algún pulimento y se labra y tornea con relativa facilidad, cuando aún retiene la humedad natural de la cantera, por lo cual se usa no solamente en losetas para recubrimiento de pisos, columnas y paredes sino en cornisas, balaustres, bordes de piscinas y todo tipo de molduras. Con el tiempo, se evapora el agua de cantera contenida y se convierte en una piedra dura y duradera. Mármoles y Canteras del Caribe ofrece losetas de $\frac{3}{4}$ " (0.02) de grueso, en tamaños standard de 16" x 16" (0.40 x 0.40), 8" x 16" (0.20 x 0.40), 12" x 24" (0.305 x 0.61), 12" x 12" (0.305 x 0.305) y 12" x 6" (0.305 x 0.15), y en gruesos de 2" (0.05). También elaboran losetas pequeñas de 4" x 4" (0.10 x 0.10) con los bordes redondeados, a veces impregnadas con tintes contrastantes, que dan la impresión de añejamiento.

30.11 MÁRMOLES

Como ya dijimos en el artículo 1.2, el mármol es una piedra caliza metamórfica cristalizada, que adquiere brillo con el pulimento. Esta última cualidad hace que algunas piedras se clasifiquen como mármoles, aunque son de diferente origen. El travertino es de origen sedimentario, el alabastro y el ónix se forman por acreción estalagmítica. La explotación del mármol se hace en muchos países del mundo, principalmente en Italia, seguida de cerca por Francia y España. El blanco grisáceo del mármol Pentélico se usó, de modo exclusivo, en los monumentos que nos ha legado la edad de oro de la antigua Grecia. El blanco de Carrara en Italia, cuyas canteras se empezaron a explotar en tiempos de César Augusto, sigue siendo el material preferido de los escultores, como lo demuestran el **David** y la **Pietá** de Miguel Ángel. En el país existen canteras de **portoro**, negro con vetas doradas, **brecha dorada** y **brecha roja** en Samaná, y el **Santa María**, gris o negro con vetas blancas y el **rosado**, en San Cristóbal; el **travertino** y

el ónix, de Vicente Noble y en Samaná; el rojo, blanco y cenizo en el Pomier; gris canela en Hatillo; caballero negro en Cotuí; caballero rosado y blanco en Azua; caballero verde y verde marrón y karelia en Yamasá y San José de las Matas rojo y blanco y marrón en Cabo Rojo y verde oscuro en Bahoruco.

30.12 INSTALACIÓN DE PISOS DUROS

Si fuese posible un diseño completamente modulado, no habría problema en conseguir un número exacto de unidades para cubrir una distancia dada. Como ahora las dimensiones de los materiales no están modulados, siempre habrá que fraccionar algunas piezas para ajustarlas a las medidas. Estos pedazos los denominamos **chazos**. Cuando éstos son pequeños, cualquier irregularidad de alineamiento, desaplome o desviación de la línea recta en las paredes de borde, se hace mucho más notoria. Como regla general debemos distribuir los elementos de tal modo que los chazos sean simétricos y de una dimensión mayor de la mitad de un módulo. Corresponde al arquitecto hacer esta distribución en los planos porque ni el Maestro de Obras, y mucho menos el albañil, lo van a hacer en el campo. Esta regla se aplica a todo material que venga en unidades estandarizadas, ya sean pisos de mosaicos, losetas de mármol, azulejos de pared o plafones acústicos.

El procedimiento consiste en dividir la dimensión dada entre el tamaño de la unidad que se va a usar, lo que nos da el número de unidades necesarias para cubrir la distancia. Si, como es muy probable, no obtenemos un número exacto, restamos la fracción más una unidad del total, multiplicamos este número de unidades por la dimensión del módulo, lo restamos de la longitud total y lo dividimos en dos para que los chazos sean iguales y mayores de la mitad. Llamando "D" la dimensión del recinto, "d" la del módulo, "n" el número entero de módulos que caben en "D", tendremos que la dimensión de los chazos será: $2 \times ch = D - (n-1) d$. El ejemplo de la Figura 30.8, para un piso de baldosas de granito de 30 x 30 cms., aclara el concepto. Sería deseable que la misma distribución continuase a través de puertas y huecos extendiéndose por todo el edificio, pero esto no es fácil de lograr si se ha de cumplir con el requisito anterior. Se pueden desfasar las juntas entre un recinto y otro disimulándolo con el uso de otro material donde ocurra el cambio. El quicio de la puerta, por ejemplo, puede hacerse con una pieza de mármol o cubrirlo con un rodapié de aluminio.

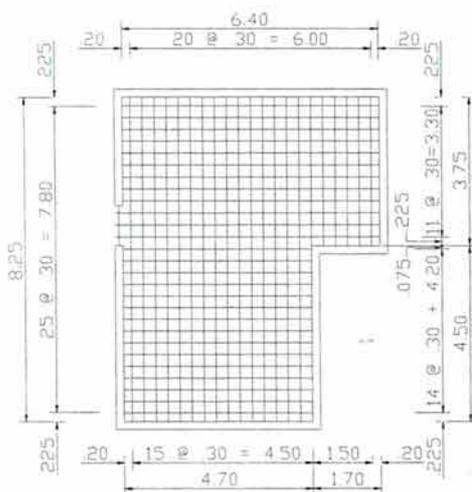


Figura 30.8

CÁLCULOS:

$$\begin{aligned} \frac{8.25}{0.30} &= 27.50 & D &= 8.25 \\ & & -1.50 &= 26 \times 0.30 = \underline{7.80} \\ & & 2 @ 0.225 &= 0.45 \\ & & & \\ & & 3.750 - & \\ & & 3.525 - & \\ & & \underline{0.225} & \quad 11 @ 0.30 = \underline{3.300} \\ & & \underline{3.525} & \quad \quad \quad \underline{0.225} \\ & \\ \frac{6.40}{0.30} &= 21.33 & D &= 6.40 \\ & & -1.33 &= 20 \times 0.30 = \underline{6.00} \\ & & 2 @ 0.20 &= 0.40 \\ & & & \\ & & 4.70 - & \\ & & 15 @ 0.30 &= \underline{4.50} \\ & & \underline{0.20} & \\ & & 4.50 & \end{aligned}$$

En cada fase de la construcción es necesario mantener un nivel de referencia bien marcado, desde la excavación, como dijimos en el párrafo 4.2. Después de haber comenzado a subir las paredes se marca en sus paramentos, generalmente a 1.00 metro sobre el nivel de piso terminado, para poder asegurar la altura correcta de los dinteles, fondos de vigas y losas y el piso terminado.

La superficie sobre la cual vamos a colocar los pisos, sea sobre un relleno o sobre una losa de

concreto, debe quedar, por lo menos, a 5 cms. bajo el nivel de piso terminado, para las losetas de poco espesor, como los mosaicos de cemento, losetas de barro y baldosas pequeñas de granito. Esta dimensión ha de ser mayor para las baldosas gruesas. Basándonos en la distribución descrita en el párrafo anterior, escojemos dos líneas perpendiculares entre sí como **maestras**, preferiblemente que se crucen en el lugar más alejado de la puerta. Se colocan las dos losetas extremas de una de las maestras, usando sólo el volumen de mortero necesario para asentar dichas losetas, chequeando que estén a nivel en ambas direcciones, que sus bordes estén paralelos a las paredes, que dejen las distancias calculadas para los chazos y que lleguen exactamente al nivel de piso terminado. Se coloca un hilo fino de gangorra, bien atesado, que una los bordes de estas losetas y se procede a completar la maestra, usando siempre el nivel; luego se procede de igual forma con la otra maestra. Estas dos líneas delimitan un plano, de modo que ya no es necesario seguir usando el nivel para colocar el resto del piso. Los chazos del borde se dejan para último. Si el borde va a estar cubierto con zócalos, el albañil puede cortar los chazos cuidadosamente con la piqueta; si ese borde va a quedar visible, es necesario cortarlos a máquina.

Un día después de terminado el piso, evitando que se trafique sobre él, se le da un derretido de cemento, del color adecuado para los pisos de mosaicos, ladrillos o losetas de barro. Luego se cubre con aserrín para protegerlo contra la suciedad y, por lo absorbente del aserrín, impedir que se manche con cemento la cara de los mosaicos, para al cabo de algunos días, barrerlos y limpiarlos. Este tipo de piso mejora con el uso y las lavadas frecuentes, adquiriendo cada vez más brillo. A un piso de baldosas de granito, o de granito vaciado, después del primer derretido hay que esperar unos 6 días para pulirlo con la piedra gruesa, luego darle un segundo derretido para obturar los huecos de las piedrecitas que siempre saltan, esperar otros 6 días y pulirlo de nuevo con un juego de piedras más finas y repetir el proceso de nuevo para el pulimento final. Esta operación se hace a base de mucha agua, y produce un gran volumen de babote lodoso, por lo cual se hace prácticamente imposible llevar a cabo cualquier otra tarea de construcción en las áreas donde se está efectuando el pulimento. Finalmente se usan cepillos y fieltros para bruñir los pisos con sal de acedera o con cera, lo que les deja una terminación brillante y pulida. Para una terminación más duradera, en vez de esto último, se pueden cristalizar con resinas plásticas muy resistentes a la abrasión, que mantienen el piso brillante y fácil de limpiar por mucho tiempo.

30.13 PISOS DE MADERA

Se considera la madera entre el grupo de los pisos flexibles. Como están sujetos a una constante abrasión, la madera debe ser compacta y resistente. Por ser más económicas suelen usarse maderas de coníferas, preferiblemente de corazón, aunque las fibras desarrolladas en la primavera, más claras y esponjosas, se desgastan con el uso dejando sobresalir las fibras más duras y ambarinas que se producen en el invierno. De las maderas preciosas, la más usada es el roble, seguida muy de cerca por el nogal, el arce, el abedul y el fresno. Se clasifican como **tablancillos** cuando tienen menos de 1" de grueso y son mucho más largos que anchos, **tablones** si pasan de 1" de grueso. Si no son muy largos se denominan **bloques finos** los primeros y **bloques gruesos** los últimos. Las juntas pueden ser a tope tanto a los lados como en los testeros, pero hay que estar muy seguros de que la madera esté bien seca, en equilibrio higrostático con el ambiente, para que las juntas no se agranden por la retracción. Mejor solución es usar la madera machihembrada, por lo menos en los lados ya que la retracción a lo largo de la fibra es siempre menor. En los pisos de calidad el machihembrado se hace todo alrededor, dos lados tienen ranuras y los otros dos lengüetas, Figura 30.9.

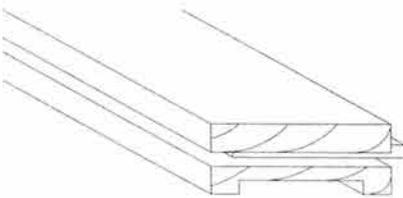


Figura 30.9

Tres reglas hay que tomar muy en cuenta para instalar cualquier piso de madera que, de no obtemperar con ellas, ocasionarán inadmisibles alabeos y una prematura pudrición.

- 1.- La madera precisa ser protegida contra la humedad, de modo que si está en un piso sobre relleno, debe vaciarse la losa de concreto sobre una barrera de vapor y proveer un impermeabilizante, preferiblemente asfáltico, encima de la losa.
- 2.- Nunca se debe llevar el piso de madera hasta las paredes circundantes, sino dejar una

- 3.- *holgura de por lo menos 1.5 cms. para permitir la expansión.*
 Debe usarse madera tratada en todos los casos, especialmente cuando va a quedar oculta.

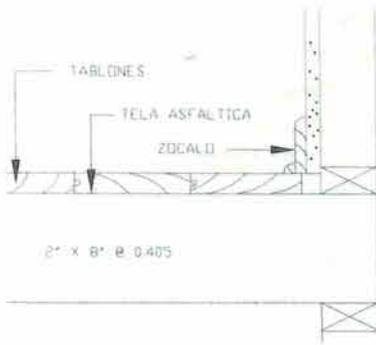


Figura 30.10

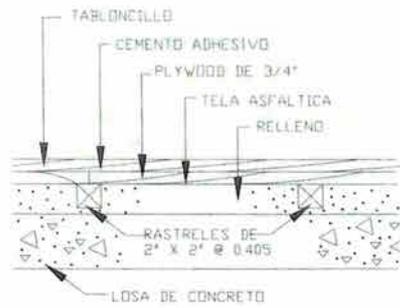


Figura 30.11

La forma más económica y sencilla es clavar los maderos del piso directamente a las viguetas o rastreles de soporte, pero esto constituye un puente sonoro directo para los ruidos de pisadas. Deben separarse, por lo menos, con una capa de tela asfáltica como amortiguante. La Figura 30.10 muestra un piso de tablones clavados a viguetas de madera, cuya separación puede

ser mucho mayor que para dovelas más delgadas. Mejor aislamiento acústico se obtiene rellenando entre los soportes con un material inerte como arena, escorias o yeso, cubierto con una base, que puede ser de madera sólida o plywood, sobre la cual se han de adherir, mejor que clavar, las piezas del piso terminado. La Figura 30.11 muestra esta solución sobre un piso de concreto.

El tabloncillo puede ser de 1/2" (12.7 mm), de 25/32" (20 mm) y 33/32" (26.4 mm) de grueso, en diversos anchos, y en largos de hasta 20 pies (6.10 m.) Generalmente tienen ranuras o muescas en la parte inferior, para evitar el alabeo. Deben calcularse de modo que los testeros de las fajas sucesivas queden separados más de 40 cms. Los bloques finos tienen hasta 12" (0.305 m.) de largo y se colocan formando cuadros, rectángulos o en cola de pescado, Figura 30.12.



Figura 30.12

Los bloques sólidos, Figura 30.13 (cuyas medidas están en centímetros) son generalmente de pino tratado con creosota contra los insectos, la humedad y la pudrición. Sus caras son perpendiculares a las fibras de la madera. Se colocan a base de un pegamento asfáltico sobre el piso de concreto y se engarzan unos con otros con pletinas metálicas que penetran en ranuras practicadas en los costados. Es un piso muy duradero que, si está muy deteriorado, puede lijarse y dejarlo liso como en su condición original.

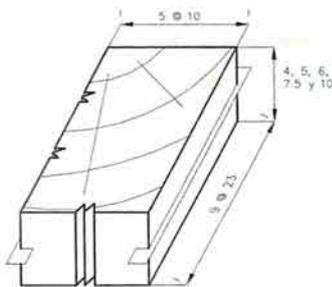


Figura 30.13

Los pisos más lujosos son los de **parquet**, que losetas cuadradas ensambladas con pedazos de madera machihembrada, sólida o contrachapeada, formando figuras muy decorativas, como podemos ver en las Figuras 30.14 a 30.18. Se usa en ellos una gran variedad de maderas preciosas de diversos tamaños y grosores desde 1/2" (1.25 cm.) hasta 1" (2.54 cm.)

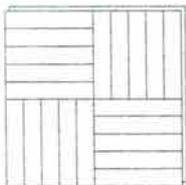


Figura 30.14

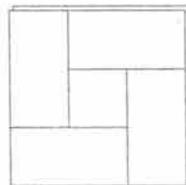


Figura 30.15

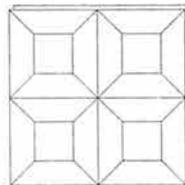


Figura 30.16

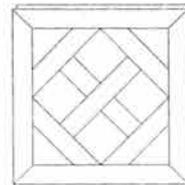


Figura 30.17

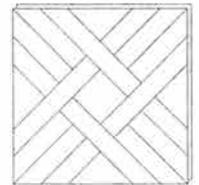


Figura 30.18

30.14 INSTALACIÓN DE PISOS DE MADERA

Las dovelas machihembradas del piso se aseguran con clavos sin cabeza, inclinados, que se insertan en la cara inferior de la ranura, ver Figura 30.10. A la primera dovela se le corta la lengüeta y se clava firmemente dejando la holgura necesaria con la pared. Las dovelas sucesivas se clavan procurando que estén lo más apretadas posible contra las anteriores. Para ello se recorta un pedazo de dovela, se corta a un lado eliminando la ranura, que de otro modo se rompería con los golpes y se martilla contra la dovela que se va a clavar, apretándola contra la anterior. Las cabezas de los clavos se hacen penetrar bajo la superficie de la madera con un botador para que no obstaculicen la entrada de la lengüeta. La holgura junto a las paredes laterales depende del ancho del salón, pero nunca será menor de 1" (2.5 cms); en los testeros puede ser menor, ya que los movimientos naturales de la madera, paralelos a las fibras, también son menores. Luego se pule el piso con papel de lija fino después de lo cual puede aplicarse laca o barniz transparente y cera de terminación.

30.16 PISOS FLEXIBLES

Para todos los pisos flexibles que se describen a continuación, es necesario tener una superficie uniforme y bien pulida. De lo contrario, las irregularidades que tenga dicha superficie, como ranuras, marcas o indentaciones, aparecerán en breve tiempo en la superficie terminada. Si la base es de madera o plywood, las juntas deben ser bien masilladas y lijadas antes de colocar el piso flexible. También existen materiales idóneos, en pastas o en polvos, que se usan para terminar los pisos de concreto que están en mal estado.

Los pisos flexibles están hechos de diversos materiales. El linóleo es el más antiguo de ellos que ha estado siempre en uso desde su invención en el 1860; hay pisos flexibles a base de materiales asfálticos, goma natural o artificial y vinilo, ya puro o mezclado con otras sustancias. Se pueden conseguir en rollos de diversos anchos, gruesas láminas cuyas dimensiones son de 1, 2, 3 ó 4 yardas; o en losetas, generalmente de 9" x 9" (22.9 x 22.9 cms) ó de 12" x 12" (30.5 x 30.5 cms).

El linóleo está constituido por aceite de linaza que, al oxidarse, forma una película flexible y duradera, que se mezcla con harinas de corcho o de madera, resinas aglutinantes y materias colorantes formando una pasta que se esparce sobre una base tejida de yute u otras fibras. Los colores pueden ser estampados, para los más baratos o integrales (inlaid) donde los colores quedan separados hasta el respaldo. Forman pisos cómodos, por lo flexibles, atérmicos y amortiguantes de los sonidos; pero, por provenir de materias orgánicas, la humedad los hace susceptibles al ataque de hongos y a la pudrición. Los rollos y las alfombras de linóleo pueden colocarse directamente sobre el piso, sin pegamento alguno.

Las **losetas asfálticas**, como su nombre lo indica son fabricadas con derivados del petróleo por lo cual son más baratas las de colores oscuros como negro y marrón. No son tan flexibles como las de linóleo o como las que siguen a continuación. Calentándolas se pueden doblar para conformarlas a superficies curvas, como para bordes de escalones o a guisa de zócalos contra las paredes. Los colores de las losetas son, generalmente, algo opacos y vienen en tamaños de 9" x 9" (22.9 x 22.9 cms) o, menos frecuentemente, de 12" x 12" (30.5 x 30.5 cms) con espesores de 1/8" (3.2 mm), 3/16" (4.8 mm) y, más raramente, de 1/4" (6.4 mm). También se fabrican, en una gama limitada de colores, zócalos de 4" (10 cms) y 6" (15 cms); tiras para insertar en anchos de 1" (25 mm) en largos de 3" (75 mm) y 12" (305 mm) La apariencia de las losetas puede ser como una imitación de mármol o con motas de diferentes colores. Algunos se fabrican a prueba de grasa, pero en una selección de colores más limitada. Al instalar los pisos de losetas asfálticas, hay que tener mucho cuidado en que el cemento adhesivo nunca brote entre las juntas ya que los disolventes para limpiar estos adhesivos también decoloran las losetas. Hay que usar un cemento especial para los zócalos, mucho más resistente que el que se usa para las losetas.

De acuerdo a los colores, y a los precios, se clasifican del modo siguiente:

Tipo	Color básico	Colores adicionales
A	Negro, Marrón oscuro	
B	Negro Marrón oscuro Rojo oscuro	Blanco, blanco y verde, blanco y rojo Blanco y dorado Blanco y rojo, rojo y oro
C	Rojo Verde Verde claro Gris Marrón claro Gris oscuro (carbón) Arena Tostado	Rojo y/o oro y otro Blanco y/u otro Blanco y/u otro Blanco y/u otro, salmón Manchas variegadas Blanco y/o negro Blanco y marrón Blanco y marrón
D	Crema Tostado Blanco Azul Aqua Rosado Rojo vivo Amarillo	Rojo y oro u otro Rojo y oro u otro Negro, rojo y negro u otro; verde u otro Blanco y/u otro Blanco y/u otro Blanco y/u otro Blanco Blanco y otro

Un poco más costosos, pero con colores más brillantes, son las losetas de vinil-asbestos. Vienen en los mismos tamaños que las asfálticas, pero las hay hasta de 1/16" (1.6 mm) de espesor. Son mucho más flexibles que las asfálticas pudiendo casi doblarse sobre sí mismas. Las losetas más vistosas son las de goma, natural o artificial y las de vinilo, con una gama muy extensa de texturas y colores muy brillantes, muy duraderas y de muy fácil mantenimiento.

Hay pisos flexibles que vienen en rollos formados por una película fina de vinilo respaldada por una esponja de goma que, como los rollos de linóleo vienen en anchos entre 1 y 4 yardas. Son muy impermeables, resistentes a las grasas y ácidos y muy fáciles de limpiar por la ausencia de juntas y, por su flexibilidad; son fisiológicamente más adecuados a nuestra anatomía. Son ideales para instalar en pisos de cocinas residenciales aunque son algo susceptibles de rajarse con golpes o instrumentos cortantes. Como casi siempre están cubiertas de figuras decorativas, es relativamente fácil reparar las porciones dañadas en forma casi inconspicua.

Para la instalación de estos pisos, luego de determinar los chazos mínimos según se recomendó en el artículo 30.12, se esparce el cemento adhesivo, idóneo para cada tipo de piso, usando una llana rectangular de acero, que tiene dos bordes lisos y los otros dos dentados. La idea es esparcir la pasta con los bordes lisos hasta obtener la película más delgada posible para luego peinarla con los bordes dentados para que queden surcos paralelos, luego se colocan las losetas con las juntas a tope cuidando, como ya dijimos, de que no brote el adhesivo, o limpiándolo de inmediato con trapos o desperdicios si ya ha brotado. Debe evitarse el tráfico sobre el piso por unas 72 horas hasta que el cemento adhesivo haya fraguado y no haya peligro de que continúe brotándose entre las juntas.

30.17 ALFOMBRAS

Las alfombras son coberturas de pisos hechas de fibras; que pueden tener la napa cortada o enlazada en un tejido contínuo. Han sido usadas desde la más remota antigüedad por civilizaciones que florecieron en diversas partes del mundo, pero especialmente en el mediano y lejano oriente. Las alfombras persas culminaron su desarrollo con exquisitas obras de arte en el período Sasánida, en el siglo séptimo de nuestra era y se mantuvieron como el epítome de la belleza y colorido hasta bien entrado el siglo diecisiete.

Hasta hoy día, las **alfombras persas**, hechas ya en diversas partes del mundo, mantienen un lugar preponderante en el mercado de las alfombras. En la antigüedad las fibras usadas eran la lana y la seda. Ambas siguen empleándose, la última, por su alto costo y su falta de elasticidad, sólo en las más lujosas; la lana, aún con la competencia de las nuevas fibras sintéticas, sigue superando el 50% de las ventas, seguida por las poliamidas (nilón y antrón), poliolefinas (herculón), polipropileno y, muy de lejos, el algodón.

La construcción básica de las alfombras clásicas consiste en una cuadrícula de hilos entrelazados, denominados la **trama** y la **urdimbre**, donde se enlazan nudos del material de que está hecha la alfombra. Los telares artesanales, con un sistema que ha perdurado por miles de años, consta de dos maderos horizontales, arriba y abajo, cuyo largo da el ancho máximo de la alfombra; de éstos se amarran hilos verticales formando la trama que, según la calidad, pueden estar a menos de 1 mm. de distancia; los hilos de la urdimbre son horizontales y van entretejidos con los de la trama. En cada intersección se anuda un pedacito de lana de modo que ambos extremos queden hacia el mismo lado apretándolo con el próximo hilo de la urdimbre golpeando un peine especial hacia abajo. Usando lana teñida de diversos colores se consiguen diseños cuya diversidad sólo está limitada por la creatividad del artista. Los motivos pueden estar basados en el reino vegetal o el animal así como en abstracciones geométricas. Este tejido se respalda con un forro hecho de fibras de henequén, sisal o ramia para hacerlas más resistentes. Las alfombras clásicas siempre tenían una orla de borde, formando la transición con el resto del piso y un centro donde las figuras casi siempre estaban situadas simétricamente con relación a los ejes medianeros. En el renacimiento se usaron muchas con motivos alegóricos o mitológicos, tanto para el recubrimiento de pisos como para colgarlos en las paredes, donde se denominan **tapices**.

La revolución industrial del siglo XIX cambió por completo la manufactura de las alfombras ya que ahora casi toda la producción está mecanizada. Jacquard en Bélgica fue el primero en utilizar tarjetas perforadas para automatizar el tejido de las figuras en un telar cuyo diseño se usa hasta hoy día. Otros tipos de telares, con variados modos de tejer y cortar las fibras, caracterizan las diversas denominaciones como Axminster, Wilton, Chenille, etc. En el siglo XX se desarrollaron nuevos métodos para abaratar los costos como el de fusionar las fibras directamente a un respaldo de espuma de goma o unir con latex y calor una camada de fibras entre dos respaldos de tejidos de yute para luego cortar las fibras formando dos alfombras, ambos métodos economizan el material de la alfombra que no precisa anudarse al respaldo. Otro gran paso para facilitar el mantenimiento es el tratamiento con fluorocarbonos, en la fábrica o después, para impedir las manchas.

Se distinguen las **alfombras de área**, rectangulares, cuadradas, circulares u ovaladas, cuyas figuras forman un diseño completo y están destinadas a cubrir sólo parte del área de piso y las que vienen en rollos, lisas o de motivos repetitivos, que vienen en anchos que son múltiplos de yardas entre 1 y 6. Las primeras se usan generalmente en corredores mientras que los más anchos sirven para alfombrar totalmente el piso de la habitación y se denominan **de pared a pared**. Para hacerlas más mullidas, especialmente estas últimas, se coloca bajo la alfombra una capa de relleno de fieltro o espuma de goma, conocido por su nombre en inglés de **padding**. Para que quede la instalación fija, se utilizan unas varetes de madera con puntas de clavos sobresaliendo en su parte superior; se fijan al piso con clavos de acero todo alrededor de la habitación, bordeando el relleno (padding). Los bordes de la alfombra se engarzan en los clavos luego de estirla para que quede bien tesa y sin arrugas. Los bordes sobrantes se recortan o, en algunos casos, se utilizan para recubrir los zócalos. Muy usadas son las losetas de alfombras, con un respaldo de goma anti-resbalante pero que pueden ser removidas fácilmente y cambiarse en caso de deterioro.

Un problema que presentan las alfombras, especialmente en climas secos y fríos, es la electricidad estática. El roce de las suelas acumula electricidad en el cuerpo, que se descarga con una chispa cuando tocamos un objeto metálico. Este fenómeno es inadmisibles en un quirófano de hospital o en un salón donde operen sofisticados aparatos electrónicos. Para corregir esto se entretejen en la alfombra hilos metálicos o de carbón, que conducen la electricidad sin dejarla acumular.

Además de la desigualdad sensación de lujo y confort que produce el caminar sobre una mullida alfombra, su absorción de los sonidos las hace inmejorables para controlar los ruidos en sitios como oficinas o salas de cine y, sobre todo, para amortiguar el ruido de pisadas. Su mantenimiento consiste en el empleo regular de una aspiradora de polvo. La abrasión entre las fibras y el polvo las pueden deteriorar rápidamente.

31. PANDERETAS Y CALADOS

Se denominan **panderetas** los muros o tabiques que no reciben cargas, es decir, que sólo pueden soportar su propio peso. Prácticamente todos los materiales de construcción pueden adaptarse para estos fines, así como numerosos sistemas, algunos de los cuales han sido patentados. Su atributo principal es la ligereza, para minimizar, en lo posible, las cargas muertas. Pueden clasificarse en fijas y re-utilizables donde estas últimas pueden cambiarse de sitio con relativa facilidad. Las primeras pueden ser de mampostería: bloques de concreto, de barro cocido, paneles de yeso o sólidas de mortero de cemento o de yeso; pueden ser huecas, formadas con parales de madera o metálicos empañetados por ambas caras o forradas de paneles de plywood o yeso.

31.1 BLOQUES DE CONCRETO

Las panderetas más comunes en el país son las de bloques de concreto de 4" (0.10 m), Figura 9.1, que pueden ser de dos o tres hoyos. Deben quedar trabadas entre sí y con los muros de carga, como recomendamos en el párrafo 10.6. Es preferible usar el refuerzo horizontal, allí mencionado en vez de las varillas verticales $\varnothing 1/4$ " a 0.80 m. comúnmente usadas. En caso de que haya tubos de desagüe de 3 ó 4 pulgadas es preferible usar bloques de 6" (0.15 m) en esa pared. Como las panderetas no llevan vigas de amarre, se debe vaciar la losa y colocar la última hilada después de quitar el falso piso. Las tuberías de agua y conduits eléctricos deben estar en sus sitios para insertarlos en los hoyos de los bloques y no tener que ranurar luego las paredes.

31.2 BLOQUES DE BARRO COCIDO

Alfarería Dominicana fabrica bloques de barro cocido con las mismas dimensiones que los de concreto, pero de paredes más delgadas y de paramentos estriados para recibir empañete, de modo que, para panderetas, se usan los de 3" (0.075 m) ó 4" (0.10 m) con las mismas recomendaciones arriba expuestas. Tabiques más delgados se consiguen con los ladrillos huecos mostrados en las figuras 31.1 y 31.2, que pueden colocarse tanto de canto (a sardinel para un grueso de 6.5 cms. por un máximo de 2.40 m. de alto) como a soga para una pandereta de 11.5 o de 12.7 cms. Con bases tan exiguas es imprescindible confiar estas obras a albañiles de primerísima calidad y utilizar reglas fijas, aplomadas y bien derechas para mantener la verticalidad.

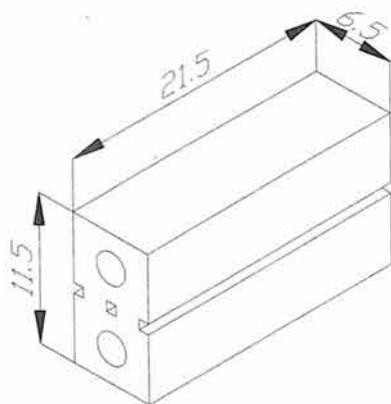


Figura 31.1

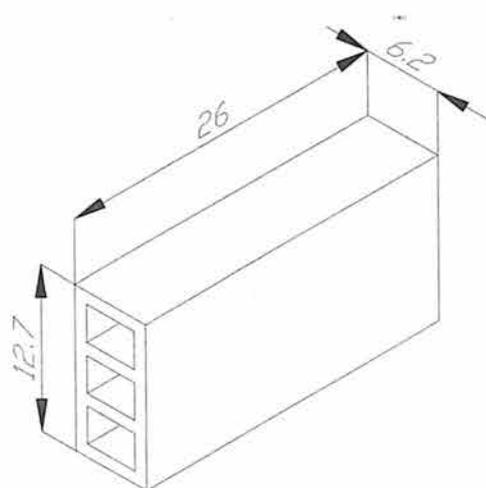


Figura 31.2

31.3 PANELES DE YESO

Proyesa, del grupo Dominit, fabrica paneles de yeso, Figura 31.3, para panderetas que quedan con terminaciones muy lisas sin necesidad de empañete. Por los problemas higroscópicos del yeso, no son recomendables para sitios húmedos, como cuartos de baño y cocinas. Pueden colocarse directamente sobre la losa o sobre un canal metálico como se muestra en la figura. Son machihembrados y se unen con un pegamento a base de yeso que hace las juntas invisibles. Los huecos horizontales pueden usarse para introducir los conduits de la instalación eléctrica o de comunicaciones. Con sierras adecuadas se cortan las ranuras verticales, que luego se rellenan con escayola para recubrir los tubos y conductos.

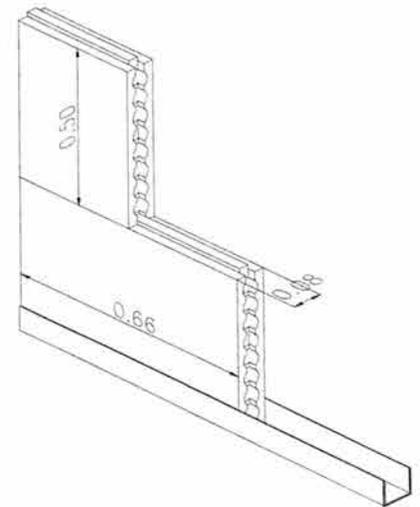


Figura 31.3

31.4 PANDERETAS DE EMPAÑETE

La pandereta más delgada, Figura 31.4, con 5 cms. de espesor, se consigue usando mezcla de cemento y arena o con yeso, según se describe en la Sección 32 REVESTIMIENTOS, reforzada con canales de hierro galvanizado de $\frac{3}{4}$ " (2 cms.) y metal desplegado (metal lath) de 2.5 ó 3.4 lbs/yd² (1.36 ó 1.85 kg/m²) para alturas hasta 3.50 m. y 5.50 m. respectivamente (El metal desplegado antes mencionado normalmente no se importa por lo que se substituye por tela metálica de $\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ "). Se usa un canal de $\frac{3}{4}$ " fijado al piso, como se muestra en la figura y otro fijado al techo.

Los parales se doblan a 90° y se amarran en ambas puntas con alambre galvanizado calibre 18. Tanto para la mezcla de cemento Portland como para el yeso, será necesario hacer el trabajo por capas por ambos lados. La primera mezcla gruesa se aplica desde abajo, sobre áreas pequeñas, suavemente para no introducir vibraciones en el metal desplegado, que podrían ocasionar desprendimientos en las áreas terminadas anteriormente. Esta solución ofrece muy poca atenuación de sonidos con el agravante de que, por su esbeltez y poca densidad pueden producirse fenómenos de resonancia.

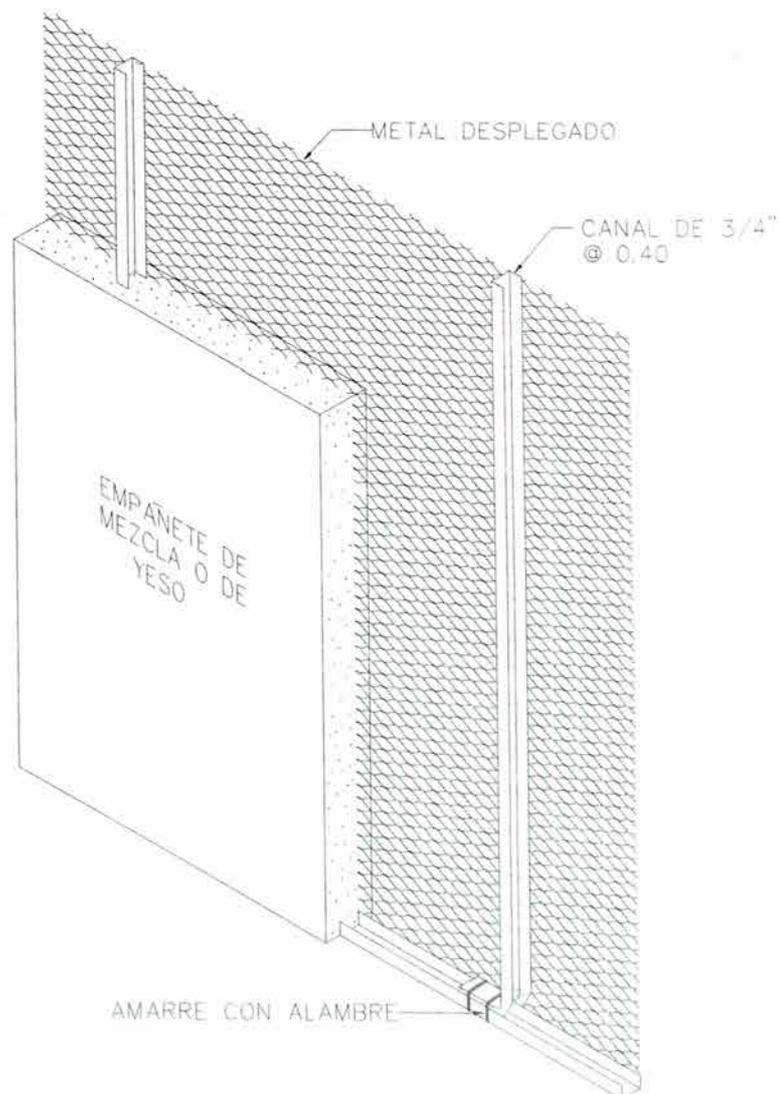


Figura 31.4

La siguiente tabla da las dimensiones máximas a las que se puede llegar con este tipo de panderetas:

Grueso		Tamaño mínimo	
Centímetros	Pulgadas	Metros	Pés
5	2	3.66	12
5.7	2¼	4.90 x 9.75	16 x 32
6.4	2½	5.50 x 11.00	18 x 36
7.0	2¾	6.10 x 9.15	20 x 30
7.6	3	7.30 x 11.00	24 x 36
8.9	3½	9.15 x 13.75	30 x 45

La pandereta que se muestra en la Figura 31.5, encostillada en madera con un espesor de aproximadamente 4¾" (12 cms.) es mejor desde el punto de vista acústico pero los parales actúan como puentes sonoros disminuyendo notablemente su efectividad. Mejor solución se explicó en el artículo 29.8 usando parales de 2" x 3" desfasados y un colchón de 4" de fibras minerales o de vidrio.

Una variante de uso muy frecuente emplea paneles de yeso (Gypsum board) que vienen en tamaños de 4'-0" x 8'-0" (1.22 x 2.44 m.) con los bordes biselados que se fijan a parales de madera o metálicos, como se muestra en la Figura 31.6. Se aplica a la junta un relleno especial de yeso (spackle), se le adhiere una cinta perforada de papel como refuerzo y se acaba de rellenar el biselado y las cabezas de los clavos o tornillos con el yeso especial. Al día siguiente se lija con papel de grano fino, lo que produce una superficie completamente lisa donde las juntas y los hoyos han desaparecido.

31.5 CALADOS DE BARRO COCIDO

Los hay para muros calados de 8" (0.20 m.), de 6" (0.15 m) y de 4" (0.10 m) de espesor en las formas mostradas en la Figura 31.7. Los números corresponden a las unidades que caben por metro cuadrado.

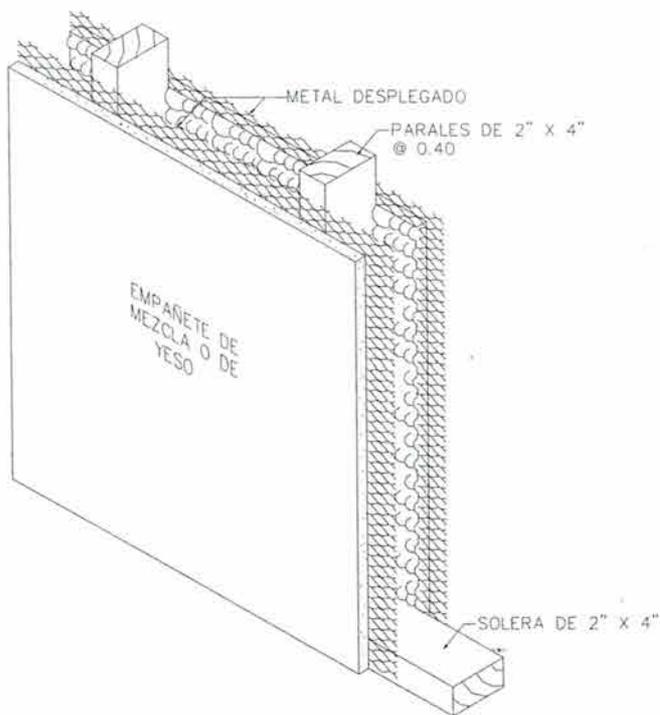


Figura 31.5

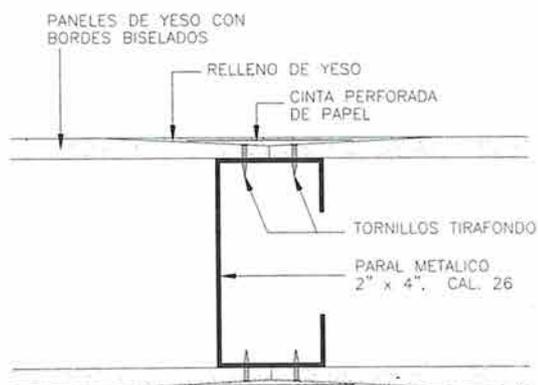


Figura 31.6

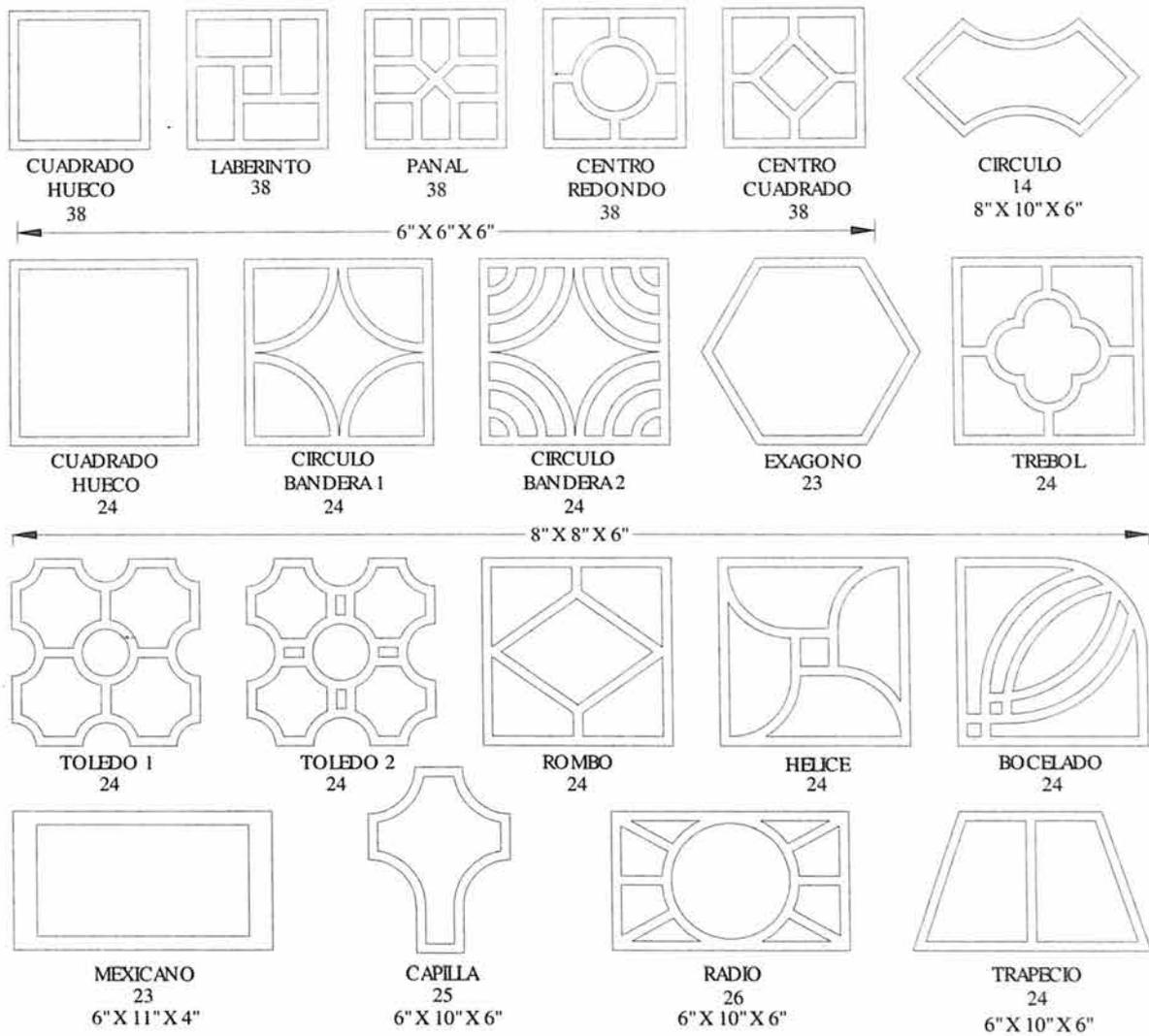


Figura 31.7

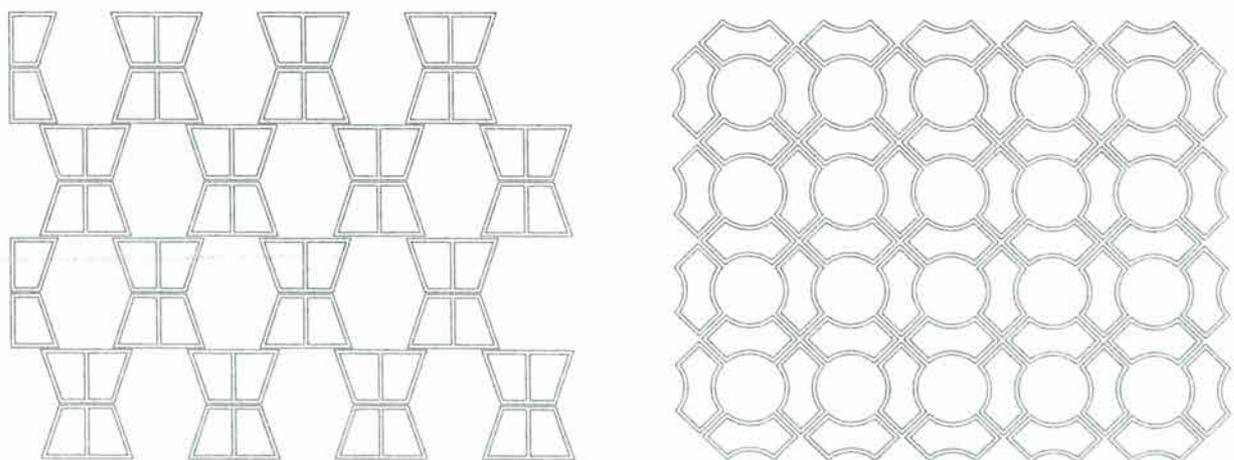


Figura 31.8

La Figura 31.8 muestra el conjunto de los bloques **trapezio** y **circulo**. Para apoyar los extremos de los primeros hay que cortar chazos como se muestra en la figura; como alternativa, se repite la primera hilada con desfase horizontal, resultando los huecos también trapeziales.

31.6 ZAPATOS

Como se observa en la Figura 31.9 los zapatos de barro cocido proveen una buena protección contra la lluvia, bastante privacidad y algo de ventilación. Pueden usarse bajo un ángulo de techo de 20° sin necesidad de cortar los mampuestos. Contra la mocheta vertical sí se precisa cortar chazos de unos 4 cms. de ancho por lo menos. Caben 28 unidades por metro cuadrado. Funcionan mejor en muros de 6", el voladizo de 2¼" forma un gotero que aleja el agua del paramento exterior; en los muros de 8" empañetados, este voladizo se reduce a ½".

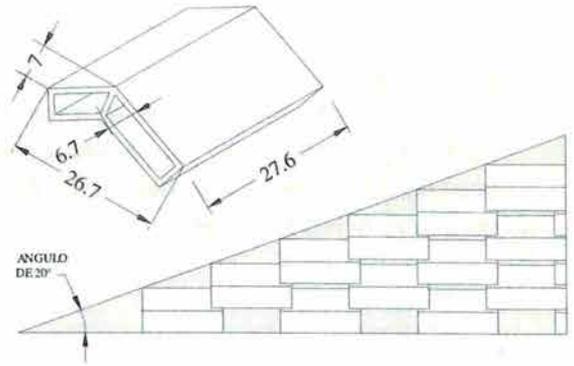


Figura 31.9

31.7 CALADOS DE CONCRETO

Se fabrican con la misma mezcla de gravilla, arena y cemento usada en los bloques y son igualmente comprimidos y vibrados. Las dimensiones indicadas en la Figura 31.10 son nominales ya que incluyen juntas de 3/8" (1 cm.). El número debajo indica el rango de unidades que entran por m², dependiendo del espacio que se dejen entre las unidades. Las unidades 11 y 12 se usan para proveer protección contra la lluvia y algo de ventilación.

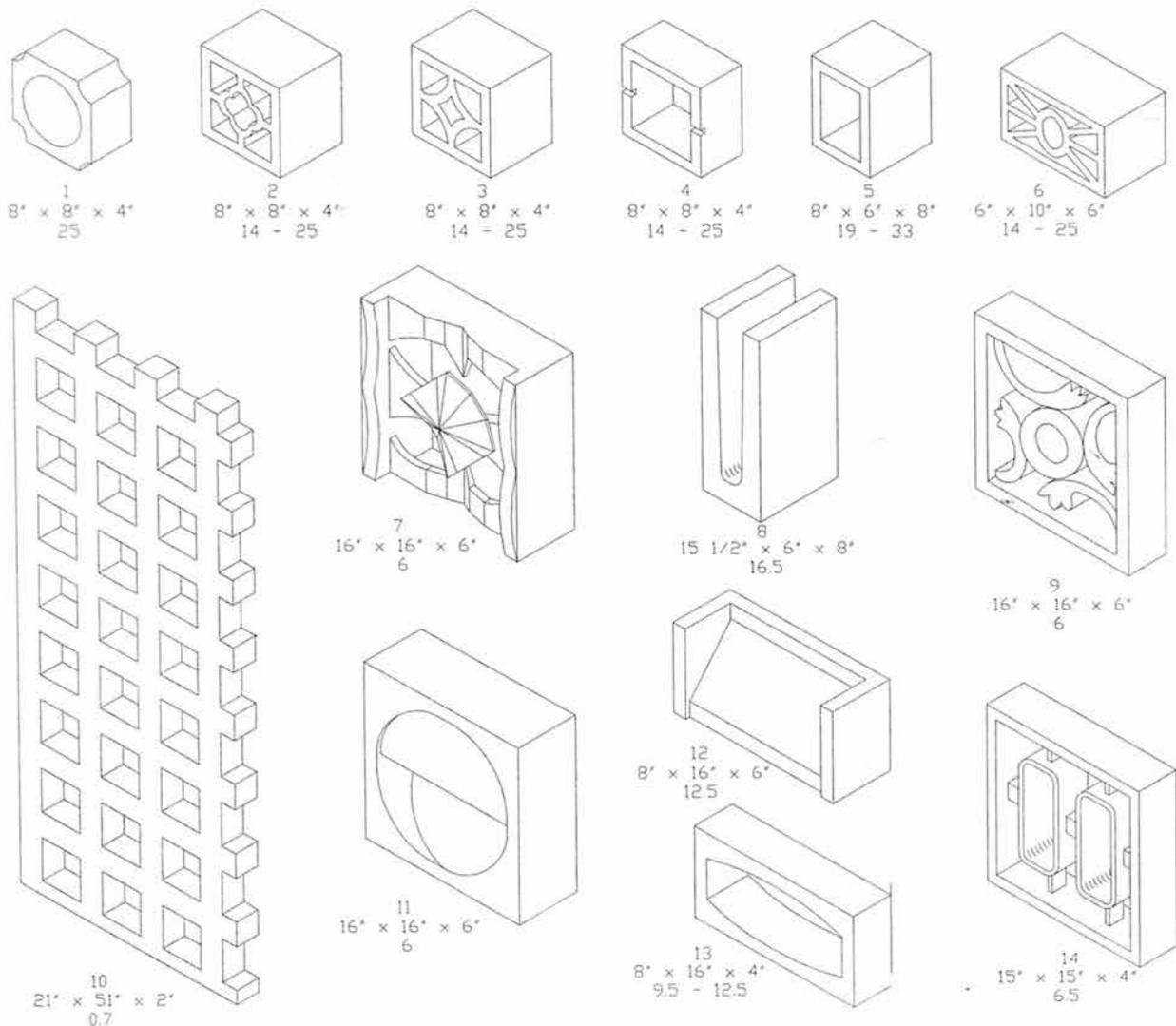
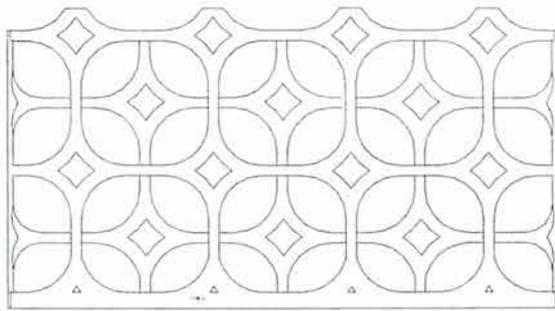


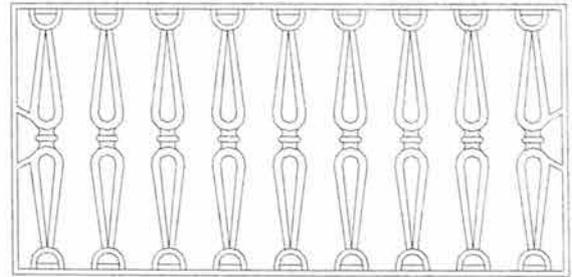
Figura 31.10

31.9 CANCELAS

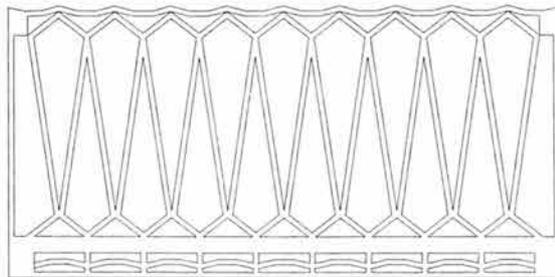
Industria de Cancelas Italianas, S. A. en el Km 19½ de la Autopista Las Américas produce cancelas de hormigón armado de muy diversos diseños, como se muestra en las Figuras 31.11, 31.12 y 31.13, que se usan para balaustradas y enverjados. Además de su intrínseca belleza tienen la ventaja de no oxidarse como las de hierro ni ser atacadas por la humedad y los insectos como las de madera.



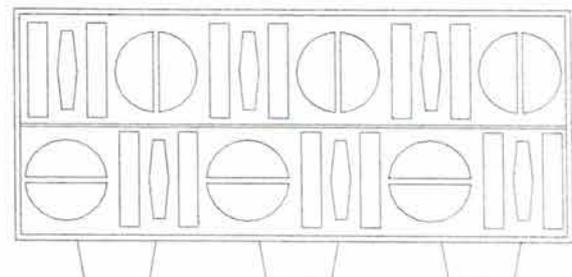
VENETO 1.10 X 2.00, 0.75 X 2.00



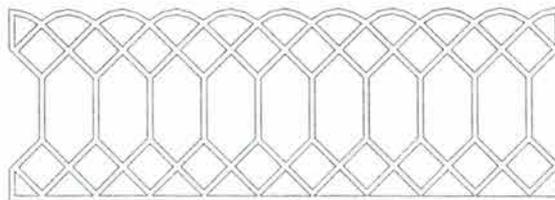
COMMENDA 1.00 X 2.00



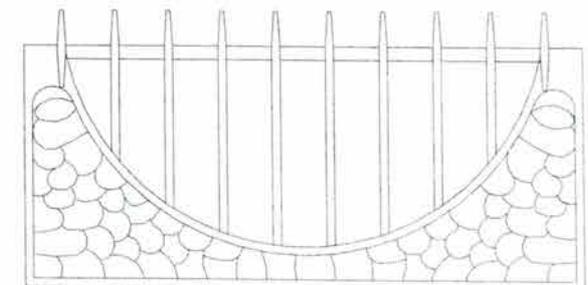
PIEMONTE 1.17 X 2.00



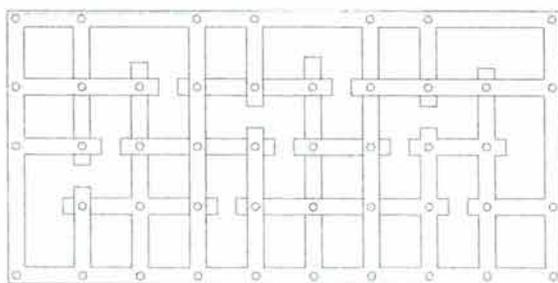
TARENTINO A 1.00 X 2.00



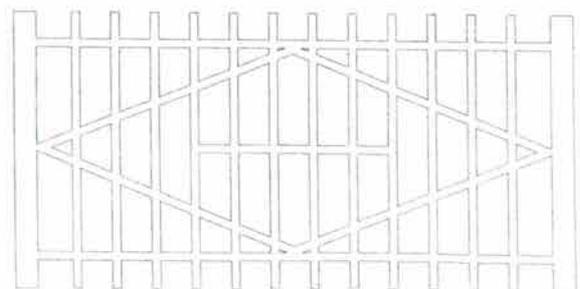
MARINO 0.70 X 2.00



SICILIA 1.00 X 2.00

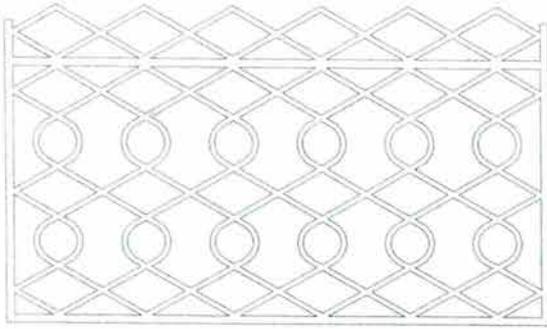


BASILICATA 1.00 X 2.00

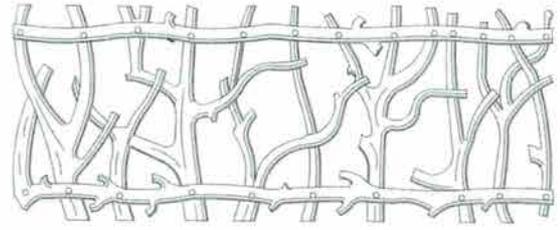


TOSCANA 1.00 X 2.00, 0.80 X 2.00

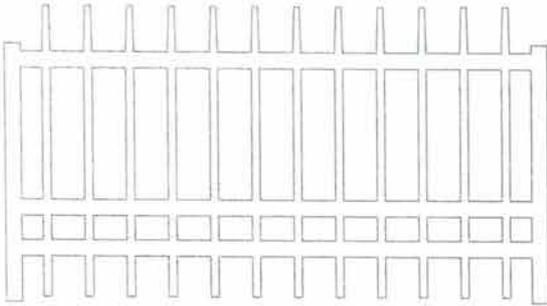
Figura 31.11



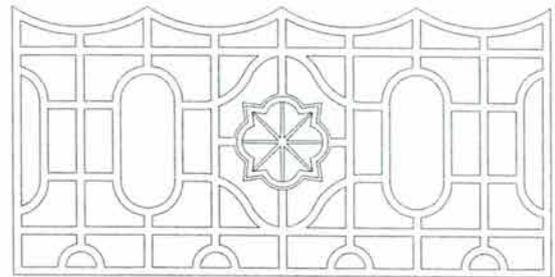
FRIULI 1.15 X 2.00, 1.00 X 2.00



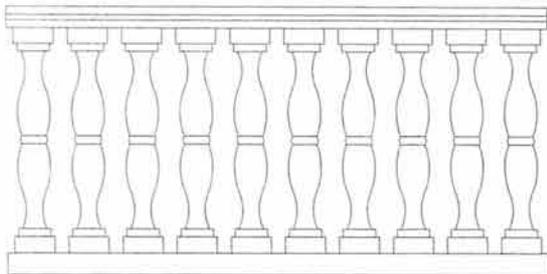
VENEZIA 0.80 X 2.00



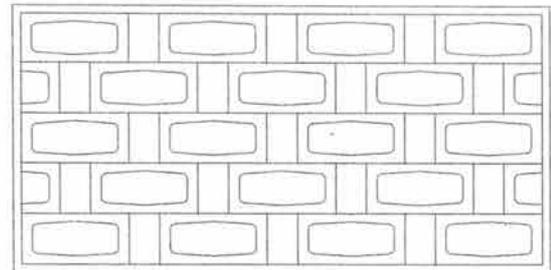
LAZIO 1.10 X 2.00



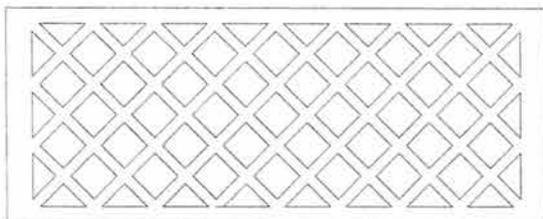
LIGURIA 1.00 X 2.00, 0.80 X 2.00



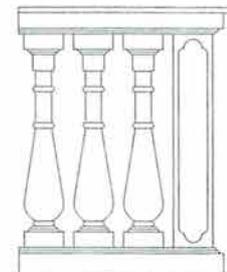
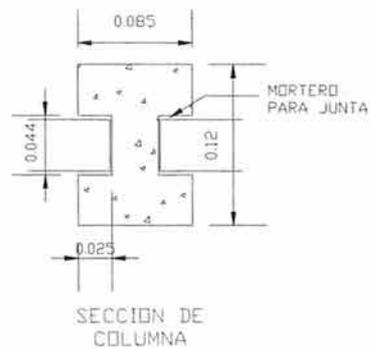
ABRUZZO 1.00 X 2.00



VILLANOVA 1.00 X 2.00

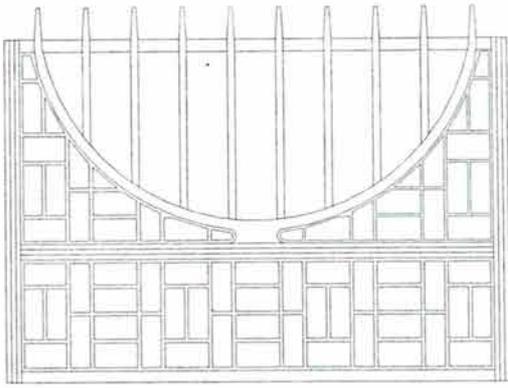


NATALID 0.80 X 2.00, 0.50 X 0.50

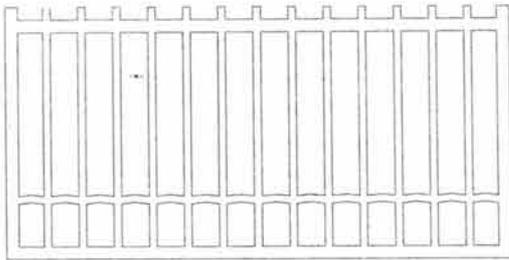
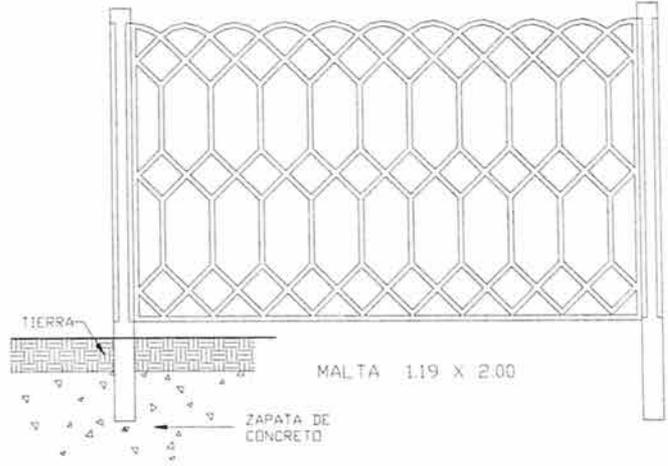


VERONESE

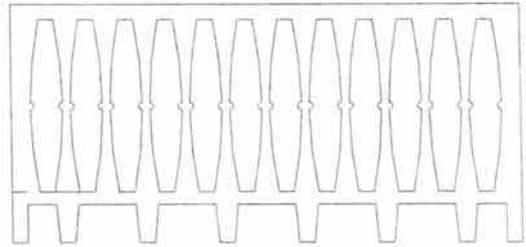
Figura 31.12



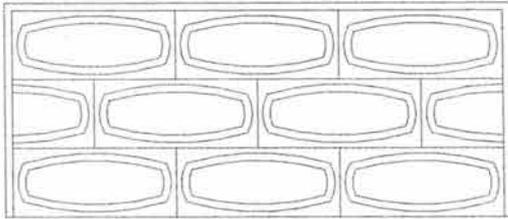
SARDEGNA 1.00 X 2.00
BASE TIPO ROCA 0.50 X 2.00



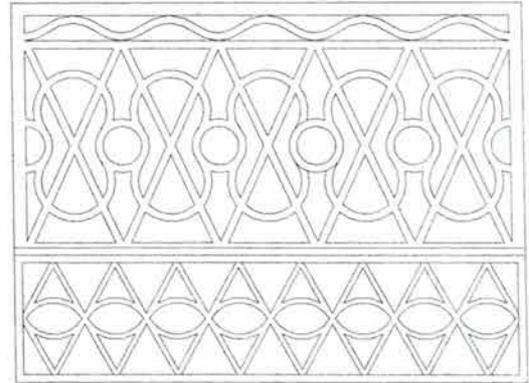
EMANUELA 1.00 X 2.00



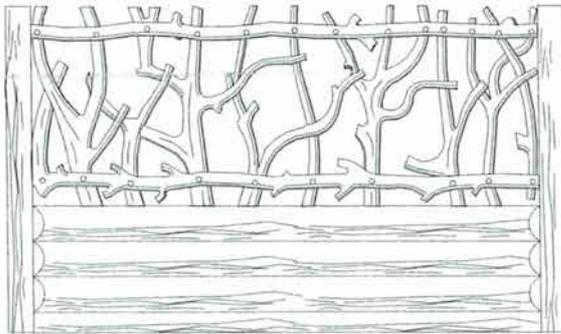
TORINO 0.94 X 2.00



NAPOLI 0.85 X 2.00



DELIA 1.00 X 2.00
BASE TIPO MARISCO 0.50 X 2.00



VENECIA 0.80 X 2.00
BASE TIPO MADERA 0.50 X 2.00



BASE INDUSTRIAL 0.50 X 2.00

Figura 31.13

32. REVESTIMIENTOS

Son todos los materiales de protección o acabado con los que se recubren los paramentos interiores y exteriores de los muros de la edificación con la finalidad de mejorar su impermeabilización y su aspecto estético. Hay numerosos tipos, tanto naturales como hechos por el hombre. Entre los primeros podemos mencionar los pétreos y las maderas y entre los segundos los cementicios, los cerámicos, el papel y los plásticos

32.1 MATERIALES PÉTREOS

Como dijimos en la INTRODUCCIÓN, las rocas pueden ser de origen ígneo, sedimentario o metamórfico. De las que comúnmente se usan en los revestimientos el granito está entre las ígneas, las pizarras, las calizas y las areniscas entre las sedimentarias y el mármol entre las metamórficas. Los métodos de erección son similares para todas y los veremos más adelante; nos limitaremos a describir las características de cada una así como sus ventajas y desventajas.

32.2 GRANITO

Formado principalmente de cristales de cuarzo y feldespato con pequeñas adiciones de mica y hornablenda. Es una piedra difícil de cortar y pulir por su gran dureza, pero es sumamente duradera, impermeable, resistente a los agentes atmosféricos y de fácil mantenimiento contra el ataque de manos mugrientas o aspersadores de graffiti. Hay canteras en muchas partes del mundo, aunque no en nuestro país, con muy variados tamaños de los cristales y sus respectivos colores, como el rojo fino de Suecia, el blanco de Brasil y los negros y grises del estado de Maine en los Estados Unidos. También existen rosados, azules, marrones, beige y verde oscuro. Se corta en mampuestos desde 1" (2.5 cm.) hasta 4" (10 cm.) de grueso, de superficie rústica, terminados con la bujarda (martillo usado en cantería cuya faz tiene protuberancias piramidales como las de un martillo para majar carne); flameada, terminados con soplete para producir una superficie mate más lisa que la anterior, y bruñidos hasta producir una superficie brillante. No sólo se usa el granito en revestimientos de paredes sino en topes de mesas y mostradores, en contenes de aceras y en adoquines para los pavimentos más duraderos del mundo.

32.3 PIZARRAS

Se utilizan normalmente como mampostería concertada para recubrir paredes o, como vimos en el párrafo 30.9, para pavimentos de pisos, donde anotamos, además, la variedad de colores que se pueden conseguir localmente. En el artículo 19.4 describimos su uso para cubiertas, especialmente en Europa y Norteamérica y, por antonomasia se denominan pizarras los equipos usados en las escuelas para escribir con tiza, que aún hoy día se fabrican en muchos países con piedras grises y verdes.

32.4 ARENISCAS

*Compuestas de granos de arena cuarzosa unidos por un material cementante que les imparte el color y los diversos grados de dureza. Las silíceas, de color gris o blanco, son las más duras y resistentes; las calizas, de color amarillento o gris verdoso, son atacadas por las atmósferas ácidas de las ciudades industriales y aún más las arcillosas, de color pardo-rojizo, entre ellas el **brownstone** que estuvo muy de moda en New York durante el siglo XIX, donde su notorio deterioro muestra lo poco aptas que son para los revestimientos. No hay areniscas en nuestra isla.*

32.5 CALIZAS

En nuestro país las calizas son exclusivamente de origen orgánico formadas por los esqueletos calcáreos de antiguas colonias coralinas. En otros países pueden ser rocas sedimentarias de origen químico, orgánico o metamórfico. Se componen principalmente de carbonato cálcico mezclado en mayor o menor grado con carbonato de magnesio, arenas silíceas, arcillas y óxido de hierro. Estas impurezas son las que imparten las características a las calizas, Si tienen un porcentaje mayor del 10% de carbonato de magnesio se denominan dolomíticas y ya cerca del 45% se convierten en dolomitas. Los óxidos de hierro producen los colores rojizos y amarillentos, los carbonáceos, bituminosos y las turbas producen los grises oscuros. Los colores varían desde beige claro hasta marrón oscuro, desde gris plateado hasta tintes ligeramente azulosos. Casi ninguna adquiere brillo con el pulimento. El travertino es una toba caliza producida por sedimentación de aguas saturadas de cal y restos vegetales, caracterizado por poros y oquedades irregulares, de color crema claro o siena. El ónix proviene de soluciones de agua fría depositadas en cuevas calcáreas. Estos dos últimos sí pueden terminarse con pulimento brillante.

32.6 MÁRMOLES

Han sido tratados parcialmente en los párrafos 1.2 y 30.11. Pueden ser sencillos, de un solo color; polícromos, de varios colores; veteados, con vetas de color diferente del fondo; brechas, formados por grandes fragmentos angulosos de diferentes colores, brocateles si son de tamaño pequeño y pudingas, si son fragmentos redondeados; lumaquitas, si tienen conchas y caracoles. Entre los mármoles criollos se consiguen los brechas doradas y rojas, el gris, el verde, el rosado y el perla, el Santa María negro con vetas blancas, el Portoro negro y crema, el Bottichino, el Travertino y el Ónix. Entre los importados están el rojo Alicante, el Carrara blanco, el gris y el crema Oriental, el crema marfil, el verde y el negro Marquina. Esta lista, por supuesto, no es exhaustiva ya que son varios centenares los diversos tipos de mármol que hay en el mundo.

32.7 COLOCACIÓN DE REVESTIMIENTOS PÉTREOS

Los diversos aparejos se mostraron en el artículo 10.3. Para piedras entre 2 y 5 centímetros de grueso se puede confiar en el mortero para la adherencia. Mampuestos más gruesos y pesados requieren anclas mecánicas, Figura 32.1, para asegurarlas a la pared sustentante. Si son de hierro, para evitar posteriores manchas de óxido, deben ser galvanizadas después de dobladas. Metales en contacto deben ser compatibles entre sí para prevenir corrientes galvánicas que pueden producir manchas, o corroerlos hasta la rotura. El uso de epoxies de alta resistencia ha facilitado el uso de piezas prefabricadas de complicados perfiles.

El angular de soporte, con su lámina impermeabilizante, se usa en los dinteles de puertas y ventanas y en forma continua en cada piso para repartir mejor el peso del revestimiento en toda la estructura. Es conveniente también recubrir el paramento exterior de la pared de soporte con pintura asfáltica impermeabilizante a medida que se erige el revestimiento. La ranura vertical que se muestra se consigue con un perfil de lámina de hierro galvanizado que se clava al molde antes del vaciado y permanece embebido en el concreto. Se pueden asegurar las piezas unas contra otras con tarugos metálicos cilíndricos o con taquetes prismáticos de piedras más duras como el granito y el basalto.

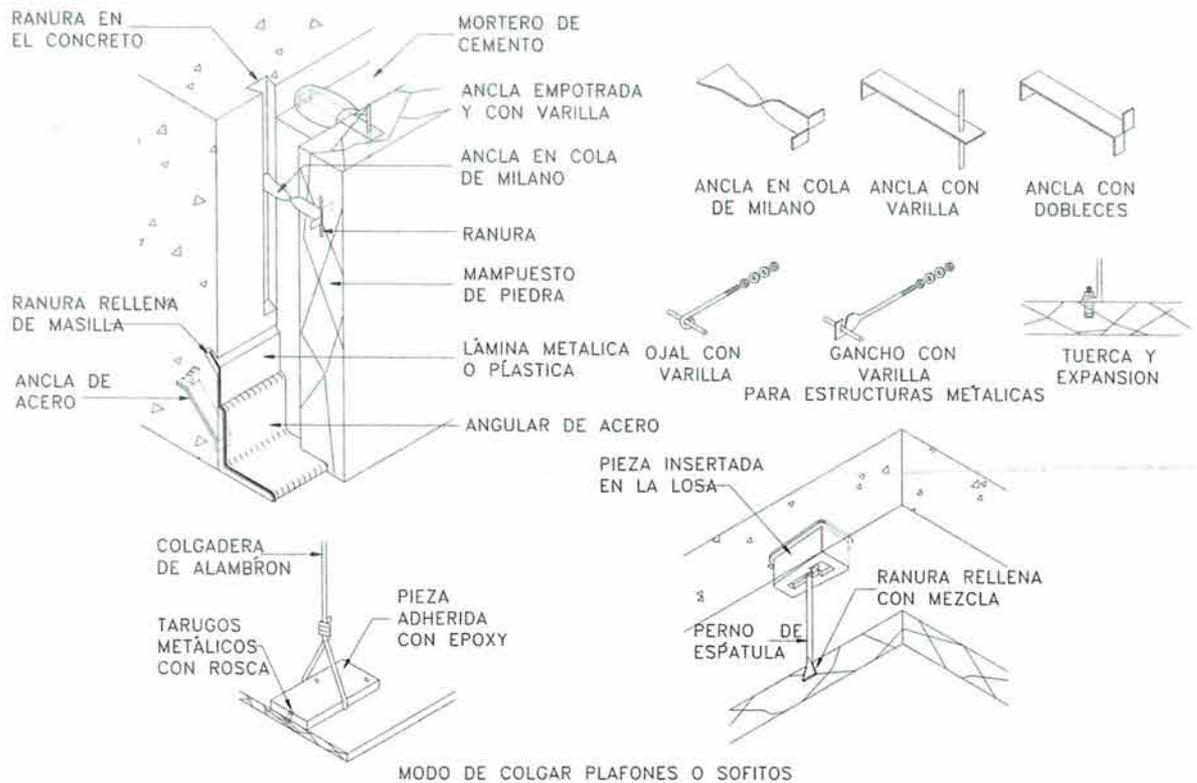


Figura 32.1

La Figura 32.2 muestra el tratamiento de las esquinas entrantes y salientes. El corte a inglete (45°) como se muestra en la esquina saliente de la derecha no debe llegar hasta la superficie exterior porque formaría una arista muy aguda, propensa a descantillarse.

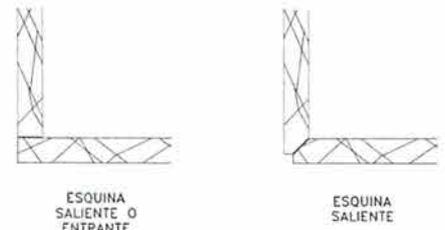


Figura 32.2

32.8 MADERAS

Los revestimientos con madera sobre muros de mampostería pueden hacerse con tablas machiembradas, con paneles de madera contrachapada (plywood) o con finas láminas de madera (vener). Las dos primeras se fijan a rastreles de 1" x 2" fijados a la pared con clavos de acero. Estos rastreles deben ser de madera tratada y deben dejar espacios entre sí para permitir la circulación del aire entre el recubrimiento y la pared a fin de evitar la proliferación de hongos que harían podrir la madera. La instalación de las tablas se hace de manera similar a la descrita para los pisos de madera, párrafo 30.14. Las juntas entre las planchas de plywood se disimulan con cubrefaltas de madera o de metal. Las láminas, que pueden estar respaldadas con lona, se adhieren a la pared con pegamentos idóneos con la ventaja de que, por su flexibilidad, pueden recubrir superficies curvas.

32.9 RECUBRIMIENTOS CEMENTICIOS

El recubrimiento más usado es el hecho a base de cemento Portland y cal. Las proporciones usuales son de tres partes de arena por una de cal y una parte de cemento por seis partes de esa mezcla. La cal ayuda a hacer el mortero más trabajable y alarga el tiempo de fraguado para permitir la terminación de áreas más extensas. Se denomina **repello** cuando se usa arena gruesa y sirve para corregir defectos de alineación o de desaplomo, o para mayor protección de los muros que van a quedar bajo tierra y **empañete** cuando se usa arena fina para la terminación. Las capas nunca deben exceder los 2 cms. de grueso y, como todo material hecho a base de cemento Portland, debe curarse, por lo

menos durante los primeros días. Para asegurar la adherencia las superficies no deben ser muy lisas por lo cual se usan bloques estriados, sean de concreto o de barro cocido. Las superficies horizontales, como los fondos de losas, por ejemplo, se deben repicar con piqueta cuando aún estén frescos o aplicarles un **careteo**, que consiste en arrojar vigorosamente con una brocha gruesa o una escoba de guano, mezcla de cemento Portland y arena gruesa unos días antes de que se vaya a aplicar el pañete. Hay productos que proveen una adherencia química entre el concreto viejo y el mortero nuevo que los albañiles locales conocen como "zorobón", por haber sido la marca Thorobond la primera en usarse en el país. Se aplica a toda la superficie y después de seca se procede al empañetado. Su color característico, azul o rosado, muestra que la superficie ya está lista. De acuerdo al tipo de terminación se denomina **resanado** cuando apenas se tratan de cubrir los defectos de la mampostería, obturando los hoyos y desperfectos y alisando las juntas.

Para la **punta llana** se aplica una capa delgada (0.5 cms.) a toda la superficie con la cual se uniformiza la apariencia pero no se corrigen los defectos de alineación o desaplomo. El **pañete amaestrado** corrige estos defectos, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento: se clavan clavos de acero cerca de las cuatro esquinas de la pared a empañetar, se colocan hilos horizontales y verticales formando un plano que se ha constatado con plomada y escuadra que está perfectamente vertical y que forma ángulos de 90° con las paredes adyacentes. Se colocan puntos de mezcla en las esquinas del cuadro y a cada metro a lo largo de los hilos horizontales, de modo que su superficie terminada coincida con los hilos. Se aplican fajas verticales de mezcla, denominadas **maestras**, entre los puntos usando reglas de madera bien derechas para asegurarse de que la superficie de la maestra esté en el plano de terminación. Luego se acaba de rellenar con mezcla entre las maestras, labor que ya puede desempeñar el ayudante del albañil, rateando de abajo hacia arriba con reglas más cortas hasta cubrir totalmente la superficie. Como el empañetado se hace siempre primero que los pisos, es conveniente y económico fijar reglas en la línea de terminación de los zócalos para evitar tener que repicar después el pañete terminado.

Después del primer fraguado, se humedece de nuevo la superficie y se termina con movimientos circulares de la flota de madera para hacer desaparecer las juntas de las maestras y las estrías causadas por el rateado. Si se desea una superficie más lisa se termina con una flota de goma. Para una terminación aún más lisa, se espolvorea con cemento de color y se termina a mano con una llana de acero, como se describió para los pisos al final del párrafo 30.2. Hay que advertir que, por la riqueza en cemento de esta capa superficial, habrá grandes retracciones y rajaduras por lo cual se hace imprescindible un buen curado. Esta terminación, por su facilidad de mantenimiento, es la idónea para duchas y baños en construcciones de bajo costo.

Son innumerables las terminaciones decorativas que se pueden conseguir con el empañete como el **granulado**, esparcido a mano como el careteo o con aparato aspersor idóneo que lo hace más uniforme; el **rústico** tirando pegotes de mezcla contra una superficie ya empañetada y aplanándolos con la llana para formar islotes irregulares; **estriados** rasgando la mezcla fresca con un rastrillo encauzado por una regla, de **conchas** imitando las de moluscos bivalvos.

El yeso se emplea principalmente en el país para dar una terminación más lisa al pañete flotado. Para plafones colgantes también se usan paneles prefabricados de yeso clavados a un armazón de madera; las juntas luego se obturan con yeso fresco haciéndolas desaparecer. En países con tradición yesera el enlucido se hace con tres capas directamente a la mampostería o a un sustrato de tela metálica o de placas perforadas de yeso. La primera se hace con un yeso de color marrón oscuro ligado con fibras vegetales o pelos de animales que aumentan su resistencia. La segunda se hace con un yeso más claro que se termina con zurcos paralelos para una mayor adherencia y la tercera, de cerca de 1 mm. de grueso, se hace con yeso blanco (escayola) que se bruñe con una llana de acero. Para el estuco se liga el yeso con cola. El esgrafiado consiste en superponer dos o más capas de escayola teñida con diferentes colorantes para luego raspar las capas superficiales de modo que se muestren las subyacentes.

Las molduras se hacen con una plantilla como se muestra en la Figura 32.3, que se desliza sobre una regla bien derecha, clavada a la pared. Se puede rellenar el interior de la moldura con mortero de cemento y arena gruesa reservando la escayola para las capas superficiales. La intersección en la esquina hay que terminarla a mano, lo que requiere bastante destreza de parte del maestro de albañilería.

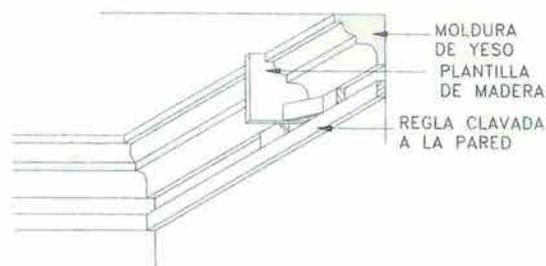


Figura 32.3

32.10 BARRO COCIDO

Incluye la **terracota**, esculturas y molduras de fina arcilla cocida, muy usada por su intrínseca belleza y durabilidad y los ladrillos que, generalmente, son ladrillos corrientes escindidos longitudinalmente ya sea con sierra para una terminación lisa o a golpes del borde de la plana para una superficie rugosa. Algunos ladrillos vienen ranurados para facilitar esta escisión. Como ésta es una capa exclusivamente decorativa no hay que limitarse a los aparejos clásicos, mostrados en el párrafo 6.4, sino que se pueden colocar con las juntas verticales corridas, con los ladrillos colocados verticalmente, inclinados y hasta en forma helicoidal para superficies cilíndricas.

32.11 CERÁMICA

Materiales hechos a base de arcillas especiales fundidas a altas temperaturas lo que los hace duros, frágiles, resistentes a la abrasión y a la compresión. Las arcillas son finamente pulverizadas en molinos de bolas y mezcladas con agua para formar la **babotina** que se moldea en baldosas, denominadas **bizcochos**, que son secadas con aire caliente, para luego ser llevados al horno. Cuando los colores y texturas finales han sido incorporados al bizcocho sólo se hornea una vez y el proceso se denomina **monococción**. Esto produce un material denso e impermeable, generalmente con terminación mate o semimate, en tamaños de 20 x 20, 33 x 33 y 40 x 40 cms., ideales para su uso en pisos; en especial el **gres cerámico**, hecho a base de una pasta de arcilla, feldespato y arena cuarzosa, que produce una loseta antiresbalante, con un bajísimo coeficiente de absorción de líquidos y grasas, que lo convierten en el material idóneo para los pisos de las grandes cocinas de hoteles y restaurantes. En el proceso de **bicocción** el bizcocho se hornea primero a altas temperaturas, luego se recubre una cara con un esmalte a base de óxidos metálicos y se hornea de nuevo a temperaturas más bajas. Estas losetas son los azulejos que, como expresión artística, fueron llevados a su perfección por los árabes durante sus siete siglos de dominación en el Mediterráneo. El mismo nombre se deriva de la palabra árabe **zuleija** que significa piedra quemada. Los colores pueden ser lisos, goteados, nebulados o con dibujos esgrafiados donde cada loseta tiene su propio diseño o forma parte de un diseño de mayor área. La terminación puede ser mate o brillante, estos últimos deben ser reservados exclusivamente para el revestimiento de paredes, por lo resbaladizo que resultarían en los pisos.

Hay una gran variedad de tamaños de azulejos desde 2 x 2 hasta 40 x 40 cms. Los más pequeños vienen, generalmente, en conjuntos de 30 x 30 cms., adheridos a papel en su cara terminada o a una malla plástica en su cara posterior, ya sean de tamaños y colores uniformes o, a guisa de teselas, formando mosaicos de complicados diseños y hasta formando parte de grandes murales. Las dimensiones más comunes de los azulejos son de 15 x 15 ó 20 x 20 cms. en losas cuadradas o de 10 x 20 y 15 x 20 cms. en losas rectangulares.

En el mercado local no existen terminales, lo cual afea los ángulos salientes ya que resaltan los bordes de arcilla sin esmalte. Algunos albañiles rebajan, a base de piedra, los bordes para formar una esquina a inglete, pero esta práctica produce bordes afilados y peligrosos, como también frágiles y fácilmente descantillables; la solución más expedita es colocar estas esquinas en los lugares menos visibles. La Figura 32.4 muestra algunos de los terminales que antiguamente se importaban y que aún se usan en otros países.

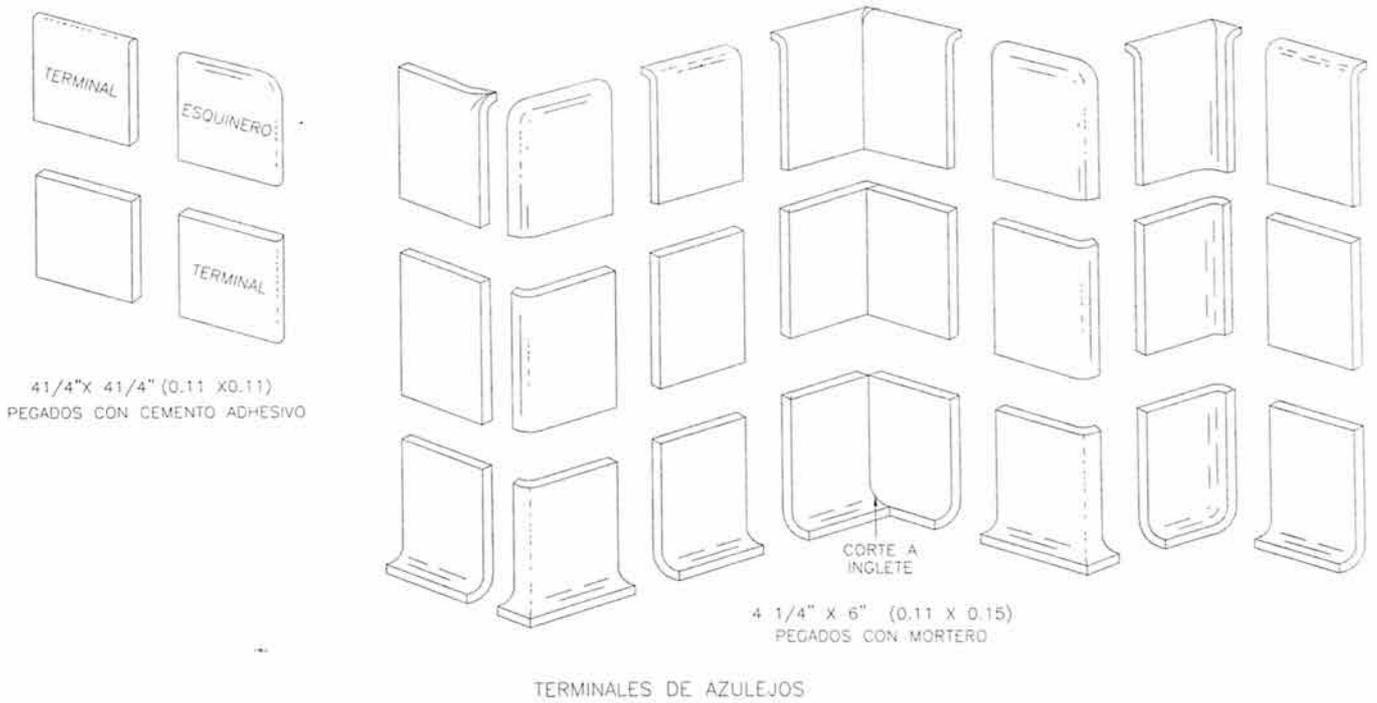


Figura 32.4

32.12 INSTALACIÓN

Tanto las piezas de terracota como las de cerámica pueden ser instaladas con mortero, generalmente sobre un empañete que se ha dejado rugoso para mejor adherencia. Las piezas deben estar húmedas habiéndose pasado un día sumergidas en agua. De lo contrario robarían el agua a la mezcla resecaando la unión y debilitando su adherencia al sustrato. La primera hilada se coloca sobre una regla clavada a la pared, cuyo borde superior corresponde al nivel de piso terminado. El albañil embadurna la mezcla en el anverso de la pieza, luego la empuja contra la pared hasta dejarla a plomo y en línea y recogiendo la mezcla sobrante. Algunos azulejos traen unas tetillas en sus bordes para asegurar un ancho uniforme de las juntas, para los que no las tienen, los albañiles usan palillos de dientes para los mismos fines. Existen también los separadores plásticos en forma de cruz que vienen de diferente espesor y permiten también asegurar que el ancho de las juntas sea uniforme. Los azulejos también pueden colocarse usando cemento adhesivo aplicado al anverso de la pieza con una llana que tiene dos bordes lisos y dos dentados. Se aplica una capa lo más fina posible con uno de los bordes lisos y luego se peina con uno de los dentados. Para este método no hay que humedecer las piezas. En el caso de los grupos de azulejos pequeños mencionados en el párrafo anterior, el adhesivo se unta a la pared a la cual se pegan los mosaicos. Los que tienen malla plástica ésta permanece adherida mientras que el papel de los otros se quita humedeciéndolo al día siguiente. Un día después de la instalación, por cualquiera de los métodos descritos, se aplica un derretido con lechada de cemento blanco, o del color adecuado, para terminar de fijar las piezas. Luego se limpian con trapos o desperdicios húmedos para quitar los restos del derretido de las caras de los azulejos, antes de que éste fragüe completamente y dificulte la tarea. En el caso de los pisos, deben dejarse fraguar por tres o cuatro días caminando, si fuese necesario, sobre tabloncillos que repartan las cargas.

32.13 PAPEL TAPIZ

Usados en Europa desde finales del siglo XVII, primero como sustituto más barato de los costosos tapices tejidos, y muy usados hoy en día para la decoración y protección de paredes interiores, especialmente después de la introducción de los plásticos vinílicos, ya como capa de recubrimiento o

como material intrínseco. Se aplican sobre cualquier superficie lisa como el yeso, el empañete de cemento, paneles de plywood, etc. En estos últimos es necesario masillar y pulir las juntas para que no se noten a través del papel. Vienen en rollos de diversos anchos, colores y texturas, con diseños repetitivos que es necesario tomar en cuenta para que coincidan perfectamente entre una faja y la otra. A algunos hay que cortarles los bordes, pero la mayoría ya viene de modo que se pegan borde con borde. Los pegamentos hechos a base de almidón son más baratos, pero la humedad no sólo los disuelve y los despegas sino que en ellos proliferan los hongos, produciendo manchas negras y mohosos e insalubres efluvios. Se colocan en fajas verticales cortadas ligeramente más largas de lo necesario, se embadurnan con el pegamento, se doblan sobre sí mismas para transportarlas de modo que queden en contacto las caras engomadas y se adhieren a la pared de arriba hacia abajo, comenzando desde una esquina de la habitación. Luego se alisan con una brocha especial de henequén, con movimientos de arriba hacia abajo y del centro hacia los lados para eliminar las posibles burbujas de aire. Sobre las juntas se pasa un pequeño rolito de madera para asegurar el contacto entre los bordes y que no se despeguen luego. Después de cubierta toda la pared se recortan los sobrantes junto al plafond y al zócalo con una cuchilla bien afilada.

32.14 RECUBRIMIENTOS METÁLICOS

Se usa el aluminio, el acero inoxidable y el cobre en sitios como cocinas industriales, bares y restaurantes donde hay extremas condiciones ambientales y una perentoria necesidad de higiene y limpieza. Pueden ser losetas pequeñas de 4" x 4" (0.10 x 0.10) ó de 6" x 6" (0.15 x 0.15) pegadas con cementos adhesivos o en paneles sujetos por presión a clips fijos a la pared.

33. PLAFONES

Plafón es un galicismo derivado de la palabra francesa *plafond* que, en una edificación, es la superficie que queda directamente sobre nuestras cabezas. En castellano debe llamarse **plafón** o **cielo raso** cuando está en el interior y **sofrito** cuando está al exterior, pero estos vocablos, sobre todo el último, serían incomprensibles para la mayoría de los que operan en el ramo de la construcción. El plafón puede ser el fondo de una losa, o algún material adherido a éste o puede estar colgado a cierta distancia por debajo, en cuyo caso se le llama **plafón suspendido**. En general el plafón se usa para embellecer y proteger la superficie, para mejorar las condiciones acústicas de un recinto y además, cuando son suspendidos, ocultar ductos, alambros y tuberías, ajustar las dimensiones para que el volumen resulte estéticamente más agradable o más reducido para economía de aire acondicionado o calefacción. Los materiales adheridos a la losa pueden consistir de un empañete de yeso o de mortero de cemento, como se expuso en el párrafo 31.3 o de paneles acústicos machiembrados. En los suspendidos también se usan los primeros, aplicándolos a mallas de metal desplegado; así como también tablas de madera machiembrada o placas de yeso clavadas a armazones de madera o cartones acústicos sostenidos en sistemas patentados de perfiles de aluminio o de acero. Es necesario prever el acceso al espacio sobre el plafón suspendido si las instalaciones allí ocultas precisan de mantenimiento.

Los plafones modulados deben calcularse con el mismo método usado para los pisos, como vimos en el párrafo 30.12, de modo que los chazos sean mayores de medio módulo. Cabe al arquitecto preparar una **planta de plafón reflejado**, que muestre la ubicación de las lámparas, salidas y retornos del aire acondicionado, cabezas de las regaderas automáticas contra incendios, bocinas y altoparlantes para el sistema de intercomunicación pública, etc., para formar un conjunto armonioso que acomode todas las instalaciones sin que haya interferencias entre unas y otras.

33.1 MADERA

Enlites de madera de 1" x 4" (.025 X .10m), cepillados y machiembrados, o tablas de hasta 1" x 12" (.025 x .30m) con ranuras como se muestra en la figura 33.1, para simular los anteriores, clavados a viguetas estructurales o al tirante de las tijerillas. La distancia entre los soportes no debe sobrepasar los 4 pies (1.22 m.). Muy usados en nuestras casas victorianas del siglo XIX.



Figura 33.1

33.2 PANELES ACÚSTICOS

Generalmente en módulos de 1' x 1' (0.305 x 0.305 m) para las unidades adheridas, machiembradas y en gruesos de 1/2" (0.0125m) y 3/4" (0.019m) y para los plafones suspendidos, de 2' x 2' (0.61 x 0.61m) ó de 2' x 4' (0.61 x 1.22m) en gruesos de 1/2" (0.0125m), 5/8" (0.016m), 3/4" (0.019m) y 1" (0.0254m) en diversos tipos de materiales y texturas. Los más económicos son los de espuma de polietileno, material blanco y poroso, que por su ligereza, requieren clips o contrapesos para que no salten con cualquier golpe de brisa o cada vez que se mueve una puerta. Los hay hechos a base de fibras vegetales, como la pulpa de madera o el bagazo de caña, tratados con fungicidas, o de fibras minerales más resistentes a la humedad, aunque todos se manchan si hay filtraciones. Para adherir los cartones se le untan cuatro pegotes del cemento, casi siempre asfáltico, en las diagonales del anverso de la pieza y se oprime contra el fondo de la losa forzando las lengüetas dentro de las ranuras de las ya colocadas.

Los sistemas de suspensión usan tres tipos de perfiles, pintados o con terminación natural: angulares de $\frac{3}{4}'' \times \frac{3}{4}''$ (0.019 x 0.019), perfil DS-15, Figura 23.1, Tees de aluminio, perfil D-253, Figura 23.2, que pueden ser de carga o principales de 12' (3.66) de largo y secundarias de 2' (0.61) ó 4' (1.22) nominales de largo; las tees principales tienen una serie de perforaciones cada 6" (0.15), unas redondas por donde se cuelgan y otras en hendidura estrecha para conectar las secundarias. Para salvar espacios de más de 12' las tees principales se conectan a tope, fijadas con un clip, como se ve en la Figura 33.2.

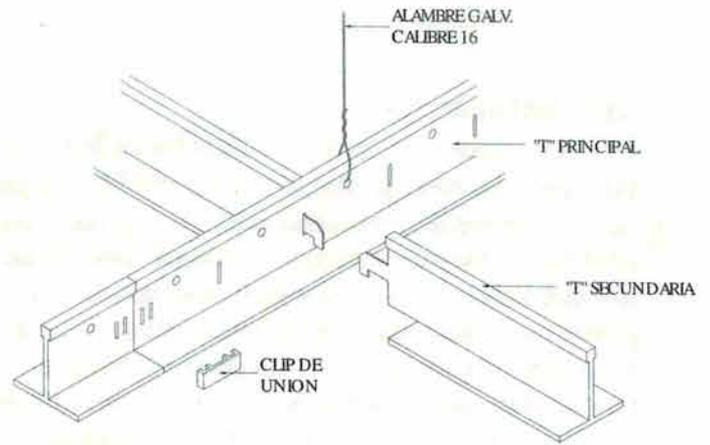


Figura 33.2

Los paneles usados en los plafones suspendidos pueden ser, como los anteriores, de origen vegetal o mineral, espumas plásticas, fibras de vidrio con o sin revestimiento de vinilo o bandejas perforadas de aluminio cubiertas con colchas de fibras de vidrio, Figura 33.6. Estos últimos, resistentes a los vapores y fácilmente lavables son la solución ideal para las cocinas industriales y hoteleras y para los quirófanos y laboratorios de hospitales.

Los paneles pueden estar sencillamente colocados sobre las alas de las tees; con las tees rehundidas, Figura 33.3; machihembrados y con junta en "V", Figura 33.4 o colocados a tope, Figura 33.6, donde las juntas prácticamente desaparecen y el plafón parece casi monolítico.

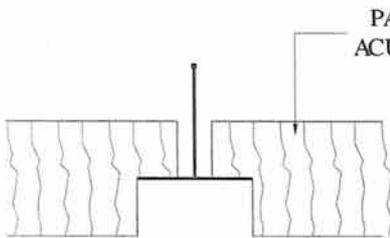


Figura 33.3

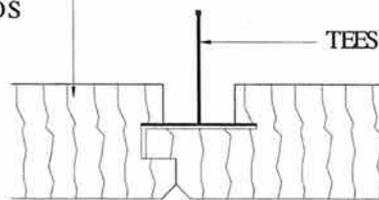


Figura 33.4

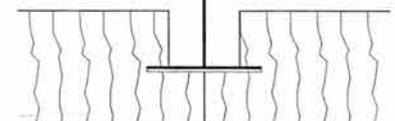


Figura 33.5



Figura 33.6

33.3 INSTALACIÓN

Basados en los niveles de referencia mencionados en el párrafo 30.12, se marca en todas las paredes la altura del plafón terminado. Se fijan con clavos de acero los angulares a la pared, dejándolos a tope en las juntas y cortando el ala inferior para que quede a inglete (45°) en los ángulos entrantes y salientes. De la planta de plafón reflejado determinamos la ubicación y dirección de las tees principales, que debe ser perpendiculares a la dirección más larga del módulo; se cuelgan dichas tees amarrándolas a colgantes de alambre galvanizado calibre 16 cada 4 pies (1.20m) los cuales, a su vez, han sido fijados a las vigas y losas con tornillos de ojal y tarugos de expansión o con piezas idóneas insertadas con pistolas. Las ranuras para las tees secundarias deben coincidir también con las indicaciones de la planta de plafón reflejado. En las paredes, todas las tees sencillamente descansan, sin ataduras, sobre las alas de los angulares. Es importante que las lámparas pesadas se soporten separadamente. Luego se colocan las tees secundarias cortando, como sea necesario, los pedazos que se apoyan en los angulares perimetrales. Finalmente se colocan los paneles acústicos, operación que debe hacerse con bastante delicadeza, por su fragilidad, y con guantes para evitar que el sucio o el sudor manchen irreparablemente las piezas.

Al diseñar la planta de plafón reflejado debe evitarse tener que cortar las tees del armazón, especialmente las principales, para acomodar los difusores y retornos del aire acondicionado, las lámparas que no son modulares, los altoparlantes o las cabezas del sistema de protección contra incendios. Todas estas salidas, preferiblemente, deben recortarse de los paneles mismos.

34. TEORÍA DE COLORES

La luz es una estrecha ventanilla dentro del amplio y continuo espectro de las ondas electromagnéticas, Figura 34.1, con longitudes de onda entre 380 y 780 nanómetros y cuya velocidad de traslación es de 3×10^8 metros por segundo. La energía es inversamente proporcional a la longitud de onda de modo que los rayos cósmicos, gama y X transmiten más energía que los de luz y mucho más que las ondas de radio. En un medio refringente como el vidrio, las ondas del color violeta se desvían menos que las de color rojo, como demostró Newton con sus experimentos con prismas. También lo vemos en los atardeceres, cuando la refracción atmosférica dobla los rayos rojos más que los otros para ser los últimos en desaparecer cuando el sol ya está debajo del horizonte.

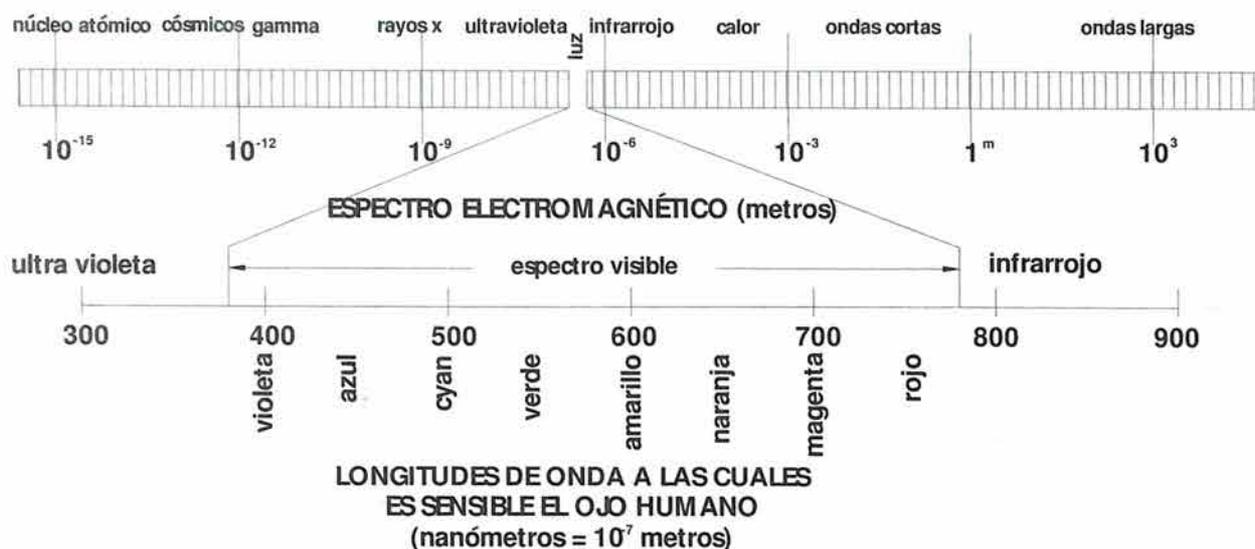


Figura 34.1

El ojo, que es el órgano que nos sirve para captar los fenómenos lumínicos, es aproximadamente esférico rodeado de una membrana muy dura, que es la **córnea** (el blanco del ojo), en cuya parte frontal hay un diafragma ajustable y de colores característicos, que se denomina **iris** y una lente muy adaptable que es el **crystalino**. Los músculos del iris reaccionan automáticamente cerrando la apertura cuando hay mucha luz y abriéndola en la oscuridad. Los músculos del cristalino, en el ojo saludable, adaptan la forma y la convexidad de sus caras para que las imágenes de los objetos cercanos o lejanos se enfoquen en la **retina**, que cubre la parte trasera del ojo, especialmente en una pequeña área situada en la antípoda de la apertura del iris, denominada **fóvea**. El hemisferio posterior de la retina está completamente cubierto por terminales del nervio óptico para transmitir los estímulos al cerebro, donde son realmente interpretados. Por la forma de dichos terminales han sido denominados **bastones** y **conos**. Los primeros están uniformemente distribuidos en todo el hemisferio y nos sirven para la visión periférica, para detectar movimiento y para la visión nocturna, los conos, más concentrados en la fóvea y sus alrededores y necesitan mayor intensidad de luz para ser estimulados, nos proporcionan la agudeza visual para percibir imágenes más detalladas, como para la lectura, y nos permiten la visión en colores en forma aún muy poco comprendida. Aparentemente diferentes conos reaccionan ante el estímulo de los colores primarios de la luz, que son el azul, el verde y el rojo (color de los puntos básicos fosforescentes en las pantallas de la televisión a color). Por la combinación de estos rayos de luz, podemos conseguir todos los demás colores del arco iris, como veremos en el próximo párrafo. El color con el cual percibimos los objetos depende de la naturaleza de la luz incidente y del color intrínseco con que la cual se refracten, transmitan

o reflejen dichos rayos. Un objeto intrínsecamente coloreado de magenta, bajo la influencia de una luz blanca, absorbe casi todos los otros colores y deja pasar principalmente la luz magenta. Si la luz incidente fuese verde ésta sería casi totalmente absorbida y el objeto aparecería como marrón oscuro o negro. Estos colores de luz, denominados **complementarios**, producen el blanco, si se combinan en un solo punto.

34.1 COMBINACIÓN DE COLORES

Hay tres maneras de combinar colores:

1- Por **adición**, cuando combinamos rayos de luz, o pigmentos fosforescentes excitados electrónicamente, de diferentes colores como en las proyecciones a color o como en las pantallas de televisión a color. Cuando se mezclan dos o más colores luminosos se suman las amplitudes de las ondas concurrentes resultando en un color más intenso. Si se mezclan los tres colores primarios el resultado será una luz blanca; rayos verdes y azules forman una luz cyan; azul y rojo: magenta; verde y rojo: amarillo.

2. Por **substracción**, cuando se combinan pigmentos cada uno de los cuales absorbe diferentes longitudes de onda y refractan o transmiten otras, como en las pinturas y acuarelas. Al refractarse los rayos de luz a través de los diferentes pigmentos, se absorbe parte de algunas longitudes de onda, emergiendo de la mezcla el color que haya recibido la menor absorción. Con estas pérdidas, el color resultante siempre será de menor intensidad que los de los pigmentos componentes. Los colores primarios de los pigmentos son el magenta, el cyan y el amarillo. La mezcla de los tres pigmentos producirá un gris neutral, cyan y amarillo producirán el verde, Figura 34.2, cyan y magenta: azul-violeta; magenta y amarillo: rojo-anaranjado

3. Por **yuxtaposición**, cuando se combinan pequeñas áreas de diferentes pigmentos, que, a cierta distancia, se combinan dando la impresión de un solo color. Mosaicos y pintura puntillista. Como se trata de pigmentos, el color resultante será siempre más oscuro que el de los componentes, como en la combinación por substracción, pero el tinte se aproximará más al de la mezcla aditiva. Por ejemplo, la combinación de teselas verdes y rojas producirá, de lejos, la impresión del color marrón, que es el más oscuro de la gama de los amarillos.

34.2 CLASIFICACIÓN DE COLORES

Hay tres variables que permiten clasificar los colores de los pigmentos, colorantes para teñir y tintas:

- 1.- El **matiz** que depende de las longitudes de onda y se denominan según los colores intrínsecos de cada pigmento, como amarillo, magenta, cyan, etc.
- 2.- La **tonalidad o luminosidad** que clasifica los colores según sean claros u oscuros. La tonalidad se aumenta agregando pigmentos blancos y se disminuye agregando pigmentos negros.

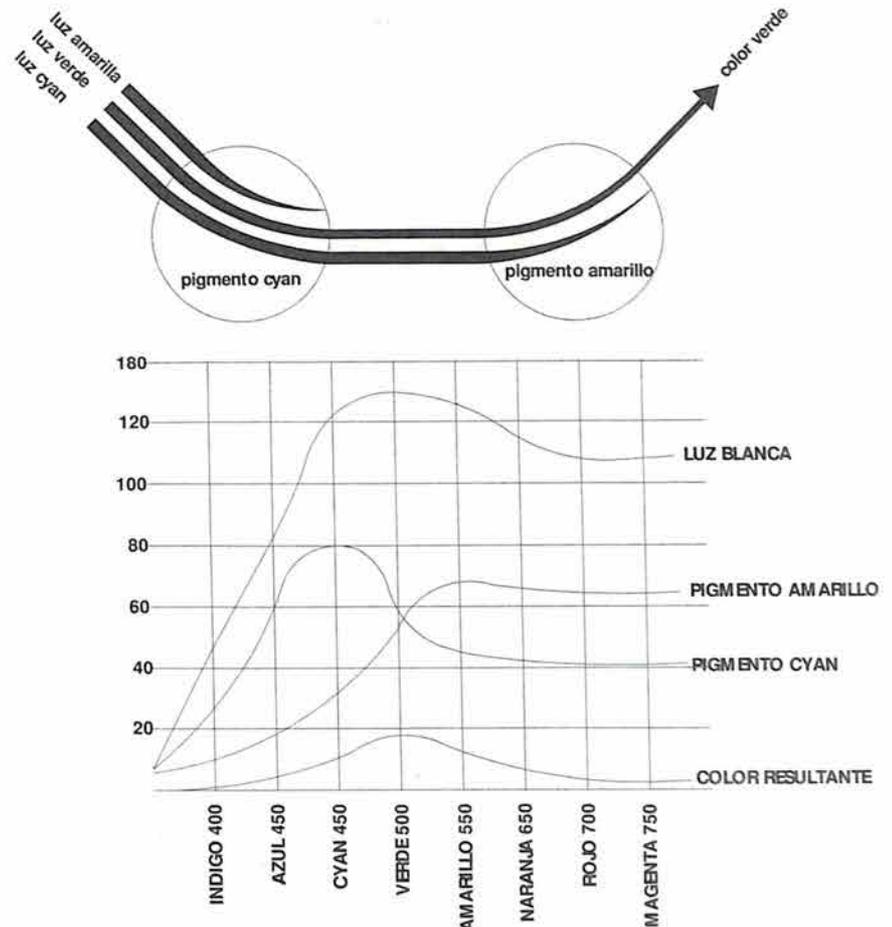


Figura 34.2

3.- La **intensidad o saturación**, que mide la gama, en un mismo matiz y tonalidad, que va desde un gris neutral hasta el color más intenso que se pueda conseguir con el pigmento dado.

Uno de los sistemas de clasificación de colores más usados para los pigmentos es el desarrollado por Munsell a principios del siglo XX, que utiliza los tres parámetros antes mencionados para formar un esferoide irregular con algunas notables protuberancias. Munsell ideó un eje neutro vertical que decrece en diez pasos grises de igual diferencia de luminosidad, entre sí, desde el negro en el polo inferior hasta el blanco en el superior. Los matices los distribuyó uniformemente alrededor del plano ecuatorial usando cinco matices principales: violeta, azul, verde, amarillo y rojo, identificados por sus iniciales en inglés Purple, Blue, Green, Yellow y Red, entre los cuales insertó los colores producidos por las mezclas de los colores adyacentes: PB, BG, GY, YR y RP a cada uno de estos colores les asignó un valor de 5 para que hubieran 10 pasos iguales entre un tinte y otro. Perpendicularmente al eje neutro, alejándose en pasos iguales distribuyó la escala de saturación del matiz y la luminosidad en cuestión hasta llegar a su color más intenso. Así, la fórmula de un verde esmeralda, por ejemplo, se escribiría 5.0G 6.7/11.2, que lo ubicaría en el medio de la gama de los verdes, con una luminosidad semejante a un gris 6.7 pasos por encima del negro y una saturación bastante alta alejada 11.2 pasos del eje neutro. Los parámetros de saturación varían de un matiz a otro. En colores claros como el amarillo ocurre en luminosidades altas como 7 u 8, para el verde y el rojo como 5 ó 6 y para los oscuros como el azul y el violeta, 3 ó 4, por lo cual se forman las protuberancias mencionadas. El libro de colores de Munsell muestra, en secciones circulares cortadas según los paralelos, los diferentes matices para cada grado de luminosidad y saturación, y en secciones verticales desde el eje neutro, los diferentes grados de luminosidad y saturación para un mismo tinte. Estas clasificaciones son muy usadas por los fabricantes de pinturas, en el teñido de telas y en las tintas de los impresores para mantener su producción inalterada durante el mayor tiempo posible.

34.3 COLORES COMPLEMENTARIOS

Se denominan así los pigmentos que al mezclarse se neutralizan y producen colores grises. Esto ocurre con el magenta y el verde, el amarillo y el violeta, el cian y el anaranjado, el amarillo naranja con el azul-violeta, el amarillo verdoso con el violeta rojizo y entre el rojo anaranjado y el cian, para mencionar sólo las combinaciones de los colores primarios y secundarios. Esta mezcla puede hacerse combinando directamente los pigmentos o yuxtaponiendo pequeños puntos de los colores, empleando el método puntillista que usó Seurat en sus pinturas, hace más de cien años. El ojo humano, cuando percibe un color, inmediatamente produce en la retina el color complementario, lo que podemos comprobar mirando fijamente un círculo de intenso color magenta por varios segundos y si luego ponemos la vista en una superficie blanca veremos la misma imagen, más pálida, pero con el complementario color verdoso. Esto quiere decir que si yuxtaponemos áreas relativamente grandes de colores complementarios, éstos se reforzarán mutuamente produciendo una fatiga visual difícil de soportar. Un pequeño acento de un color complementario puede avivar la apariencia de un conjunto, pero la lucha entre áreas similares, pero antagónicas, no propician la tranquilidad ni el reposo.

34.4 INFLUENCIAS PSICOLÓGICAS

Los colores **cálidos** como los rojos y amarillos nos hacen recordar los colores de una hoguera o el calor del sol y los **fríos**, como los azules, que nos recuerdan las aguas templadas del mar y las suaves brisas marinas. La distancia y la refracción hacen que los colores de los paisajes lejanos se esfuminen en colores grises y azules pálidos, ésto hace que las paredes de un recinto pintadas con estos colores, o cualquier otro color pálido, parezcan más alejadas de lo que realmente están y el recinto se aprecie más amplio. Por el contrario, los colores oscuros como los marrones, azul ultramarino y rojo, parece que avanzan hacia nosotros empequeñeciéndolo. También hay influencias culturales. El negro, en occidente, es la seña del luto y siempre se le achacan connotaciones fúnebres, mientras que en los países árabes ésto corresponde al morado oscuro. El blanco, en el que se destaca cualquier mancha de otro color, ha sido siempre considerado como símbolo de pureza.

35. PINTURAS

Las pinturas son sustancias que forman películas que, aplicadas a las superficies de los materiales de construcción, sirven para protegerlas, embellecerlas o mejorar su impermeabilización. Las cualidades deseables son: fluidez, para que el esparcimiento y el grosor sean uniformes; secado rápido; coloración permanente; buena adherencia e impermeabilización; flexibilidad; durabilidad y resistencia a la abrasión y a los hongos. Un gran adelanto que ha hecho la industria química moderna en la manufactura de pinturas son las **tixotrópicas**, que se comportan como pastas inertes en reposo y como líquidos de baja viscosidad cuando se agitan, de modo que sólo fluyen cuando se mueve la brocha, disminuyendo notablemente las salpicaduras. La formación de la película puede ser por la reacción química de oxidación, solidificación por simple evaporación del disolvente, polimerización térmica a elevadas temperaturas, catalización introduciendo una sustancia que reaccione químicamente con la otra o por la unión de partículas de latex después de evaporada el agua incluida en la emulsión.

La pulverización o **tizado** de algunas pinturas después de aplicadas, considerada antes como una característica indeseable, se controla y aprovecha ahora en las atmósferas donde hay mucho humo y polución, permitiendo que la lluvia se lleve la capa polvorienta y ennegrecida por el sucio, dejando al descubierto capas con el color de la pintura original.

Los sólidos finamente pulverizados que, permaneciendo sólidos, absorben y refractan la luz incidente dándole coloración a la pintura, son los **pigmentos**, y los componentes líquidos forman el **vehículo**, que deben ser **cohesivos**, para formar la película y hacer que se adhiera mejor a la superficie donde se aplica. Junto con los pigmentos, los siguientes ingredientes no volátiles aseguran la durabilidad y la protección que ofrecen las pinturas; **secadores** para acelerar la reacción; **plastificantes** para hacer la película más flexible; **cargas** para hacerla más trabajable y económica y un **disolvente volátil** que le da la fluidez necesaria para poderla aplicar. Este disolvente puede ser agua, para las pinturas de agua; derivados del petróleo o de la hulla para las de **aceite** y alcohol para las **lacas**. Su evaporación contribuye al desecamiento de las pinturas.

Los pigmentos imparten color a las pinturas y son responsables de que éstas ofrezcan un buen recubrimiento, de protegerse a sí mismos y a los otros ingredientes de los rayos ultravioleta, de proveer estabilidad ante los agentes atmosféricos, de inhibir la oxidación de los metales férricos y de resistir el ataque de hongos y de gases industriales. El **factor encubridor**, que hace que la pintura tape la superficie subyacente, varía mucho, dependiendo de la composición química del pigmento y de la forma y tamaño de sus partículas, siendo más encubridoras las más pequeñas y de granos redondeados. La diferencia entre el índice de refracción del pigmento y del vehículo es determinante en el poder encubridor de la pintura, mientras mayor sea esta diferencia, mayor será su poder encubridor. El índice de refracción de la mayoría de los vehículos está entre 1.47 y 1.52. El dióxido de titanio con un índice de 2.70 es más encubridor que el carbonato de plomo con un índice de 1.95. Este último está completamente prohibido en la manufactura de pinturas por la gran toxicidad del plomo. Otros derivados del plomo, como carbonatos, óxidos, sulfatos y cromatos sólo se usan como primera mano para prevenir la oxidación en los metales ferrosos.

35.1 ACEITES SECANTES

Ingrediente principal en el vehículo son los **aceites secantes**. Éstos se oxidan y polimerizan en contacto con el aire formando la película donde los pigmentos quedan en suspensión. Pueden ser de origen vegetal, animal o sintético, el más conocido es el de **linaza**, extraído de las semillas de lino y calentado para purificarlo, muy usado aún en pinturas exteriores e interiores aunque está siendo gradualmente reemplazado por los aceites sintéticos. También se usan los del árbol tung, de la China y Japón; el girasol, la soya, el ricino y los aceites de pescado, que no secan bien pero resisten el calor por lo cual se emplean en pinturas expuestas a elevadas temperaturas.

35.2 RESINAS

Algunas pinturas y barnices también emplean **resinas**, solas o en combinación con aceites secantes. Pueden ser naturales o sintéticas. De la destilación de la trementina, extraída de la madera de las coníferas, se saca el **aguarrás**, que es un disolvente para pinturas de aceite y la **colofonia**, que es una resina de color ambarino usada en el vehículo. El **copal**, resina fósil de algunas regiones de África, más transparente que la anterior y el **dammar** que procede del archipiélago del sudeste asiático y es algo más blanda que las anteriores aunque la más transparente. Todas se disuelven en disolventes volátiles aunque el copal precisa ser calentado.

La **goma laca** proviene de la picadura de un insecto hemíptero en árboles de la India y sólo se disuelve en alcohol, usándose en el recubrimiento de pisos de madera y en el **lustre de puño** de los muebles.

Las resinas sintéticas, que paulatinamente están substituyendo las naturales, pueden ser: **acrílicas**, resistentes a los rayos ultravioleta, al envejecimiento y a la oxidación, usadas en buenas pinturas de agua o de aceite; **alquídicas**, las mejores resinas en la actualidad por su flexibilidad y resistencia a los rigores del clima, usadas en pinturas de agua y esmaltes horneados; **polímeros celulósicos**, películas flexibles y duraderas, resistentes a álcalis y ácidos diluidos, principal ingrediente en las lacas; de **caucho clorinado**, películas resistentes a los álcalis, algunos ácidos, gasolina, aceites y grasas, usadas en pinturas para mantenimiento industrial; de **caseína**, susceptible al ataque de hongos, usada en pinturas de agua para interiores; **fenólicas**, película de rápido secado y alta resistencia a la humedad y al clima, usada en barnices y esmaltes horneados; **epóxicas catalizadas**, esmaltes pigmentados y un catalizador, recubrimientos duros, fuertes, resistentes a las sustancias químicas, a los álcalis, a la abrasión y a la limpieza, con usos industriales en pisos, paredes, tanques de combustibles y plantas de tratamiento; de **silicona alquídica**, que precisan ser horneadas, resistentes al clima, notable permanencia del color y el brillo, aplicaciones resistentes al calor; **resinas silicónicas**, películas resistentes al calor, al clima, a la oxidación y a sustancias químicas corrosivas, usadas en exteriores de muros de mampostería; **latex**, acrílicos, vinílicos o de butadieno-estireno, películas de rápido secado, sin olor, usados en pinturas de agua para interiores y de **poliuretano**. Notable resistencia a la abrasión, excelente flexibilidad y alta resistencia a sustancias químicas, al agua y a los álcalis, usadas en barnices para pisos de madera o de concreto y para mantenimientos industriales.

35.3 DISOLVENTES

La parte volátil del vehículo, incluye los líquidos que disuelven los elementos no volátiles y los que los mantienen en suspensión, actuando, más bien, como diluyentes. Controlan la viscosidad de la pintura para que pueda ser aplicada con brocha, rolo o atomizador. Además, controlan la consistencia, nivelación, secamiento, adherencia y durabilidad. Deben seleccionarse cuidadosamente para llenar los requisitos de los aceites secantes y de las resinas. Casi todos son muy inflamables y deben almacenarse alejados de fuentes de altas temperaturas, llamas o chispas.

El **aguarrás**, ya mencionado en el párrafo anterior, es el disolvente más común usado para los barnices y las pinturas de aceite. Productos de la destilación está el **éter del petróleo** (white spirits), y el **aceite de alquitrán**, derivado de la hulla. También se emplean diversos tipos de alcoholes, acetona y benzol. Algunas resinas sintéticas requieren mejores disolventes y usan **toluol** y **xilol** (destilados de la hulla), **nafta hidrogenada** e **hidrocarburos clorinados**. Las lacas requieren **ketones**, **ésteres** o **alcoholes** y el **agua** es el disolvente para las pinturas a base de emulsiones de latex o de cemento Portland.

35.4 SECANTES

Se añaden, en cantidades inferiores al 1.5% del volumen, para acelerar la oxidación o la catalización de los aceites, disminuyendo el tiempo de secado de las pinturas y barnices. Se usan sales orgánicas de metales pesados como el plomo, cobalto, calcio, hierro, zinc y manganeso que se oxidan rápidamente en contacto con el aire y transfieren este oxígeno a los aceites. Es usual combinar varias sales metálicas ya que cada una actúa mejor en los diversos niveles de la película.

35.5 CARGAS

Son polvos de baja opacidad que contribuyen muy poco al factor encubridor; originalmente se agregaban a las pinturas para aumentar su peso y abaratar su costo pero hoy, en las buenas pinturas, se usan para controlar el brillo, y mejorar la consistencia y trabajabilidad; pueden mejorar su aplicación con brochas y sus cualidades de almacenaje. Son indispensables en la formulación de pinturas de imprimación y selladoras, así como las de terminación mate. Entre otros está el albayalde, yeso, blanco de España, caolín y el polvo de asbesto para pinturas ignífugas.

35.6 PLASTIFICANTES

Materiales que dan flexibilidad a la película para evitar su agrietamiento. Deben ser ininflamables y perfectamente miscibles con los demás componentes. Se usó mucho el aceite de ricino y el alcanfor; ahora se usan más ciertos fosfatos, productos de la química moderna.

35.7 SELLADORES

Obturan los poros que tienen casi todos los materiales de construcción, ayudando a la impermeabilización y a economizar la pintura de terminación. Manufacturados a base de ceras, resinas o aceites secantes con un repelente del agua como el estearato de aluminio y un disolvente como la nafta o el éter de petróleo. Ayudan a repeler la lluvia pero no resisten presiones hidrostáticas. Para sellar los pisos de madera se usan lacas o barnices con un alto porcentaje de disolventes para hacerlos penetrar profundamente dentro de las fibras de la madera. Los nudos se tratan con resinas vinílicas o fenólicas, o con shalac para evitar que la savia brote y manche la superficie terminada. Los muebles terminados con lacas o esmaltes a la laca requieren selladores especiales (sanding sealers) que deben lijarse después de secos para mejorar la adherencia de las terminaciones. Los materiales encáusticos como las ceras, de vegetales como la carnaúba o de panales de abejas, muchas veces modificadas con resinas y aceites o en emulsión de agua, se usan como selladores finales y en el mantenimiento de los pisos y muebles de madera.

35.8 MASILLAS

Son mezclas de diversos productos formando pastas destinadas a tapar rendijas, hoyos y defectos superficiales en la madera, metales o en la mampostería. Casi siempre se forman usando el material que van a cubrir, finamente pulverizado y amasado con un adherente, cola, barniz o aceite. Aquí las masillas para metales férricos se denominan **ferrés**.

35.9 ANTIOXIDANTES

Pinturas protectoras para los metales férricos que inhiben su oxidación, poca permeabilidad para los agentes corrosivos, poca absorción de agua y la habilidad de cubrir y adherirse a las superficies donde se aplican. Generalmente hechas a base de óxido de plomo (**óxido rojo**), cromato de plomo, rojo o amarillo y cromato de zinc, amarillo. A todos los objetos de metales ferrosos debe dársele por lo menos una capa de antioxidante antes de salir del taller y retocarlas en obra para asegurarse que han sido protegidas todas las superficies, aun las que van a quedar ocultas.

35.10 ENCALADO

La pintura más económica es la **lechada de cal**, que consiste en la hidratación de la cal viva dejándola reposar por varios días para asegurar que se ha completado la violenta reacción que esta mezcla produce. Puede colorearse con pigmentos afines a la cal. Es un recubrimiento encubridor e higiénico pero tiene el inconveniente de que puede manchar todo lo que lo roce. Tampoco puede pintarse sobre su superficie con otro tipo de pintura porque esta última se desprende fácilmente. Su uso está limitado a las cercas y viviendas rurales y a las construcciones de muy bajo costo.

35.11 TINTES

Líquidos con bajo porcentaje de pigmentos y vehículos de alta penetración y baja viscosidad. Se usan como primera capa para teñir y sellar la madera, sin ocultar su obra, uniformizando el color de la terminación. Producen una superficie mate o semi-mate a la que deben aplicarse una o dos manos de un recubrimiento transparente. Pueden ser disueltos en agua, que son los más permanentes, pero tienden a levantar las fibras de la madera; disueltos en alcohol, menos permanentes que los anteriores y al óleo, disueltos en aceites secantes, con gran variedad de colores que tienden a desteñirse a la luz directa del sol. Algunos tintes se aplican a la superficie de la madera y luego se remueven parcialmente con trapos o desperdicios para obtener efectos especiales.

35.12 RECUBRIMIENTOS COLOREADOS

Se consiguen como pinturas, esmaltes o tintes, tanto de agua como de aceite, antioxidantes, para maquinarias, metálicas y lacas coloreadas. Todos los productores de pinturas tienen extensas cartas de colores con fórmulas a base de pintura blanca y colores primarios que pueden ser exactamente reproducidas, en terminaciones mate, semi-mate, satinadas o con brillo, para satisfacer las necesidades de los usuarios. Las pinturas con brillo son más lavables y duraderas que las otras pero también hacen resaltar más las irregularidades de las superficies. Debido a la contaminación que producen los disolventes de las pinturas de aceite, al no ser bio-degradables, en Estados Unidos y, eventualmente, en el mundo entero, están siendo substituidas por pinturas de agua usando pigmentos y formulaciones con las mismas características y durabilidad. Para las pinturas metálicas se usan minúsculas escamas del metal en lugar de los pigmentos.

35.13 RECUBRIMIENTOS TRANSPARENTES

Usados en la terminación de las maderas, especialmente las preciosas, cuando se busca protegerlas sin ocultar la intrínseca belleza de su obra. Son siempre menos resistentes a la intemperie que las pinturas. Los **barnices** son combinaciones de aceites secantes y resinas fortificadas, naturales o sintéticas, que forman una película más o menos transparente, donde los aceites le confieren la flexibilidad y las resinas la dureza. Los barnices marinos, especialmente formulados para resistir el agua salada, se usan principalmente en botes y en lugares muy expuestos a las brisas marinas. Otros barnices especiales resisten el alcohol y los ácidos orgánicos por lo que se usan en topes de barras y mesas de restaurantes. Las **lacas**, hechas a base de nitrocelulosa agregándole resinas, plastificantes y aceites, secan muy rápidamente y tienen un olor característico. Se disuelven en acetona, ketonas o alcoholes. Generalmente se aplican por aspersión o, si son objetos pequeños, por inmersión. El **shellac** es una solución de resina de gomalaca en alcohol de madera, seca tan rápidamente como las lacas al evaporarse el alcohol. Viene en su color natural, que es anaranjado o blanqueada e incolora. Se usa en la terminación de pisos de madera, para sellar los nudos o para cubrir una capa bituminosa antes de pintarla con color.

35.14 ESMALTES

Estrictamente son recubrimientos coloreados que usan los barnices como vehículo. El uso de resinas fortificantes en las pinturas de aceite prácticamente eliminan las diferencias entre éstas y aquéllos. Los **esmaltes al horno**, a base de resinas sintéticas, precisan calentarse a temperaturas entre 100 y 150 °C. La película así formada es insoluble en su propio disolvente y resistente al calor. Estos esmaltes son duros, lavables y no son afectados por los álcalis y ácidos comunes. El aluminio debe ser tratado con baños de ácido, como explicamos en el párrafo 23.2, antes de aplicarle el esmalte. Los **esmaltes automotrices**, que, como los anteriores tienen que ser aplicados por aspersión con atomizadores y también precisan ser horneados, están hechos a base de resinas celulósicas o nitrocelulósicas y forman películas de gran brillo, muy resistentes y de fácil mantenimiento.

35.15 IGNÍFUGOS

Algunos aditivos no permiten la combustión, evitando así que se esparzan las llamas y otros que, además, se hinchan, por lo cual se denominan **intumescentes**, no permiten la transferencia del calor al material protegido. Los Underwriters Laboratories, entidad no gubernamental en los Estados Unidos que clasifica los materiales por su capacidad de proteger contra incendios, etiqueta de hasta 4 horas algunas de estas pinturas ignífugas protegiendo acero estructural.

35.16 APLICACIÓN

Siempre van a haber salpicaduras y goteos de modo que es preciso proteger los pisos y superficies adyacentes con lonas o periódicos y con cintas adhesivas (masking tape), especialmente cuando se usan rolos o atomizadores. En general las superficies que se van a pintar deben estar limpias, libres de polvo, grasas y aceites, deben corregirse los defectos rellenando con masilla las oquedades y grietas y rebajando con piedra de esmeril o papel de lija las protuberancias y rugosidades. Las irregularidades se detectan mejor usando un rayo de luz rasante.

A los materiales porosos como la madera y el yeso debe dársele una primera mano con un sellador o tapaporos. Algunos recubrimientos, como los hechos a base de cemento Portland o caucho clorinado, pueden aplicarse sobre superficies húmedas mientras que otros, como las pinturas de aceite y, sobre todo, las lacas y los esmaltes celulósicos, sólo deben aplicarse durante los días secos. Las pinturas pueden aplicarse con brochas, rolos o por atomización con aire comprimido. Siempre hay que esperar que la mano de pintura anterior esté completamente seca antes de aplicarle otra mano. Debe haber una buena ventilación en los trabajos de pintura, especialmente cuando se usan disolventes derivados del petróleo o de la hulla. En las proximidades del sitio de pintura no debe haber actividades que generen polvo. Se debe evitar la luz solar directa sobre la superficie que se va a pintar.

35.17 EQUIPOS

La pintura se aplica con: **brochas** cuyas cerdas pueden ser naturales, para esmaltes y barnices, o sintéticas, nylon o poliéster, que se emplean para las pinturas acrílicas. Vienen en diversos tamaños y calidades desde pinceles hasta brochas de 6" (15 cms). Debe introducirse entre 1/3 y 1/2 de la longitud de las cerdas en la pintura, escurrirlas en un borde de la lata y aplicarla con movimientos suaves de vaivén para evitar salpicaduras.

Rolo y bandeja metálica, más rápido y uniforme que con brochas, donde los rolos, de 9" de ancho (23 cm.), tienen fibras entre 3/16" y 3/4" (4.8 y 19 mm) de lana o sintéticas, Se pueden ensartar en palos largos para aplicar pintura a los plafones sin necesidad de escaleras. Hay rolos de menor ancho para pintar los bordes, aunque es más recomendable usar brochas para los bordes y marcos. También hay rolos de goma con altorelieves para imprimir patrones decorativos a las paredes. Algunos rolos tienen un tanque de reserva de pintura y no necesitan la bandeja.

Atomizadores, que pueden ser latas de aerosoles cuyas tapas indican el color del esmalte contenido o pistolas de aire comprimido con recipientes de vidrio o metálicos que se llenan con la pintura. Lo importante en este procedimiento es mantener el chorro atomizado siempre perpendicular a la superficie que se está pintando a una distancia entre 6" y 10" (15 y 25 cms.), tratando de formar una capa delgada y de espesor uniforme y tomando en cuenta que si se acumula mucha pintura en un área se formarán chorreaduras muy difíciles de eliminar. **Lijas**, hojas de papel o telas con partículas abrasivas adheridas, de diferentes calibres (clasificados por números entre 16 y 220 siendo más finos los de números más altos), que sirven para alisar las superficies que se van a pintar. Las de madera son de color beige o marrón claro y nunca deben mojarse. Las de metal son grises o negras y sí se pueden mojar. Las partículas pueden ser de arena cuarzosa, cuyos granos no son redondeados, o de granate molido u óxido de aluminio, que están substituyendo cada vez más la arena. Pueden venir en hojas sueltas, para el lijado a mano y en discos y correas para el lijado a máquina.

35.18 CONCRETO, BLOQUES O EMPAÑETES

Estos materiales tienen componentes altamente alcalinos lo que condiciona el tipo de pintura a usar, su tiempo de aplicación y el tratamiento previo de la superficie. Se usan pinturas hechas a base de cemento Portland, acrílicas, latex, epóxicas o de poliuretano. Antes de aplicar cualquier tipo de pintura hay que remover las áreas dañadas, peladas o ampolladas de la pintura vieja, las eflorescencias deben eliminarse lavando con una solución al 10% de ácido clorhídrico y las manchas de hongos con una lavaza de jabón detergente y cloro, lavando después, en ambos casos, con abundante agua limpia. Si la pintura no le permite al muro respirar, la humedad que emigra a los paramentos internos de los muros exteriores causará ampollas y arrugas que afearán las terminaciones y permitirán la proliferación de hongos. Se necesitan por lo menos dos manos de pintura, la primera más clara que la segunda para neutralizar el gris del cemento Portland y para constatar que se han aplicado las dos manos. Generalmente se usa la pintura de latex acrílica superior para interiores y exteriores, en terminaciones mate, semi-gloss y satinada, Esta última de rápido secado, de gran poder de adhesión y resistente al lavado. Para los interiores y los plafones se puede usar la pintura látex económica.

35.19 METALES

Para los metales ferrosos, excepto los aceros cromados o inoxidable, es preciso eliminar todo el óxido, ya sea en polvo o en escamas, frotando vigorosamente con cepillos de cerdas de acero, con papel de lija para metales o con chorro de arena o esmeril. Esta operación debe hacerse inmediatamente antes del pintado ya que la superficie se oxida muy rápidamente. Luego se aplica una capa de pintura antioxidante a base de minio rojo (óxido de plomo) o cromato de zinc. Si esta capa se le ha dado en el taller, hay que retocarla en la obra para tapar cualquier rayadura o desperfecto antes de proseguir con las otras capas. Luego se aplica una capa de terminación o, para mejor protección del metal, con otra capa intermedia. No se debe usar pintura de aluminio directamente sobre el hierro porque las corrientes galvánicas que se generan aceleran la corrosión. El hierro galvanizado (zinc) debe dejarse a la intemperie por 6 meses, o cuando haya perdido su brillo, antes de pintarlo porque, de otro modo, la pintura se descascararía. Las pinturas para usos exteriores o interiores pueden ser **alquídicas**, para uso bajo condiciones climáticas adversas; de **caucho clorinado**, cuando hay excesiva humedad; a base de **breas o asfaltos**, cuando el metal va a quedar bajo tierra; de **resinas epóxicas**, cuando se necesite protección contra ácidos, álcalis y otras sustancias químicas; de **aceite** (mantenimiento), bajo condiciones climáticas normales; de **poliuretano**, para terminaciones industriales resistentes a la abrasión y la corrosión; **vinílicas**, cuando haya exposición al agua salada o dulce o a la humedad excesiva.

35.20 MADERA

Toda la madera que se usa en construcción necesita ser pintada o tratada de alguna manera y debe lijarse previamente para obtener un acabado satisfactorio. El contenido de humedad de la madera debe estar en equilibrio con el medio ambiente. Se recomienda entre el 14 al 20% para la expuesta al exterior y entre el 8 y el 14% para la que se usa en el interior. Si el paramento exterior se ha mojado con la lluvia, debe esperarse una semana de sol para que se seque antes de pintar. El forro de madera del paramento interno de los muros exteriores debe estar ventilado, como dijimos en el párrafo 31.2, para evitar que la humedad que emigra desde el exterior atraviese la madera y produzca ampollas en la capa de pintura. Los clavos deben ser rehundidos con un botador y rellenados con masilla, los poros grandes deben ser sellados y los nudos y manchas de resina cubiertos con gomalaca.

Se usan los **tintes** para uniformizar, embellecer y hacer resaltar la obra de la madera, que puede ser bastante diferente, aun entre piezas provenientes del mismo árbol. El exceso de líquido se limpia con trapos o desperdicios y se deja secar por 24 horas después de las cuales se da una lija fina de madera y se termina con una o dos capas de barniz transparente. Para muebles y gabinetes de maderas preciosas se usa el **lustre de puño**, método en vías de extinción ya que sólo lo conservan los viejos ebanistas, que consiste en aplicar finas capas de gomalaca diluida en alcohol. Se prepara un muñeco de algodón o

hilazas que se empapa en el líquido y se exprime para que no chorree, se envuelve en un paño de tela de algodón, procurando que no queden arrugas y se unta en la superficie con movimientos circulares y figuras de 8. No se debe pasar sobre áreas que ya estén secas porque se formarían crestas que luego habría que lijar. Hay que esperar de 3 a 24 horas para pasar un papel de lija fino, limpiar muy bien el polvo con paños secos y aplicar la capa siguiente. Se emplean entre cuatro y veinte capas para una terminación lisa y brillante como la de un cristal.

35.21 PROBLEMAS

Uno de los principales problemas que afectan las superficies pintadas es la **humedad**; proliferan los hongos que tienden a deteriorar todos los materiales de construcción; si hay filtraciones o condensaciones detrás de la capa de pintura, se forman ampollas y arrugas que detraen de la buena apariencia de las terminaciones. Es imprescindible corregir la fuente de las filtraciones antes de poder corregir sus efectos. Si hubiese hongos o eflorescencias deben eliminarse como dijimos en el párrafo 35.18. Hay que remover la película que no esté adherida a la superficie, lijar toda el área afectada, cubrir con una mano de imprimación y terminar con una o dos manos de la pintura final.

Aunque se use la misma marca, la pintura nueva nunca tendrá el mismo color de la vieja, ya que el tiempo, la oxidación y los rayos ultravioleta alteran su coloración. Hay que pintar el paño completo hasta los bordes de los ángulos diedros que lo limitan. En los metales puede haber **peladuras**, si se ha pintado sobre manchas de grasa, aceite, sucio, humedad o sobre un galvanizado no climatizado; hay que lijar y limpiar la superficie y lavar con una solución de vinagre y agua.

Las **peladuras** en los plafones empañetados o en la madera pintada se lavan y limpian con una solución de detergente, lijando después de seca, pintando con un sellador de aceite o látex acrílico y terminándolos con una o dos capas de esmalte o látex exterior. Las **arrugas** pueden ocurrir cuando se aplica una segunda mano cuando aún no ha secado la primera, cuando se aplica una mano muy gruesa o por pintar cuando la temperatura está muy alta o muy baja. Hay que remover las arrugas, lijar y terminar como si fueran peladuras. **Grietas, escamas** y apariencia como de piel de cocodrilo, ocurren por la inhabilidad de la pintura para expandirse cuando la superficie reacciona ante los cambios climáticos, especialmente de la humedad. Lijar las áreas afectadas, imprimir las y pintarlas de nuevo; si hay áreas muy extensas afectadas, o ha transcurrido mucho tiempo, es necesario remover toda la pintura.

Ampollas, se forman por el vapor de agua que se genera al pintar directamente bajo la luz solar o cuando hay agua atrapada entre la película y la superficie que se evapora y expande por el calor del sol. Raspillar las ampollas, imprimir y volver a pintar. **Moho**, esporas negruscas de hongos que toman proteínas y nutrientes de la pintura. Controlar la humedad; lavar con lavaza de cloro y detergente sin amoníaco, enjuagar muy bien con agua clara, secar, lijar toda el área, imprimir y pintar de nuevo. **Manchas**, algunas maderas como la caoba, cedro, pino, ciprés, etc. contienen tanino que tiende a emigrar a la superficie produciendo manchas oscuras, más notorias en colores claros. Lavar el área con agua y detergente, la madera siempre debe llevar imprimador. **Tizado**, cuando la pintura es muy vieja o de baja calidad. Lave con una solución de ½ taza de detergente y un galón de agua, enjuague bien con agua clara, deje secar, cepille y remueva todo residuo, aplique imprimador y vuelva a pintar.

36. PLÁSTICOS

Los espectaculares avances de la química moderna en las últimas décadas han colocado los materiales sintéticos a la vanguardia en muchas áreas de la construcción. Fibras de policarbonatos, más resistentes a la tracción que los aceros usados en los postensados, donde sólo su alto costo actual impiden su uso más generalizado; láminas tan transparentes como el vidrio, pero irrompibles; espumas con bajísimos coeficientes de transmisión de calor, etc. Un ejemplo patente de la durabilidad de los plásticos fue la "Casa del Futuro" erigida por la Monsanto en un suburbio de Los Ángeles en California, donde todos los materiales, excepto las fundaciones, eran plásticos y que pasó 25 años recibiendo más de 2,000,000 de visitantes anualmente, soportando fuertes vientos y temblores de tierra, sin menoscabo alguno. Cuando finalmente decidieron demolerla, el contratista duró el doble del tiempo previsto por la tenaz resistencia que la edificación opuso.

Podemos definir como plásticos los materiales que presentan las características siguientes:

- 1.- Son plásticos, es decir, moldeables en alguna etapa de su fabricación.
- 2.- Son materiales orgánicos, es decir, están basados en la química del carbono, aunque hay casos dudosos, como las siliconas, que no cumplen con este requisito.
- 3.- Son materiales sintéticos, es decir productos del laboratorio.
- 4.- Son polímeros de alto peso molecular, uniones de miles de monómeros formando cadenas muy largas.

El carbono es un elemento tetravalente que podemos visualizar como un tetraedro en cuyas puntas pueden engancharse las valencias de otros átomos o moléculas. La Figura 36.1 muestra esquemáticamente tres hidrocarburos gaseosos: el **metano**, CH^4 , o gas de los pantanos, el **etileno**, C^2H^4 , que, como veremos más adelante, es la base de una gran familia de plásticos y el **acetileno**, C^2H^2 que, ligado al oxígeno se usa en los sopletes para cortar y soldar metales, según si el carbono se une a sí mismo con dos o tres valencias. Abajo se muestra la forma usual de presentar estas moléculas en los textos de química. Se puede formar una cadena de moléculas de etileno constituyendo el polímero

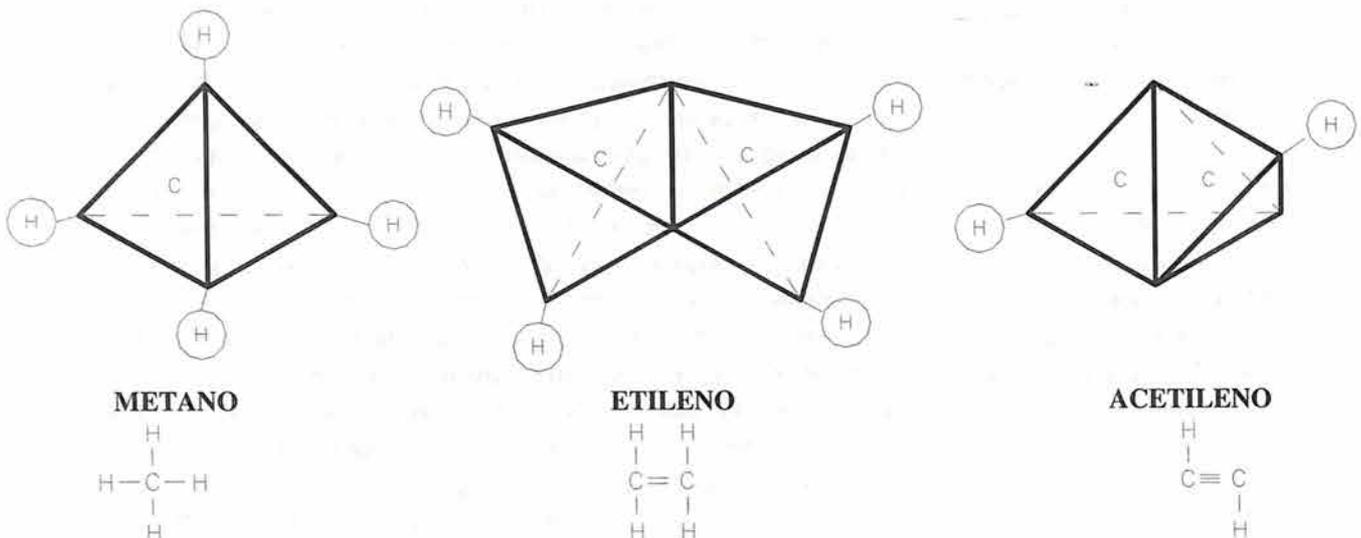
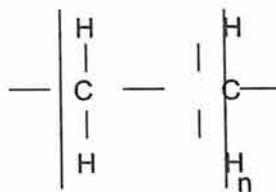


Figura 36.1

denominado **polietileno**, con el que se confeccionan las fundas de los supermercados y las barreras de vapor mencionadas en el primer párrafo del capítulo 30. **PISOS**.

La fórmula esquemática para esta molécula es:



Donde **n** representa un número indefinido pero muy grande de moléculas formando la cadena. Las valencias finales pueden ligarse a átomos monovalentes como el hidrógeno o a moléculas, también monovalentes, que limitan el crecimiento de la cadena o los dos extremos pueden curvarse y conectarse formando un anillo. Si se combinan químicamente dos o más polímeros en una cadena se forman los **copolímeros**, cuyas cualidades pueden ser mejores que la suma de las de los componentes. Por ejemplo el **ABS** (Acrilonitrilo-butadieno-estireno) resulta ser un copolímero tenaz y resistente apto para servicios duros en tuberías y equipos. Los átomos que forman las cadenas tienen una gran atracción entre sí, pero no hay conexión entre una cadena y otra. Si estos materiales se calientan, se ablandan, por lo cual se ha quedado en llamarlos **termoplásticos**. En otros tipos, las valencias se abren lateralmente para unir una cadena con otra, que puede ser de un polímero diferente como es el caso del poliéster y el poliestireno, de modo que el material se convierte en una sola molécula gigantesca. Éstos, que pueden incinerarse pero que no se derriten con el calor, se denominan **termoestables**. Entre los primeros, que describiremos en detalle más adelante, están el **polietileno** y los **vinilos**, las **poliamidas (nylón)**, el **poliestireno** y los **celulósicos**; entre los últimos están los **fenólicos**, **úreas**, **melaminas**, **epoxis** y **poliésteres**.

36.1 VINILOS

Se pueden sustituir los hidrógenos del polietileno por otros átomos o moléculas monovalentes. Insertando un átomo de cloro, en vez de un hidrógeno, se obtiene el **cloruro de polivinilo**, cuyo nombre en inglés **poly vinyl chloride** da lugar a las siglas **PVC** por las cuales conocemos este plástico; puede ser rígido o flexible, en función de los plastificantes que se le agreguen; es sumamente versátil y se usa para tuberías eléctricas y de agua, tanto potable como de desagüe, losetas de pisos, cortinas de baño, puertas y ventanas, etc. Si se substituyen dos hidrógenos por cloro, se obtiene el **cloruro de polivinilideno**, más resistente a las altas temperaturas que el PVC, que se utiliza en tuberías de agua caliente, películas y otras aplicaciones. En el **poliestireno** se substituye un hidrógeno por una gran molécula monovalente, produce una espuma aislante que se utiliza en piezas eléctricas. Substituyendo dos hidrógenos del polietileno básico por **metilo** y **metacrilato** da origen al **polimetilmetacrilato**, sustancia más transparente que el vidrio, muy flexible, que puede teñirse de brillantes colores, que la firma Rohm & Haas registró como **plexiglas** y así se conoce en la industria, formando la familia de los **acrílicos**, que sirven como substitutos del vidrio y como pigmentos de pintura. Entre otras aplicaciones está el **corian** de Dupont y la versión criolla el **marmolite**, resina acrílica mezclada con marmolina, que se usa para topes de gabinetes, lavamanos integrales, etc. El **butirato de polivinilo**, que permanece siempre plástico, se usa como capa intermedia en los vidrios laminados inastillables descritos en el párrafo 24.5. Substituyendo un hidrógeno por flúor se obtiene el **fluoruro de polivinilo**, un plástico muy inerte que se utiliza como recubrimiento en tableros y paneles, como el **plyform**, mencionado en el párrafo 11.2. Si se substituyen los cuatro hidrógenos por flúor se obtiene el **tetrafluoruro de polivinilo**, más conocido como **teflón**, material sumamente inerte, inafectado por los ácidos, incluyendo el agua regia, resistente a altas temperaturas y de muy bajo coeficiente de fricción, por lo cual se usa para revestir sartenes de cocina y para sellar las roscas en las tuberías de agua; por su bajo coeficiente de rozamiento contra sí mismo, se utiliza como apoyo de vigas metálicas para permitir libremente la expansión; patines

con forro de teflón deslizándose sobre una superficie del mismo material producen casi el mismo efecto que patinar sobre hielo. El **tereftalato de polivinilo (mylar)** se lamina en películas delgadas que, por tratamientos térmicos posteriores, adquieren una tremenda resistencia y estabilidad hasta tal punto que no se alteran sus dimensiones ni se rajan sus bordes; se usan para el dibujo de planos originales que han de permanecer inalterados por tiempo indefinido; se pueden recubrir con una capa muy reflectiva de aluminio para usar en espejos de poco peso. Se usó en el primer satélite artificial pasivo ECHO, usado para rebotar señales de radio hacia la tierra y que reflejaba la luz del sol con un brillo tal que era visible aún en días claros.

36.2 POLIAMIDAS (NYLON)

Usados no sólo en prendas de vestir sino en cortinas y alfombras y para cerdas de brochas y cepillos. Por su bajo coeficiente de fricción se usa para deslizadores y poleas de puertas y ventanas corredizas. Se fabrica por extrusión o inyección.

36.3 ACETATOS

Acetato de celulosa, similar al celuloide pero menos inflamable. Se usa en aparatos de iluminación y en accesorios de puertas. El **acetato de polivinilo** se usa en pinturas de emulsión. El **copolímero de acetato**, químicamente inerte y muy resistente a altas temperaturas, además de su uso en la industria automotriz en los carburadores y otras partes, se usa en la grifería y válvulas de flotadores. Sustituye los metales donde se requiere gran resistencia a presiones y altas temperaturas..

36.4 POLIESTIRENO

Se obtiene del etileno y el benceno derivados del petróleo o de la hulla. Material poco denso, duro y quebradizo, claro y con excelente gama cromática. Usado en la construcción como espumas celulares para el aislamiento térmico y acústico, aunque tiene una temperatura de reblandecimiento relativamente baja. Se presta para el moldeado por inyección, por insuflación, para la extrusión y para el moldeado al vacío.

36.5 CELULÓSICOS

Se obtienen modificando la celulosa, que es un polímero natural de elevado peso molecular. Varios ácidos pueden reaccionar con los OH de la celulosa para formar ésteres. El más antiguo es el **nitrate de celulosa** utilizado en las primeras cintas cinematográficas y para sustituir el marfil en la fabricación de las bolas de billar. Por ser sumamente inflamable ha sido sustituida por el **acetato de celulosa** para filmes de seguridad y como base de los esmaltes automotrices mencionados en el párrafo 24.14, y por el **acetato-butirato de celulosa**, utilizado para fabricar molduras arquitectónicas. El celofán es una celulosa natural cuya estructura ha sido totalmente modificada.

36.6 FENÓLICOS

Bajo la influencia del calor, la presión y los catalizadores, el fenol se polimeriza con el formaldehído para formar el más barato de los plásticos termoestables. Durante la reacción el fenol pierde dos átomos de hidrógeno y el formaldehído pierde su átomo de oxígeno resultando en una molécula de vapor de agua que se condensa, por lo cual esta reacción se denomina **polimerización por condensación**. Sólo se consiguen colores marrones y negros. Se usa como adhesivo impermeable en las maderas, en placas de tomacorrientes e interruptores y como respaldo para los laminados melamínicos que veremos más adelante.

36.7 ÚREAS

En una reacción similar a la anterior se unen la úrea y el formaldehído para formar un material tenaz, con una gran gama de colores que se usa en la fabricación de efectos eléctricos, como componente de los esmaltes horneados usados en la terminación de neveras y estufas y como base para los adhesivos impermeables utilizados en las estructuras de madera laminada que ya vimos en el párrafo

18.10. Se ha comprobado concluyentemente, en ensayos de flexión en laboratorios, que la madera se raja primero que las juntas.

36.8 MELAMINAS

Se obtienen con cianamida y formaldehído. Muy parecidas a las úreas aunque requieren temperaturas más altas para el moldeado, y son más duras y resistentes, ininflamables y susceptibles de adquirir una infinita gama de colores, se usan en laminados decorativos. La Dupont registró el nombre de **formica** para su melamina, la primera en salir al mercado, de modo que aquí se identifican por ese nombre. Las placas de melamina están respaldadas por varias láminas de papel kraft (el que se usa en fundas), impregnadas en resinas fenólicas, una lámina opcional de aluminio, que esparce el calor evitando las manchas de quemaduras de cigarrillos y cigarrillos, la capa de melamina decorativa y otra protectora transparente; todo esto sometido a altas temperaturas y presiones en prensas especiales y entre planchas muy lisas de acero inoxidable.

La gama de colores y patrones es sumamente extensa y en constante aumento con colores lisos, moteados, imitación de mármoles, granitos y maderas preciosas. Algunas pueden moldearse al calor curvándolas a radios no menores de $\frac{3}{4}$ " (19mm.) para formar topes de gabinetes de base con zócalos integrados y bordes redondeados.

36.9 EPOXYS

Materiales muy versátiles que se endurecen por catalización. Generalmente vienen en líquidos o pastas de resina y catalizador que se ligan poco antes de ser aplicadas para iniciar la reacción química. Son buenos adhesivos, electroaislantes y muy resistentes a la abrasión. Se usan en pinturas y recubrimientos resistentes a los ácidos orgánicos, al desgaste y a temperaturas de hasta 200°C. Ideales para recubrir tanques de tratamiento de aguas negras, bañeras y lavamanos. Muy usadas como excelentes adhesivos y compuestos para soldaduras y uniones.

36.10 POLIÉSTERES

Resinas líquidas similares a los epoxys en que no necesitan altas presiones o temperaturas para moldearse. Son translúcidos o de gran gama cromática, buena resistencia química, mecánica y eléctrica. Se usan en los plásticos reforzados con fibras de vidrio, como veremos más adelante.

36.11 SILICONAS

Estrictamente no debían ser considerados como plásticos ya que su base es el silicio que es un elemento inorgánico y que, al igual que el carbono, tiene cuatro valencias. Las siliconas pueden ser termoplásticas o termoestables y cubren una amplia gama desde aceites lubricantes y sustancias flexibles como el caucho hasta resinas sólidas termoestables. La combinación oxígeno-sílice, base de las siliconas, es muy estable y, en consecuencia, éstas resisten altas temperaturas y la acción de los rayos ultravioleta e infrarrojos. Una de las aplicaciones en la industria de la construcción, en conjunción con refuerzos de fibras de vidrio, son las telas para estructuras colgantes, párrafo 20.5, que resisten indefinidamente la acción de los rayos solares. Por sus propiedades hidrófobas son muy utilizadas en la impermeabilización de edificios, ya sea como una película transparente que no altera el color ni la textura de la superficie cubierta, o en masillas para calafatear los marcos de puertas y ventanas u obtener rajaduras. Aunque de un costo inicial elevado, su durabilidad las hace rentables por toda la vida útil de la edificación.

36.12 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Uno de los más graves problemas que genera la industria de los plásticos es la disposición de los desechos, especialmente de los termoestables que, por su durabilidad, no son bio-degradables; la única solución es la de pulverizarlos y enterrarlos asegurándose de que no produzcan elementos contaminantes o venenosos. Los termoplásticos pueden reciclarse y algunos son bio-degradables a muy largo plazo, aunque producen contaminantes que, como el flúor o el plomo, pueden afectar la capa

freática.

Son muchas las aplicaciones de los plásticos al ramo de la construcción. Sólo podremos abordar someramente las características generales más importantes por la gran extensión de este campo.

Resistencia: *algunos plásticos reforzados e hilos y laminados unidireccionales, tomando en cuenta la relación con el peso propio, están entre los más fuertes de los materiales del mercado. Los más resistentes son comparables al acero mientras que los menos resistentes lo son igual que la madera y el hormigón, los plásticos resisten cargas mayores si se acorta el tiempo de aplicación, sin embargo, las cargas permanentes pueden producir flujos plásticos donde las deformaciones continúan, en disminución asintótica, aún cuando no hayan aumentado las cargas.*

Bajo cargas muy elevadas, que deben evitarse, sobre todo a elevadas temperaturas, los plásticos pueden llegar hasta la rotura; ésto puede ocurrir en tuberías que conducen líquidos calientes bajo altas presiones, cuando se usan materiales inadecuados. También el modo de fabricación afecta la resistencia, la extrusión o el moldeo por inyección alinean las moléculas de los termoplásticos de modo que son más resistentes en esa dirección. Las esquinas entrantes y los agujeros, como en otros materiales, son zonas de concentración de esfuerzos; los dobleces nunca deben quedar en ángulos rectos sino redondeados y las secciones transversales no deben variar abruptamente entre un punto y otro, manteniendo los gruesos lo más uniformemente posible, para evitar alabeos durante el curado.

Rigidez: *mayor que la de la madera pero menor que el aluminio y el acero, comparable a la rigidez del hormigón.*

La temperatura: *afecta tanto la resistencia como la rigidez, especialmente a los termoplásticos y aún algunos termoestables que se reblandecen y endurecen ligeramente con los cambios, aunque siempre son menos afectados que aquéllos. Hay que tomar en cuenta la temperatura de servicio bajo la cual van a operar, que no debe sobrepasar los 50° C para algunos plásticos moldeados, lo que excluye a los polietilenos de baja densidad, y los 300° C para los plásticos laminados y reforzados. Casi todos los plásticos tienen coeficientes de expansión térmica muchas veces mayores que los demás materiales de construcción, de modo que hay que dejar suficiente holgura en las uniones, o en el diseño de la pieza misma para permitir el movimiento; una superficie curvada, como la de un domo o una superficie ondulada, por ejemplo, pueden aumentar o disminuir su curvatura con los cambios de temperatura sin afectar los bordes.*

Tenacidad: *algunos plásticos son sumamente tenaces, como el mylar, cuyas dimensiones permanecen inalteradas bajo las más diversas cargas o el butirato de polivinilo que se usa, como ya dijimos, en los vidrios laminados y los vidrios a prueba de bala, otros son muy quebradizos como los acrílicos.*

Dureza: *es evidente que los plásticos no son tan duros como el acero o el vidrio pero lo son más que la madera. Casi todos se rayan con relativa facilidad, aunque son los mejores aislantes existentes, dependiendo de su composición química, de su densidad y de si las celdas son abiertas o cerradas. A menor densidad, menor será el coeficiente, pero, si las celdas resultan muy grandes, se producen corrientes convectivas dentro de ellas que disminuyen su efectividad. Las espumas de poliuretano están entre las más estables y eficientes, si se usan gases densos en las celdillas, como los fluorocarbonatos en vez del dióxido de carbono, más ligero, se disminuye notablemente su conductividad; aunque dichos gases afectan adversamente la capa de ozono que nos protege en la atmósfera superior contra los rayos ultravioleta, por lo cual existen convenios internacionales para eliminarlos por completo. Menos efectivas, pero generalmente más económicas, son las espumas de úreas, de poliestireno y de polietileno.*

Transmisión de la luz: *algunos plásticos, como los acrílicos mencionados en el párrafo 36.1, están entre los materiales más transparentes que existen actualmente, dejando pasar el 93% de la luz visible. Otros, como el PVC o ciertos tipos de poliestireno, son comparables a los vidrios claros permitiendo el paso de entre 88 y 92% de la luz visible. Por medio de formulaciones especiales se pueden conseguir plásticos que permitan o que bloqueen el paso de los rayos infrarrojos o los ultravioleta permitiendo, para estos últimos, hacer lentes de lámparas que permitan su uso terapéutico o, por el*

contrario, que impidan su paso y protejan algunos pigmentos de sus efectos decolorantes. Las películas de baja emisividad, mencionadas en el párrafo 24.7 bloquean eficazmente la transmisión de calor al impedir el paso de los rayos infrarrojos de onda corta.

Colores: algunos plásticos, como casi todos los fenólicos, tienen una gama de colores muy restringida, otros, como los acrílicos, son susceptibles de adquirir una amplia gama. Al colorear un plástico transparente se disminuye la cantidad de luz transmitida, pudiendo llegar hasta la opacidad. Algunos plásticos conservan sus colores permanentemente mientras que otros pueden amarillearse con el tiempo.

Refracción: algunos acrílicos tienen un alto índice de refracción, que puede llegar a 1.60 ó 1.70, mientras que el vidrio corriente sólo llega a 1.50. Es posible conducir un haz de luz a lo largo de una fibra pulimentada de acrílico, aun cuando esté curvada, por reflexiones internas con ángulos de incidencia que no llegan al ángulo crítico. Con esto se consiguen efectos lumínicos muy decorativos en esculturas de plexiglás y se están revolucionando las comunicaciones al usar la luz para transmitir millones de mensajes telefónicos simultáneos usando conductores de fibra óptica.

Permeabilidad: Muchas películas de plástico se usan como barrera de vapor, primer párrafo del capítulo 30. PISOS; en otros casos es deseable que la barrera sea permeable al vapor. Los vinilos y vinilidenos pueden formularse para cubrir la gama completa de permeabilidades. También se usan, con rangos más limitados, el nylon y los poliuretanos. Entre los menos permeables están los fluorocarbonos, acrílicos, polietileno, polipropileno y los poliésteres.

Fuego: por ser orgánicos todos los plásticos pueden ser destruidos por incendios de temperaturas suficientemente elevadas. Algunos no son inflamables, otros son auto extingüibles y otros arden con facilidad. Cuando hay corrientes de aire, los productos de la combustión son principalmente dióxido de carbono y agua; en ausencia de aire puede producirse monóxido de carbono, que es venenoso. Si en el plástico hay cloro, flúor, nitrógeno o azufre también se encontrarán en el humo que se genera.

Durabilidad: debido a la novedad de los plásticos con relación a los materiales tradicionales como la madera, el vidrio y la mampostería está pendiente su evaluación final en cuanto a su durabilidad bajo distintas condiciones de exposición. Son resistentes a la corrosión, a pesar de ser orgánicos no se enmohecen, son resistentes a una gran cantidad de disolventes; algunos, como el teflón, son inmunes a los ácidos, o combinaciones de ácidos, más reactivos. Hay claraboyas acrílicas y botes de fibra de vidrio con más de 50 años de fabricados sin muestras de deterioro. Algunos plásticos se decoloran con el tiempo, siendo más grave si la decoloración no es uniforme. En general, la durabilidad de los plásticos usados en interiores es mayor que los expuestos a la intemperie bajo muchas más adversas condiciones. El arquitecto debe tomar todas estas variables en cuenta, diseñar de acuerdo a las especificaciones de cada material y detallar las instalaciones de modo que las piezas puedan ser substituidas con relativa facilidad en caso de que fallen.

36.13 FABRICACIÓN

Algunos procesos de fabricación son adaptaciones hechas para los plásticos de los procesos que se usan para otros materiales, otros se aplican exclusivamente a los plásticos. Como dijimos anteriormente, algunos procesos no solamente les dan forma sino que modifican sus características aumentando, por ejemplo, su resistencia en una dirección. En algunos casos hay que recurrir a altas presiones y temperaturas o al vacío; otros se desarrollan a temperaturas y presiones ordinarias. La materia prima, que en nuestro caso siempre es importada, viene en forma de polvos o bolitas en sacos de polipropileno que se ablandan calentándolos para luego darles la forma final.

Moldeo por compresión: la cantidad exacta de material se deposita entre dos moldes de acero rodeados de tubos de calefacción, uno con la forma exterior y otro con la forma interior del objeto, se comprime el material hasta que esté curado y endurecido, se abren los moldes, se dejan enfriar y se remueve el objeto terminado. Por el elevado costo de las maquinarias y del proceso, sólo se usa en objetos pequeños de producción en masa, como mangos de herramientas, cajas para radios y televisores, etc.

Inyección: los granos de los termoplásticos se vierten en una tolva desde donde pasan a un cilindro calentado que tiene un émbolo, o tornillo helicoidal, que empuja, bajo gran presión, el material ya reblandecido a través de una tobera hasta el molde donde adquiere la forma final. Para acelerar el proceso, normalmente se usan varios moldes alimentados por diferentes toberas. La presión se mantiene hasta que el material se enfría y se endurece, después de lo cual se abren los moldes y se sacan las piezas terminadas recortando los filamentos correspondientes a las toberas. Para los termoestables, ante la posibilidad de que el plástico se endurezca dentro del cilindro alimentador y lo dañe, se calienta sólo la cantidad que se necesita para la pieza en una caldera de transferencia de donde se pasa al molde inmediatamente. Esto se puede hacer también regulando la velocidad del tornillo helicoidal. La operación se denomina **moldeo por transferencia**.

La extrusión es otro proceso muy usado en los plásticos. Como vimos en el párrafo 23.2 para el aluminio, se hace pasar el material por una broca con el perfil deseado y luego se estira la pieza para enderezarla. Los plásticos tienen la ventaja de que, con la misma broca, se pueden graduar los gruesos de paredes y la escala del perfil de acuerdo con la velocidad con la cual se estira la pieza. Además, si se insufla aire a presión dentro de perfiles tubulares, se aumenta el volumen de tal modo que se pueden conseguir láminas delgadas como las que se usan en las fundas de polietileno y en las barreras de vapor.

Moldeo al vacío: consiste en una caja metálica sin tapa donde se fija la lámina calentada de plástico, se hace el vacío dentro de la caja y la lámina se hunde quedando fijos los bordes; de éste modo se fabrican los lucernarios de acrílicos transparentes o translúcidos; se puede hacer un objeto con relieves en madera, arcilla o yeso, hacerle pequeñas perforaciones, colocarlo encima de la caja, hacer el vacío y la lámina se deforma, así se les da curvatura y relieves a los letreros lumínicos y se confeccionan mapas con relieves topográficos.

Espumas: los plásticos más usados en la construcción son el PVC, el polietileno, el poliestireno y el poliuretano. Se pueden conseguir paneles de estos materiales en diversos gruesos y densidades para su aplicación como aislantes del calor. El poliestireno y el poliuretano se pueden empañetar directamente; al polietileno hay que fijarle una tela metálica para que el empañete se agarre. Se pueden también espumar las paredes in situ rellenando los huecos entre paramentos de madera o de mampostería que deben resistir las presiones que ejerce la expansión del espumado, o verterlo en los huecos después que el plástico haya llegado casi a su volumen final.

36.15 PLÁSTICOS REFORZADOS

Consisten en resinas ligadas a un material de refuerzo; son actualmente los materiales más resistentes si tomamos en cuenta la relación resistencia-peso. Las resinas pueden ser epóxicas o de poliésteres y los refuerzos de filamentos de policarbonatos, a base de grafito (más resistentes y tenaces que los mejores aceros) o fibras de vidrio, que son los más usados. Como vimos en el párrafo 24.11 el vidrio estirado en hilos adquiere muy alta resistencia en la dirección del estirado, se pueden tejer telas resistentes en las dos direcciones o formar un fieltro con fibras cortas, no tejidas, orientadas al azar. Para fabricar objetos de plástico reforzado hay que hacer un molde exterior o interior, de acuerdo a la superficie que se desea ver como terminada. Antes de aplicar la primera capa de gel de resina, se aplica un material como cera, silicona, alcohol polivinílico o papel de celofán para evitar que aquélla se adhiera al molde; se deja endurecer la capa de resina para que las fibras de vidrio nunca salgan a la superficie exterior; se le aplica una capa de fieltro de fibras de vidrio y se impregna con la resina. Así se forman capas sucesivas hasta adquirir el grosor necesario, terminando siempre con una capa de resina al exterior. Pueden incorporarse refuerzos de otros materiales para hacer el objeto más resistente. La resina se puede catalizar a la temperatura ambiente pero el proceso se acelera si se aumenta la temperatura. Esta operación puede efectuarse más rápidamente proyectando un chorro de fibras de vidrio recortadas junto con otro chorro atomizado de resina. Los objetos resultan más compactos y menos porosos si, después de formados, se utilizan moldes macho y hembra precalentados para someterlos a altas presiones.

36-14 PLÁSTICOS USADOS EN CONSTRUCCIÓN

Designación	Tipo	Características	Uso en construcciones
<i>Acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)</i>	<i>tp</i>	<i>Duro, estable</i>	<i>Tuberías sanitarias, compartim. de duchas</i>
<i>Epoxy</i>	<i>te</i>	<i>Fuerte, transparente, resistente al clima</i>	<i>Recubrimientos</i>
<i>Melamina (Formica)</i>	<i>te</i>	<i>Duras, muy durable, muy coloreable</i>	<i>Laminados plásticos</i>
<i>Fenol-formaldehido (Bakelita)</i>	<i>te</i>	<i>Duro, muy durable</i>	<i>Recubrimientos, Chapas eléctricas, aislantes,</i>
<i>Poliamidas (Nylon)</i>	<i>tp</i>	<i>Duro, fuerte, elástico formable a máquina</i>	<i>Membranas para techos, herrajes</i>
<i>Polibuteno</i>	<i>tp</i>	<i>Pegajoso, flexible, resistente al clima</i>	<i>Sellamientos, calafateos</i>
<i>Policarbonato (Lexan)</i>	<i>tp</i>	<i>Duro, transparente, irrompible</i>	<i>Sustituto del vidrio, lámparas, rodapiés</i>
<i>Poliéster (Mylar, Dacron)</i>	<i>te</i>	<i>Duradero, combustible</i>	<i>Telas para membranas y geotextiles, matriz para plásticos reforzados</i>
<i>Polietileno</i>	<i>tp</i>	<i>Fuerte, flexible, impermeable</i>	<i>Barrera de vapor, carpas, tuberías</i>
<i>Poli-isocianuro</i>	<i>tp</i>	<i>Resistente al calor, resistente al fuego</i>	<i>Espumas aislantes</i>
<i>Polimetilmetacrilato (Acrílico, plexiglas, lucite)</i>	<i>tp</i>	<i>Fuerte, transparente, formable a máquina</i>	<i>Sustituto del vidrio, lucernarios, lámparas, letreros lumínicos, capas y adhesivos</i>
<i>Polipropileno</i>	<i>tp</i>	<i>Fuerte, duro, no se fatiga</i>	<i>Fibras para control de rajaduras en concreto; bisagras moldeadas</i>
<i>Poliestireno (Styrofoam)</i>	<i>tp</i>	<i>Espumas, sólido transparente</i>	<i>Espumas aislantes, sustituto del vidrio</i>
<i>Politetrafluoretileno (Teflón)</i>	<i>tp</i>	<i>Resistente al calor. bajo coef. de fricción</i>	<i>Juntas deslizantes, cintas para roscas de tubos.</i>
<i>Poliuretanos</i>	<i>tp ó te</i>	<i>Muy usado en espumas, recubrimientos y cauchos sintéticos</i>	<i>Recubrimientos, sellantes, adhesivos y espumas aislantes</i>

Designación	Tipo	Características	Uso en construcciones
<i>Fluoruro de polivinilo (PVF)</i>	<i>tp</i>	<i>Fuerte, inerte</i>	<i>Recubrimiento exterior</i>
<i>Fluoruro de polivinilideno (Kynar, fluoropolímero)</i>	<i>tp</i>	<i>Cristalino, translúcido</i>	<i>Recubrimiento exterior</i>
<i>Siliconas</i>	<i>te</i>	<i>Resistentes al clima, baja tensión superf.</i>	<i>Repelentes de agua para mampostería</i>
<i>Úrea formaldehído, Resorcinol formaldehído</i>	<i>te</i>	<i>Fuerte, rígido, estable</i>	<i>Recubrimientos, adhesivos para madera, espumas aislantes</i>

37. TRANSPORTE VERTICAL

Son los ingenios utilizados para subir y bajar personal y cargas en edificaciones de dos o más pisos, por medio de una cabina móvil o de escalones ascendentes. Se clasifican como **montacargas, ascensores y escaleras mecánicas**. Los dos primeros se conocen desde los tiempos de los romanos. Vitrubio los describe en el año 32 A.C. Desde el siglo IX los hombres y animales machos, únicos que pueden ser admitidos a algunos de los monasterios del monte Athos, elevado promontorio al noreste de Grecia, usan una canasta de mimbre tirada por una soga que se enrosca en un malacate accionado manualmente. Durante el siglo XIX se usaron elevadores hidráulicos en muchos edificios de Europa y Norteamérica, pero el auge ocurrió a mediados de ese siglo cuando la Otis Elevator Company patentó un aparato de seguridad que frena automáticamente la cabina de los ascensores tirados por cable, cuando comienzan a descender en caída libre. Ésto, junto con el desarrollo de los aceros estructurales, iniciaron el desarrollo de los edificios de muchos pisos que culminaron con los rascacielos de New York y Chicago, que luego se extendieron a todas partes del mundo. Al igual que las escaleras requeridas que vimos en el párrafo 20.1, el hueco vertical del ascensor, en el interior de un edificio, puede producir un tiro de aire, como una chimenea, y contribuir a que un incendio se esparza rápidamente por todos los pisos. Se requiere, por ende, rodearlo de una caja incombustible, incluyendo las puertas, aunque los ascensores nunca deben usarse como vías de escape en casos de incendios o terremotos.

37.1 MONTACARGAS

De cabinas pequeñas, cuya planta no pasa de 9 m^2 (0.84 m^2), usados, como su nombre lo indica, sólo para transportar cargas. Son tirados por cables aunque no tienen que cumplir con los requisitos de seguridad que se exigen para los que transportan personas. Son muy usados en restaurantes y cafeterías para subir alimentos y bajar la vajilla sucia, y en hospitales para el transporte rápido de medicinas y ropa blanca, en bibliotecas para subir y bajar libros entre el almacén y las salas de lectura. Los controles se encuentran siempre en el exterior de la caja.

37.2 ASCENSORES HIDRÁULICOS.

La cabina descansa sobre un émbolo de acero que se desliza dentro de un cilindro del mismo material, impulsado desde abajo por presión de aceite, Figura 37.1, de modo similar al aparato usado en las bombas de gasolina para elevar los vehículos y permitir su engrase, lavado y cambio de aceite. Tienen la ventaja de ser muy seguros, porque aun cuando se rompan las tuberías por donde circula el aceite, éste se escapará con tanta lentitud que no permitirá que la cabina baje en caída libre. El cuarto de máquinas, que alberga meramente un compresor de aceite conectado por tuberías a la base del cilindro, puede estar ubicado en cualquier lugar del edificio. Son aparatos muy potentes que pueden mover

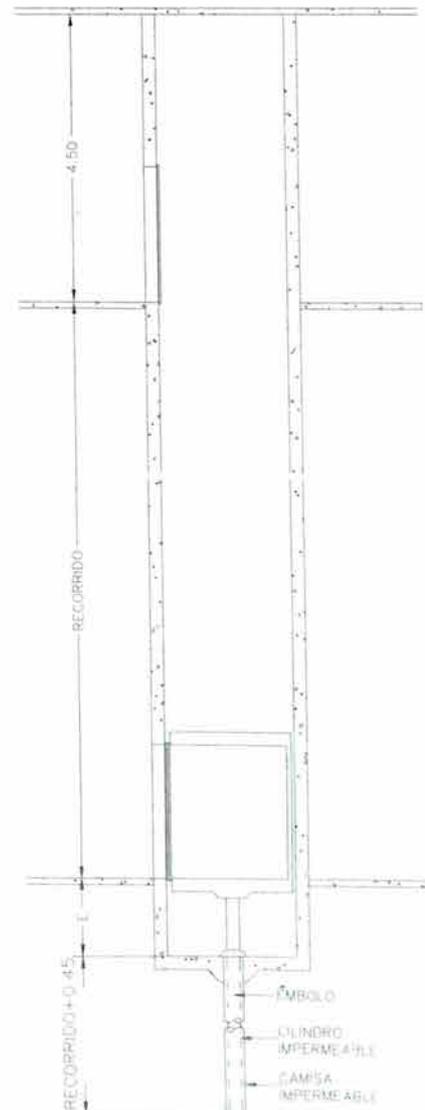
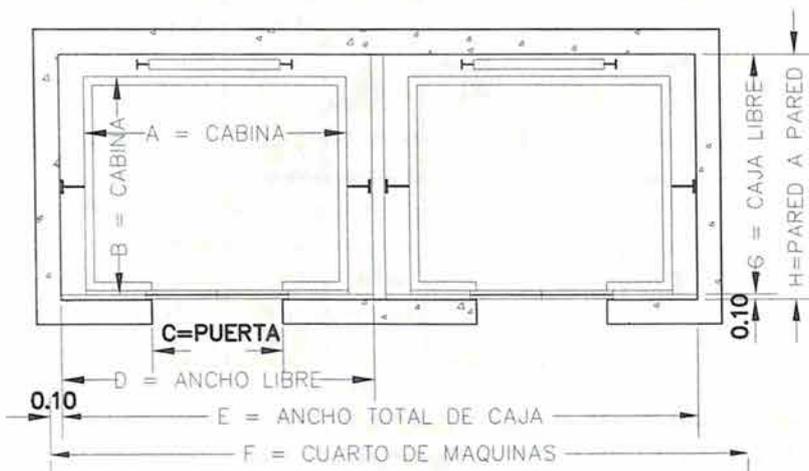


Figura 37.1

grandes cargas muy eficientemente. Son generalmente, más económicos que los de cable. También es fácil de conseguir que el piso de la cabina quede exactamente al mismo nivel del piso de llegada. Tienen la desventaja de requerir un pozo tan profundo como la altura del último piso que se ha de servir, lo cual conlleva problemas si hay un subsuelo rocoso o con agua subterránea. Para obviar este último problema, se construyen algunos con el émbolo telescópico, pero se limitan a dos o tres pisos y son menos eficientes y seguros que los de émbolo de una sola pieza. Otra desventaja es la lentitud del desplazamiento que está entre los 10 a 12 p/seg (3.00 a 3.66 m/seg). Se usan en edificios de no más de 8 ó 10 pisos, donde no se requieren altas velocidades de desplazamiento o donde hay que subir grandes cargas, como en garajes multipisos, salones de exhibición de vehículos, transferencia vertical masiva de personas en cruces ferroviarios o nodos en las redes de transporte urbano, etc.

37.3 ASCENSORES DE CABLE

Son tirados por cables de acero que se enroscan en un tambor giratorio y cuyo otro extremo sostiene unos contrapesos, equivalentes al peso de la cabina vacía, para disminuir la potencia requerida del motor. Además de la subdivisión entre cargas y personas también se subdividen en **ascensores de engranaje** y **ascensores sin engranaje**. En los primeros, que también fueron los primeros en desarrollarse, el motor eléctrico mueve un tornillo sin fin que a su vez mueve una rueda dentada unida al tambor, que tiene una ranura helicoidal donde se enrollan los cables. Se usan en edificios de poca altura donde no se requieran velocidades mayores de 6 p/seg. (1.83 m/seg.). En los segundos, como su nombre lo indica, el motor está conectado directamente al tambor, que es liso. Con este tipo se puede llegar a velocidades de hasta 16 p/seg. (5 m/seg.). La siguiente tabla muestra las cargas, velocidades y dimensiones de los ascensores más



comunes, basadas en la Figura 37.2. Como varían ligeramente entre un fabricante y otro, siempre se debe indagar con los suplidores para planificar las dimensiones de modo que ninguna sea menor que la requerida:

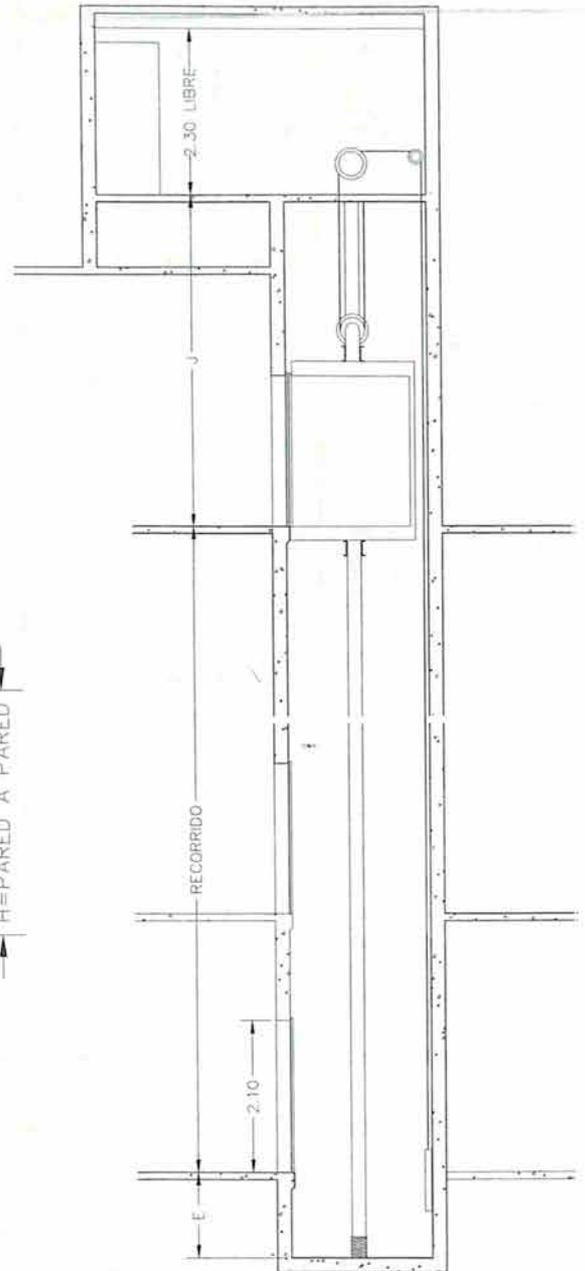


Figura 37.2

Carga kg.	Veloc. m/seg	Dimensiones										
		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L
909	1.00	1,93	1,35	0,92	234	4,65	4,98	1,75	1,85	4.88	1.52	3.81
	1.50									5.19	1.68	3.81
	1.80									5.19	1.83	3.81
1136	1.00	2,14	1,52	1,07	2,54	5,18	5,26	1,93	2,03	4.88	1.52	3.81
	1.50									5.18	1.68	3.81
	1.80									5.34	1.83	3.81
1364	1.00	2,14	1,68	1,07	2,54	5,18	5,39	2,08	2,19	5.03	1.52	3.81
	1.50									5.18	2.03	3.81
	1.80									5.34	2.29	3.96
1591	1.00	2,14	1,88	1,07	2,54	5,18	5,39	2,29	2,39	5.03	1.52	3.81
	1.50									5.18	2.06	3.96
	1.80									5.34	2.29	4.27
1591	1.00	2,44	1,68	1,22	2,85	5,8	6	2,08	2,19	5.03	1.52	3.81
	1.50									5.18	2.06	3.96
	1.80									5.34	2.29	4.27
1818	1.00	2,44	1,88	1,22	2,85	5,8	6	2,29	2,39	5.11	1.58	4.12
	1.50									5.49	2.06	4.12
	1.80									5.64	2.29	4.27
1818	1.00	1,73	2,64	1,22	269	5,51	7,85	2,77	2,87	5.11	1.52	4.12
	1.50									5.34	2.06	4.12
	1.75									5.49	2.34	4.27
	2.50									7.63	3.05	
	4.00									8.85		
2045	1.00	1,83	2,72	1,22	2,69	5,51	7,85	285	2,95	5.11	1.52	4.12
	1.50									5.34	2.06	4.12
	1.75									5.49	2.34	4.27
	2.50									7.63	3.05	
	4.00									8.85		
2273	1.00	1,83	2,9	1,22	2,69	5,51	7,85	3,03	3,13	5.11	1.58	4.12
	1.50									5.49	2.06	4.12
	1.75									5.64	2.29	4.27
	2.50									7.78	3.13	
	4.00									9.00		

Con motores de corriente directa se controlan las aceleraciones, deceleraciones y paradas de la cabina con mayor precisión. La maquinaria de muchos ascensores consiste en un motor-generador que recibe la corriente alterna de la calle y supe corriente directa a otro motor que mueve el tambor. Los más eficientes son los trifásicos de 440 voltios, por lo cual es necesario indagar si en la zona donde se va a ubicar el edificio es económicamente factible obtener este tipo de servicio.

37.4 ASCENSORES DE HOSPITALES

En la cabina de los ascensores de hospitales debe haber espacio suficiente para que quepa una camilla rodante y el personal necesario para atender al paciente. Son siempre más profundas que anchas. La

tabla anterior, basada también en la Figura 37.2, se aplica a este tipo de ascensores.

37.5 SEGURIDAD

Son varios los dispositivos de seguridad con los que deben cumplir los ascensores para la protección de los usuarios:

- 1.- Dispositivo para frenar automáticamente la cabina si su velocidad de descenso excede el límite especificado, v.g. si se rompen los cables y comienza a caer libremente.
- 2.- Parachoques en el fondo del foso debajo de la cabina y de los contrapesos para amortiguar los impactos. Resortes de acero para los ascensores relativamente lentos e hidráulicos para los más rápidos.
- 3.- La caja debe estar hecha de materiales incombustibles con un grado de resistencia al fuego de por lo menos 2 horas, incluyendo las puertas.
- 4.- Conmutador que desconecte la corriente si la cabina se pasa más arriba del último piso.
- 5.- Motor que produzca aceleraciones y deceleraciones paulatinas.
- 6.- Conexión eléctrica que impida el movimiento de la cabina si alguna de las puertas de los pisos, o de la propia cabina, están abiertas. Las puertas de los pisos sólo deben abrir automáticamente cuando la cabina se encuentre a ese nivel. En casos de emergencia, o para el mantenimiento, dichas puertas pueden abrirse con una llave especial cuyo uso está restringido al equipo de mantenimiento.
- 7.- Micro-conmutadores en cada piso para asegurar que el piso de la cabina quede siempre a nivel con el piso servido en cada parada, a pesar del natural alargamiento de los cables cuando la cabina se detiene.
- 8.- Dispositivo que impida que la cabina se mueva si se ha sobrepasado su límite de carga.
- 9.- Inspecciones semi-anales, hechas por personal competente, para verificar el estado de la maquinaria y, sobre todo, de los cables. En otros países, los departamentos de seguridad industrial de los gobiernos nacionales o municipales hacen estas inspecciones y emiten certificaciones, que se exhiben en lugares prominentes de la cabina.

37.6 PUERTAS

Las puertas deben estar sincronizadas de modo que la de la cabina y la del piso servido abran simultáneamente. Son generalmente deslizantes vertical u horizontalmente. Sólo se permiten, en casos muy especiales, puertas batientes en los pisos, nunca en la cabina, de edificios residenciales. Las que se deslizan verticalmente se usan en ascensores de carga, pues permiten que se abra el ancho total de la cabina, facilitando así la distribución de la carga. El tope superior de la hoja inferior queda a nivel del piso cuando está abierta, Figura 37.3, uniendo el piso servido con el de la cabina. Las puertas que se deslizan horizontalmente pueden ser de cuatro tipos, listados en orden creciente de complejidad y costo:

- 1.- De una hoja, Figura 37.4
- 2.- De dos hojas que abren en direcciones opuestas, Figura 37.5
- 3.- De dos hojas que abren en la misma dirección pero a diferentes velocidades, Figura 37.6

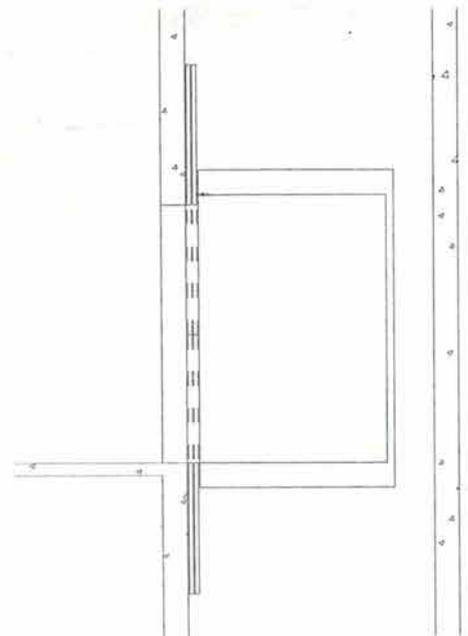


Figura 37.3

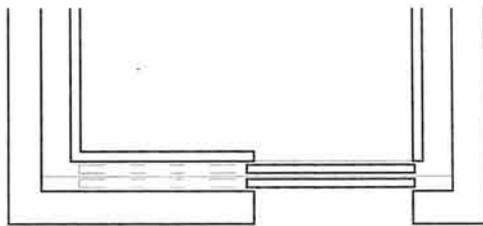


Figura 37.4

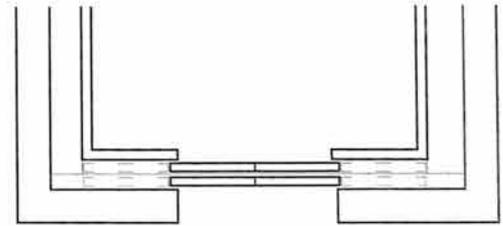


Figura 37.5

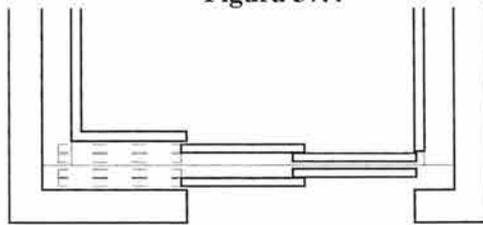


Figura 37.6

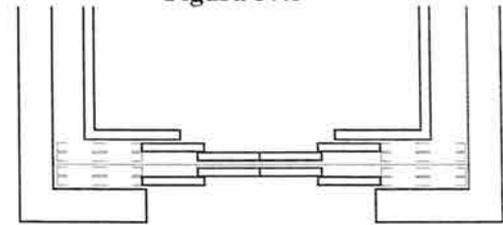


Figura 37.7

4.- De cuatro hojas, Figura 37.7

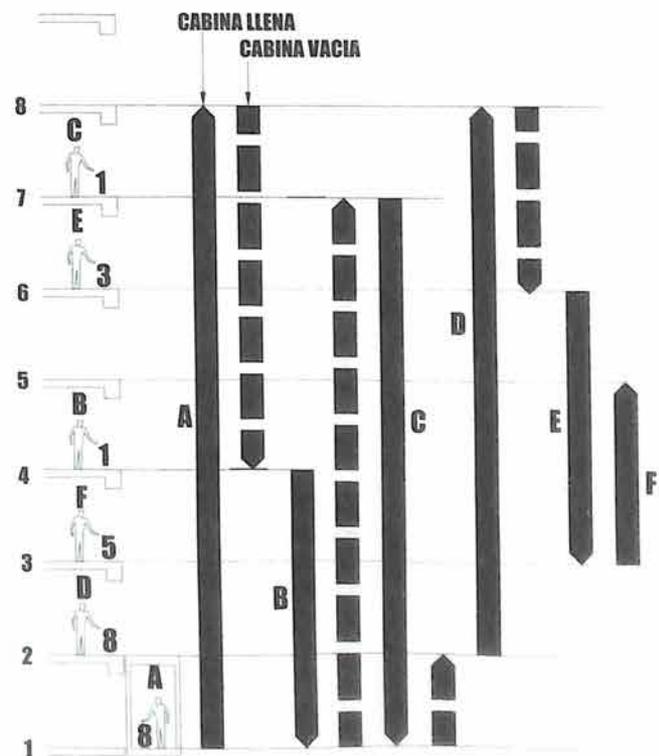
Es posible tener dos puertas diametralmente opuestas en la cabina, para lo cual hay que colocar los contrapesos en una pared lateral. El costo inicial y la dificultad de la operación de carga y descarga tienden a limitar el uso de este tipo de operación y la dificultad de la operación de carga y descarga.

37.7 CONTROLES

Todos los ascensores se controlan por medio de botones de mando localizados en cada piso. En el primer piso, por lo menos, debe haber un panel indicador de la posición instantánea de la cabina. En la cabina debe haber una botonera con los números de los pisos servidos, una señal luminosa que muestre el piso donde se encuentra, más un botón de parada y uno de alarma. En algunas cabinas pueden haber botones adicionales para abrir y cerrar las puertas y una señal acústica y lumínica que indique la dirección en que viaja la cabina. En los siguientes párrafos se describen los diversos sistemas operacionales en orden de complejidad y sofisticación.

Maniobra automática normal: Cuando se aprieta el botón de uno de los pisos, todos los botones de los pisos se encienden con un letrero que dice "ocupado". La cabina se desplaza hacia ese piso y no atiende ninguna otra llamada. En la cabina, el usuario oprime el botón del piso donde desea ir y la cabina lo lleva hasta allí, de inmediato se apagan los botones de "ocupado" en todos los pisos y el ascensor está apto para atender otra llamada. De modo similar, si hay varias personas dentro de la cabina, tienen que ponerse de acuerdo para organizar las paradas, ya que el ascensor sólo obedece el primer botón que se oprima. Este tipo de operación se usa en cabinas con capacidad de no más de seis personas en edificios de hasta 8 pisos donde el tráfico no es muy intenso. La gráfica de la derecha de la página anterior representa esta maniobra donde la secuencia de las llamadas de los pisos está en orden alfabético, las líneas sólidas representan la cabina llena y las punteadas la cabina vacía.

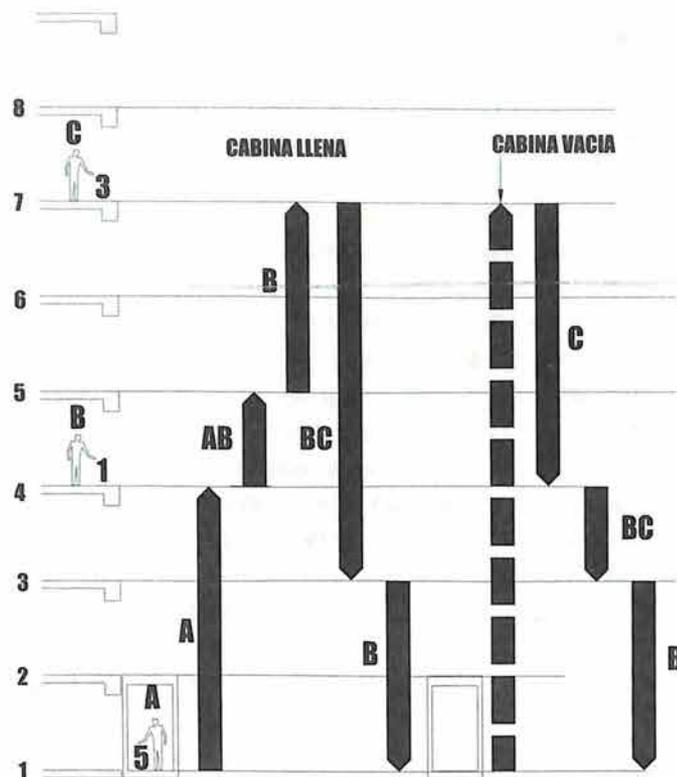
Maniobra "duplo": Cuando hay dos ascensores, se coloca una sola botonera entre ambas puertas con una señal lumínica para cada ascensor. Si se oprime un botón



Tráfico con Maniobra Automática Normal

de piso una de las señales se ilumina con el mensaje de "ocupado" mientras la otra permanece apagada. Si alguien más oprime el botón en el mismo piso mientras la cabina está en camino, el otro ascensor no responde, para evitar duplicidades de servicio. Si alguien llama desde otro piso ambos botones se encienden y el ascensor que estaba libre atiende esa llamada.

Maniobra colectiva no-selectiva: Se llama colectiva cuando el sistema graba varias llamadas para responder a ellas en cierto orden, independientemente de la secuencia en que fueron hechas desde los pisos o las órdenes desde la cabina. En la no-selectiva el sistema no distingue entre unas y otras, ni toma en cuenta la dirección en que se desplaza la cabina. En cada piso hay un botón que se ilumina cuando registra la llamada. En la cabina hay botones para cada piso servido, un indicador lumínico mostrando el piso por donde va pasando y un par de flechas, en la pared trasera, que indican la dirección del próximo desplazamiento, de acuerdo a las llamadas ya registradas. Si la cabina está vacía, se dirigirá hacia el piso más alto desde donde ha sido llamada. Durante la marcha, la cabina ocupada se detiene a medida que llega a los pisos desde donde ha sido llamada, independientemente del orden cronológico en que han sido hechas. Aún cuando la cabina esté llena, se detendrá en los pisos registrados, de modo que los usuarios tendrán que pulsar de nuevo y esperar que el ascensor regrese a recogerlos. Esta operación se adapta a edificios de hasta 10 pisos con el tráfico prevalentemente desde el primer piso a los superiores y desde éstos al primero, con tráfico limitado entre pisos, como edificios de apartamentos o pequeños hoteles.

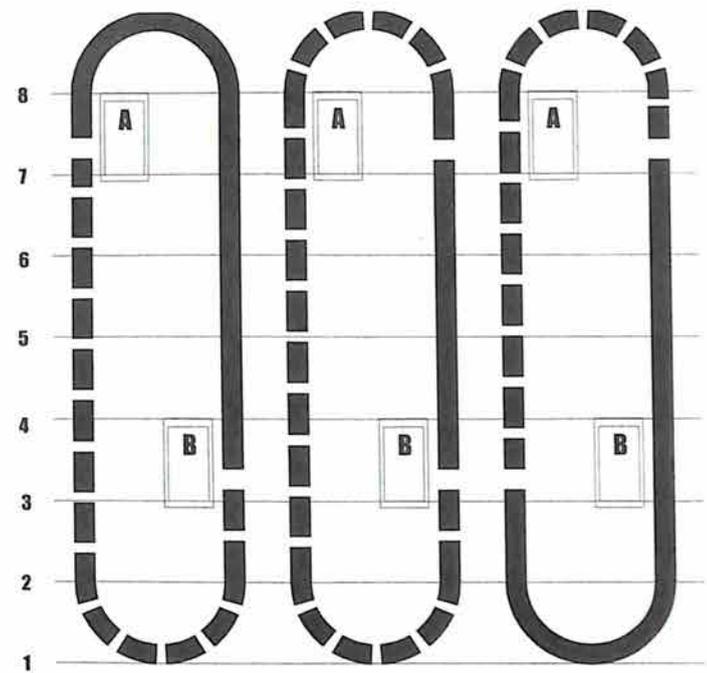


Tráfico con Maniobra Colectiva No-Selectiva

Maniobra colectiva selectiva: Se toma en cuenta la dirección del movimiento de la cabina y sólo responde a las llamadas de los usuarios que van en la misma dirección. La operación más sencilla de este tipo responde sólo a llamadas **en bajada**, por lo cual sólo hay un botón en cada piso. La cabina sube a los pisos marcados en los botones de la cabina y luego desciende para responder a las llamadas en bajada de los pisos. Cuando llega a su carga máxima sólo atiende las órdenes dadas desde la cabina, haciendo que los que llaman desde los pisos tengan que esperar un próximo recorrido. Este sistema se usa en hoteles grandes donde se trata de minimizar el tráfico entre los pisos.

Más complejo es el selectivo en ambas direcciones. Para esto hay dos botones en cada piso, excepto en el primero y en el último y el ascensor va recogiendo los usuarios que han pedido ser trasladados en la dirección en que viaja la cabina. Cuando hay dos o más ascensores el servicio se hace más eficiente con un control central, con memoria, que recoge todas las llamadas de los pisos y las asigna a una u otra cabina según estén disponibles. Los mandos registrados en cada cabina son realizados según el orden de sucesión en que encuentra el piso correspondiente. En subida la cabina atiende las llamadas "para subir" que le compete, según la división establecida por el control central; en bajada igualmente atiende las llamadas "para bajar".

La operación se muestra esquemáticamente para dos elevadores en los diagramas de esta página. El de la izquierda muestra la cabina "A" en el piso 7 y la "B" en el 3. Las zonas de influencia, asignadas por el control central se muestran con línea sólida para la "A" y punteada para la "B"; si hubiere un pedido para subir del piso 7 o para bajar desde los pisos 4 a 8, responde la cabina "A", si es para subir desde el piso 3 hasta el 6, responde la cabina "B". Las zonas de distribución de las llamadas varían según la posición y la dirección de marcha de cada cabina. Por ejemplo, si la cabina "A" responde a una llamada "para bajar" desde el piso 6 las dos zonas se modifican como se indica en el diagrama del centro. Si la cabina "B" parte en subida para responder a la llamada "para subir" del piso 4, el diagrama resultante es el de la derecha. La distribución de las zonas varía de acuerdo a las condiciones dinámicas del momento. Si, por cualquier razón, la cabina asignada no responde en un tiempo determinado, generalmente 30 segundos, la llamada se le asigna automáticamente a la otra cabina ajustándose automáticamente a las condiciones del tráfico. Las principales características que pueden presentarse son:



Esquema de Zonificación para Operación Colectiva de dos Ascensores

- 1.- Punta de tráfico en subida, con notable afluencia de personas desde la planta baja hacia los pisos superiores.
- 2.- Punta de tráfico en bajada, las personas fluyen desde los pisos superiores hacia la planta baja.
- 3.- Tráfico equilibrado, movimiento uniforme de personas en bajada o en subida
- 4.- Prevalente en subida, mayor número de usuarios tratan de subir que de bajar.
- 5.- Prevalente en bajada, mayor número de usuarios tratan de bajar que de subir.
- 6.- Tráfico escaso, pocos usuarios y una ausencia casi total de llamadas.

Para hacerle frente a tan múltiples condiciones, es necesario que el sistema de maniobra del grupo de ascensores, generalmente entre 3 y 6, esté apto para analizar las condiciones de tráfico e insertar el programa más conveniente. El pasaje de uno a otro programa debe ser automático por medio de los dispositivos de regulación y control. Es posible insertar los programas manualmente, o por medio de relojes pre-programados, para anticipar ciertas condiciones que se presentan regularmente a ciertas horas del día, por ejemplo, la entrada y salida del personal de oficina al inicio y al término de la jornada de trabajo. Hay tres modos para solucionar estos problemas, para ascensores operados con corriente continua con velocidades sobre 1.5 m/seg.

- 1.- Sistema de circulación
- 2.- Sistema de zonas
- 3.- Maniobra colectiva programada

SISTEMA DE CIRCULACIÓN:

Se adapta para grupos de 3 a 5 ascensores especialmente en edificios de oficinas, con notable desarrollo vertical, en los cuales el tráfico es muy variable pero siempre intenso. Después de la hora de salida del personal hay un tráfico muy limitado.

Tráfico pico en subida: todas las cabinas vuelven a la planta baja tan pronto terminan su servicio. Las cabinas salen de la planta baja cada cierto tiempo, que varía en función de las condiciones de carga, para favorecer la ocupación total de la cabina. Estas parten en el mismo orden en que han llegado. Tan pronto se llenan, parten inmediatamente.

Tráfico pico en bajada: todas las cabinas van a la planta más alta tan pronto terminan su servicio,

desde donde parten a cortos intervalos dependiendo del número de llamadas registradas y del número de cabinas presentes en el piso. Cuando la cabina se llena, no se detiene más a recoger pasajeros pero, automáticamente se le asigna esa tarea a otra cabina. De este modo se consigue que todas las llamadas "para bajar" tanto desde los pisos altos como de los bajos, sean satisfechas con igual prontitud.

Tráfico equilibrado: las cabinas parten desde el primero y el último piso cada una a la vez en intervalos de tiempo que dependen del número de llamadas registradas. Tan pronto termina su servicio cada cabina se desplaza hasta el terminal opuesto al de donde salió. Una cabina puede invertir la marcha hacia la terminal más alta sólo cuando las condiciones lo requieran. La cabina en marcha sólo obedece las órdenes dadas desde los botones de la cabina o las llamadas de los pisos que requieran desplazarse en su dirección de marcha. En ascenso sólo obedece las llamadas "para subir" y en descenso sólo las "para bajar". La variación en el intervalo de partida, que depende del número de llamadas, trata de conseguir una distribución uniforme en ascenso y en descenso.

Tráfico prevalente en subida: el sistema detecta cuando el número de llamadas "para subir" supera en cierta cantidad a las llamadas "para bajar" e inserta el programa adecuado para satisfacer el aumento de las llamadas "para subir".

Tráfico prevalente en bajada: el sistema detecta cuando el número de llamadas "para bajar" supera en cierta cantidad a las llamadas "para subir" e inserta el programa adecuado para satisfacer el aumento de las llamadas "para bajar".

Tráfico reducido: ocurre cuando después de cierto período de tiempo no se registran llamadas desde los pisos. En este caso las cabinas se estacionan en los pisos terminales, listas para entrar en acción si el tráfico aumenta. Durante ese período, se habilita una sola cabina, que se estaciona en el piso bajo, para responder a las llamadas que puedan presentarse

SISTEMA DE ZONAS

Ha sido concebido para satisfacer las necesidades de cualquier edificio con una batería de ascensores entre 3 y 6. Es un tipo de maniobra particularmente elástica, adaptable a oficinas, hoteles y hospitales cuando el desarrollo vertical lo justifique. El circuito de "zona" constituye la parte más importante del sistema asignando los pisos, del modo más racional posible, tomando en cuenta la posición y la dirección de movimiento del ascensor. Siempre está funcionando, cualquiera que sea el tipo de tráfico. Naturalmente toma en cuenta que un ascensor puede estar "fuera de grupo", imposibilitado de responder a las llamadas sea porque esté lleno o porque esté fuera de servicio.

Tráfico equilibrado: para evitar que un ascensor, cuando termina su servicio, se estacione en un lugar que deje desatendidos algunos pisos del edificio, se asignan tantas zonas como el número de ascensores, que abarcan varios pisos y un lugar de estacionamiento. La zona más baja la constituye simplemente el nivel de ingreso (Lobby). Cuando un ascensor se libera en una zona donde no hay otro ascensor libre, permanece allí estacionado y cerrado. Si ya hubiese un ascensor libre en dicha zona, se dirigirá al piso intermedio de la zona más próxima. La escogencia del sitio de estacionamiento no es casual sino que se hace tomando en cuenta el sentido de la marcha del ascensor; por ejemplo, si un ascensor que se libera tiene que escoger entre una zona de estacionamiento más arriba o más abajo y otro ascensor está ya descendiendo, escogerá la zona superior o vice-versa. Cuando un ascensor se dirige hacia un estacionamiento y hay una llamada desde uno de los pisos, esta última tiene preferencia. Si el ascensor está descendiendo y hay un reclamo desde el estacionamiento en un piso superior hace que se movilice un ascensor estacionado u otro que esté ascendiendo. Lo contrario ocurre si el ascensor está subiendo. El circuito de estacionamiento y de anti-acumulo de las cabinas es muy ineficiente durante el tráfico pico.

Tráfico pico en subida: todas las cabinas vienen a estacionarse en el primer piso, apenas hayan completado sus servicios; de allí parten a intervalos regulares.

Tráfico pico en bajada: las cabinas, cuando llegan al Lobby, salen inmediatamente hacia la planta más alta, desde donde parten hacia abajo a cortos intervalos. Cuando la cabina se llena, no se detiene más a recoger pasajeros pero, automáticamente se le asigna esa tarea a otra cabina. De este modo se consigue que todas las llamadas "para bajar" tanto desde los pisos altos como de los bajos, sean satisfechas con igual prontitud.

Tráfico reducido: en ausencia de llamadas, las cabinas se reparten en los diversos pisos para subdividir el edificio en zonas de influencia. Cuando hay una llamada del piso, responde el ascensor más cercano, que regresa a su lugar de estacionamiento, si éste no ha sido ocupado por otra cabina.

MANIOBRA COLECTIVA PROGRAMADA

Esta maniobra ha sido concebida para grupos de ascensores entre 2 y 4 en edificios de medianas dimensiones con un flujo de tráfico más regular. Se pasa automáticamente de un modo a otro. El programa de tráfico puede ser brevemente descrito así:

- a) durante el tráfico pico en subida las cabinas, terminada su tarea, se estacionan en el piso más bajo, desde el cual parten a intervalos regulares
- b) durante el tráfico pico en bajada las cabinas, al llegar al piso más bajo, suben inmediatamente al más alto.
- c) durante el tráfico equilibrado el funcionamiento es igual al descrito para el sistema de circulación.
- d) durante el tráfico reducido las cabinas se reparten en los pisos de estacionamiento que subdividen el edificio en otras tantas zonas de influencia.

37.8 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Hay que tomar en cuenta que los ascensores siempre estarán en la ruta crítica en el proceso de construcción. El tiempo que transcurre entre colocar, y pagar, la orden y la entrega del equipo en la obra puede ser mayor de seis meses. Los trabajos de instalación sólo comienzan cuando la caja del ascensor está completa hasta el cuarto de máquinas, es decir, la estructura ha sido terminada y cerrada. La instalación en sí puede tardar otros tres o cuatro meses. Por consiguiente, la orden debe colocarse durante el período de replanteo y excavación.

Los requisitos para la caja son bastante estrictos. Además de ser hechas de materiales incombustibles, como dijimos en el primer párrafo de este capítulo, hay que asegurar la verticalidad de modo que la desviación no sea mayor de 2.5 cm. en los primeros 20 pisos y 0.8 Mm. por cada piso adicional pero que nunca exceda 5 cms; aunque ahora se ha llegado a que cuando la cabina llega a cierto nivel, se traslada horizontalmente hacia otra caja donde prosigue su ascenso vertical. Hay que proveer vigas de izamiento en el tope de la caja y en el techo del cuarto de máquinas que soporten las cargas especificadas por el proveedor del equipo. Los clavos y proyecciones en los paramentos interiores de la caja tienen que ser removidos y los huecos y cucarachas empañetados. Si hay dos o más ascensores en la misma caja, en cada piso, y a no más de 16' (4.88 m) de altura, deben haber vigas de concreto de 15 cms. de ancho, o de acero de 10 cms., entre un ascensor y otro para poder asegurar los rieles. El foso debe tener tomacorrientes, una iluminación de 5 bujías/pie y una escalera vertical de acero que suba hasta 1.20 por encima del nivel del primer piso. El cuarto de máquinas debe estar bien ventilado y tener una iluminación de 10 bujías/pie. La puerta de acceso debe ser incombustible, con cerrador automático y que sólo se pueda abrir con llave desde afuera y libremente desde adentro. Es importante mantener este cuarto bien pintado y limpio porque una mota de polvo en uno de los sofisticados controles electrónicos puede causar problemas operacionales, especialmente en las puertas.

37.9 ASCENSORES TEMPOREROS

Son utilizados durante el período de construcción para transportar materiales y al personal. Normalmente se instalan al exterior del edificio ampliando hasta el piso algún hueco de ventana. Tienen que cumplir con todas las reglas de seguridad antes mencionadas.

37.10 ASCENSORES PANORÁMICOS

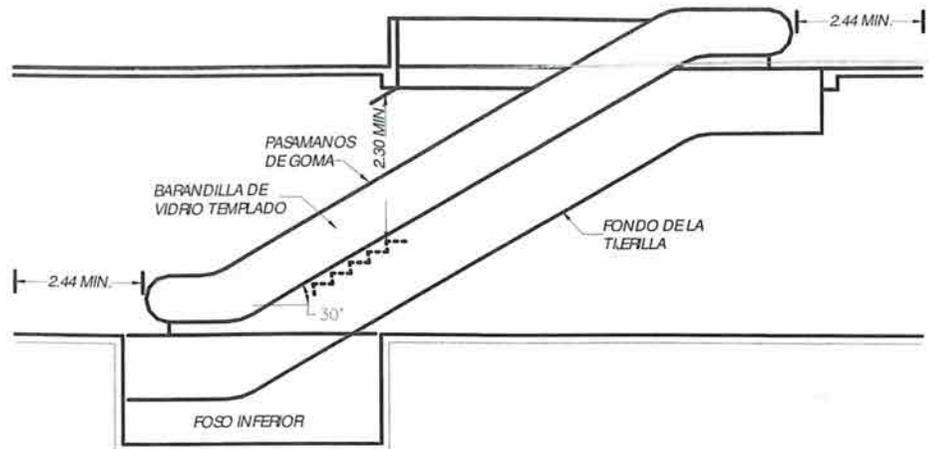
Pueden ser hidráulicos o de tracción, las cabinas tienen una o tres paredes acristaladas para disfrutar de una vista panorámica, ya sea del exterior o de un lobby interior. Los rieles y contrapesos quedan en la misma pared de la puerta con el fin de que no obstruyan la visión.

37.11 ASCENSORES EXPRESOS

En edificios de más de 20 pisos se proveen bancos de ascensores expresos que parten desde los pisos bajos, como estacionamientos y lobbies y van sin detenerse a pisos determinados desde donde prosiguen la distribución de los usuarios piso por piso, hasta alcanzar el próximo piso servido por otro expreso. El área que queda encima de los cuartos de máquinas de estos ascensores puede utilizarse como parte del piso. En el sistema más moderno para utilizar este tipo de ascensores, el usuario en el lobby oprime el botón del piso donde quiere ir y una pantalla iluminada le indica el grupo y el número del elevador que lo va a llevar más rápidamente a su destino.

37.12 ESCALERAS MECÁNICAS

Constituyen el modo más eficiente y económico para movilizar gran cantidad de personas entre pisos a diferentes niveles. En las tiendas tienen la ventaja adicional de ofrecer una vista panorámica del piso, facilitando la ubicación de lo que se desea comprar y haciendo accesibles las tiendas ubicadas en pisos superiores. También se usan en salas de cine, bancos y



SECCION DE ESCALERA MECANICA

Figura 37.8

restaurantes donde sea preciso movilizar un gran número de personas. Se fabrican en dos anchos, 32" (81.3 cm.) para una persona y 48" (122 cm.) para dos personas y dos velocidades: 90 p/min. (27.5 m/min.) que transporta unas 5,000 personas por hora para el de 32" y 8,000 para el de 48" y 120 p/min. (36.6 m/min.) que transporta 6,200 personas por hora para el de 32" y 10,000 para el de 48". Se recomienda usar un 60% de estas cantidades máximas como criterio de diseño. La estructura de la escalera está formada por dos tijerillas de acero que se apoyan en los bordes del hueco. Las barandillas pueden ser opacas, con diversas terminaciones como acero inoxidable, melaminas, espejos, etc. o transparentes de vidrio templado y los pasamanos, que se mueven simultáneamente con los escalones, son de goma o neopreno. Todas forman un ángulo de 30° con la horizontal, con contrahuellas de 20 cms. y huellas de 35 cms, lo que los hace bastante incómodos de subir cuando no están funcionando. La seguridad requiere que si un objeto puntiagudo, como la punta de un paraguas o un taco femenino, queda trabado en los escalones, la escalera se detiene automáticamente y sólo vuelve a funcionar después de pulsar un conmutador de seguridad. La maquinaria se ubica debajo de uno de los apoyos, generalmente el más bajo, pero, para alturas mayores de 25' (7.63 m) debe haber maquinaria en ambos extremos. Es necesario dejar escotillas de acceso para el mantenimiento.

37.13 CORREAS TRANSPORTADORAS

De modo similar a las escaleras mecánicas se fabrican correas transportadoras de personas y equipaje, aptas para ser usadas en aeropuertos, terminales ferroviarias y centros comerciales. Tienen anchos de 24" (61 cms) para una persona, de 32" (81 cms) para un adulto y un niño y de 40" (101 cms) para dos adultos o un adulto con equipaje. Pueden estar a nivel o salvar rampas de hasta 15° de inclinación. Tienen barandillas y pasamanos similares a los de las escaleras mecánicas y, para trayectos largos, pueden colocarse dos correas paralelas que viajan a diferentes velocidades para hacer más seguras la arrancada y la llegada.

38. IZAMIENTOS

En proyectos que cubran áreas extensas o, sobre todo, que sean de mucha altura, es necesario utilizar aparatos que permitan un transporte de materiales rápido y eficiente. Para ello se utilizan grúas de diversos tipos; la más común es similar a la usada como draga línea, descrita en el párrafo 2.1 EQUIPOS, excepto que el cable termina en una bola de acero, para mantenerlo en tensión cuando no lleva carga, con un gancho en su parte inferior para asegurar los cables de la carga. Esta bola puede hacerse pendular con gran impulso para rápidas demoliciones. Pueden ser de orugas o con neumáticos dependiendo del tipo de terreno donde han de operar y llevan brazos extensibles bajo su plataforma para apoyarse en el terreno por ambos lados con el fin de asegurar la estabilidad cuando se izan las cargas. El área cubierta sólo está limitada por la velocidad de desplazamiento, pero la altura generalmente está limitada a tres o cuatro pisos.

38.1 GRÚA DE TORRE

Para mayores alturas se utiliza la grúa de torre cuyo fuste siempre se mantiene vertical mientras que el brazo puede girar verticalmente casi hasta la verticalidad. El giro horizontal se efectúa incluyendo la cabina. Figura 38.1. Además de los sistemas móviles mencionados, también pueden desplazarse sobre rieles idóneos que rodeen la obra y pasen cerca de los sitios de almacenamiento. Para izamientos de mucha altura deben adicionarse vientos de cables bien anclados al terreno para asegurar la verticalidad del fuste.

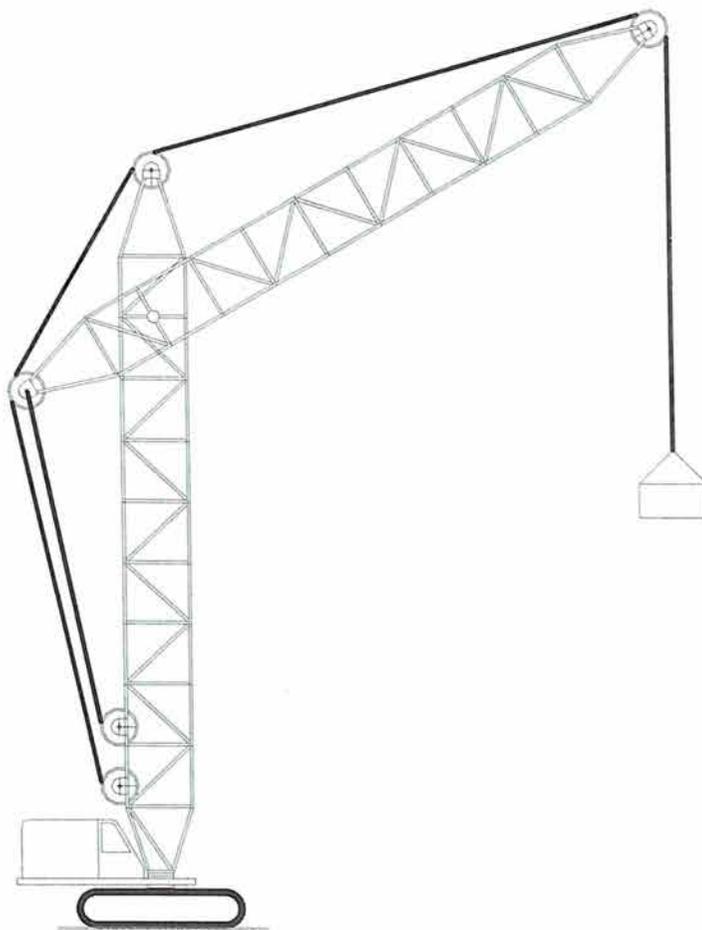


Figura 38.1

38.2 GRÚA FLOTANTE

Para edificios de más de 6 pisos se utilizan las grúas flotantes, Figura 38-2, que van ascendiendo a medida que avanza la construcción. Primero hay que hacer una fundación en el piso o sótano más bajo con sus idóneos pernos de anclaje. Cuando el piso a vaciar está tan cercano al brazo de la grúa que lo hace casi inoperante, es necesario comenzar a subirla. Se carga un bloque macizo de concreto para equilibrar el lastre que la grúa tiene en el extremo del brazo más corto. Dos pisos más arriba se coloca una viga de acero de ala ancha en el centro del fuste con gatos hidráulicos en cada extremo, sincronizados para subir en forma simultánea. Se zafan los anclajes y se comienza a subir la grúa, con suma lentitud, poniendo extremo cuidado de que el fuste permanezca vertical, para lo cual el operador, con un panel de control remoto, hace girar horizontalmente la grúa y mover el bloque de concreto para compensar cualquier ligera desviación. Este es el momento más peligroso de la operación de modo que debe estar en manos de operadores expertos y cuidadosos. Una vez los gatos llegan a su máximo desplazamiento, unos 60 cms., se coloca otra viga de acero y otros gatos en la parte inferior de la grúa para continuar el ascenso. Alternando paulatinamente de un juego de gatos al otro se eleva la grúa hasta el nivel requerido. Es imprescindible repartir las cargas entre las losas ya vaciadas apuntalando por lo menos cinco pisos debajo de los gatos más altos. Cuando haya dos o más grúas cuyos recorridos se solapen es lógico que deben mantenerse a niveles diferentes para evitar

choques accidentales. A medida que sube la grúa se van vaciando las losas de concreto en los huecos ya rebasados dejando sólo camisas tubulares para los cables de alimentación eléctrica.

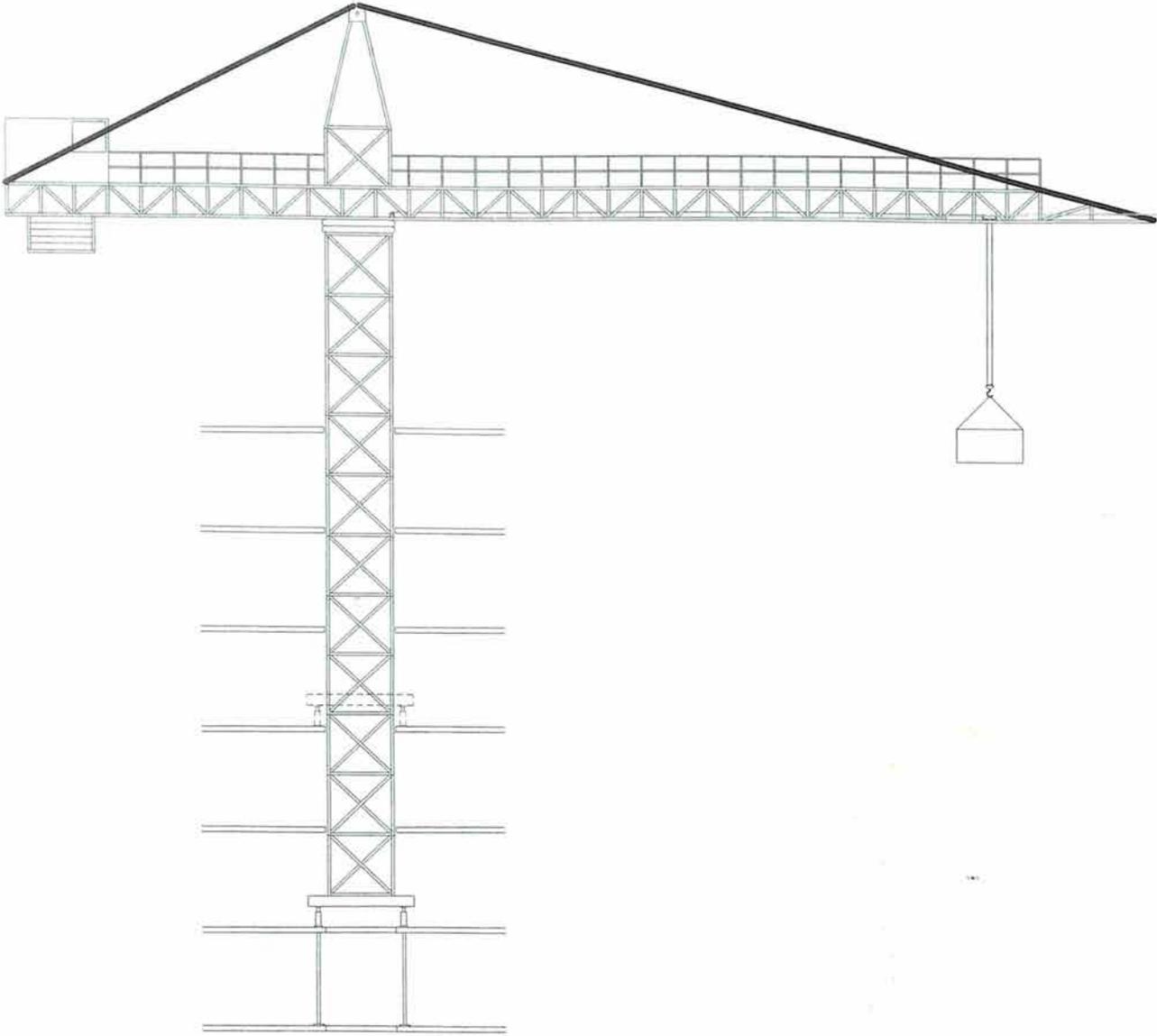


Figura 38.1

BIBLIOGRAFÍA

Título	Autor	Editorial
<i>A History of Building Materials</i>	Norman Davey	Drake Publishers, Ltd.
<i>Árboles Dominicanos</i>	Alain H. Liogier	Academia de Ciencias
<i>Architectural Graphic Standards</i>	Ramsey & Sleeper	John Wiley & Sons, Inc.
<i>Arte de Proyectar en Arquitectura</i>	Ernst Neufert	McGraw-Hill Book Co
<i>Biblioteca Atrium de la Madera</i>		
<i>Concrete Construction Handbook</i>	Joseph J. Waddell	McGraw-Hill Book Co
<i>Costrucciones Neumáticas</i>	Thomas Herzog	Gustavo Gili
<i>Construcción Laminar</i>	Fred Angerer	Gustavo Gili,
<i>Construction Materials</i>	Caleb Hornbostel	John Wiley & Sons, Inc
<i>Construcción Racional de la Casa</i>	A. Griffini	Edit. Científico-Médica
<i>Encyclopædia Britannica</i>	William Benton, Publisher	
<i>Estructuras Espaciales de Acero</i>	Z. S. Makowski	Gustavo Gili
<i>Fundamentals of building Construction Materials and Methods</i>	Edward Allen	
<i>Materiales de Construcción</i>	F. Orús	Dossat, S. A.
<i>Materiales Plásticos y Arquitectura Experimental</i>	A. Quarmby	Gustavo Gili
<i>Materiales y Procedimientos de Construcción</i>	Fernando Barbará	Herrero, S. A.
<i>Pier Luigi Nervi</i>	Agnoldomenico Pica	Gustavo Gili
<i>Plásticos para Arquitectos y Constructores</i>	Albert. G. H. Dietz	Reverté, S. A.
<i>Principios de Construcción</i>	D. A. G. Reid	Gustavo Gili,
<i>Sound Control Construction</i>		U. S. Gypsum Co.
<i>Sweet's Catalog</i>		McGraw-Hill Inf. Systems
<i>Tecnología de la Construcción</i>	G. Baud	Blume
<i>Tercera Generación</i>	Phillip Drew	Gustavo Gili,
<i>The Passive Solar Energy Book</i>	Edward Mazria	Rodale Press
<i>Time-saver Standards for Building Types</i>	De Chiara & Callender	McGraw-Hill Book Co.
<i>Time-saver Standards for Architectural Design Data</i>	John H. Callender	McGraw-Hill Book Co.
<i>Tratado de Construcción</i>	Luciano N. de Miguel	Bosch, Casa Editorial
<i>Tratado de Construcción</i>	Antonio M. Saad	Cia. Editorial Continental
<i>Tratado de Construcción</i>	H. Schmitt	Gustavo Gili,
<i>Tratado de Edificación</i>	Frick/Knöll/Neumann	Gustavo Gili
<i>Tratado General de Construcción</i>	C. Esselborn	Gustavo Gili,
<i>Tratado Moderno de Const. de Edificios</i>	Schindler/ Bassegoda	José Montesó, Editor
<i>Wind in Architecture and Environmental Design</i>	Michele G. Melaragno	Van Nostrand Reinhold Co
<i>Wood Structural Design Data</i>	National Lumber	Manufacturers Assoc.

La impresión de este libro se hizo posible gracias a la contribución de los arquitectos egresados de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

- 1- Ylka Mendoza Aquino
- 2- Carmen Rita Méndez
- 3- George Aponte
- 4- Carlos Jorge Díaz
- 5- Ronald Dipino Ruiz
- 6- Norah Suberví Rami
- 7- Armando Echenique Aybar
- 8- María Isabel Lebrón Perdomo
- 9- Clara Matilde Moré Guaschino
- 10- María Luz Wiese Ortiz
- 11- Christian Tineo Rosario
- 12- Yáskara Lama Villabrille
- 13- Mario García Álvarez
- 14- José Mella Febles
- 15- Matilde Nivar Báez
- 16- Clara Hernández Contreras
- 17- Heriberto Purcell Threan
- 18- Kirsis Nieto Salcedo
- 19- José Antigua Paulino
- 20- Miguel Risk González
- 21- Antonio Segundo Imbert Pellerano
- 22- Enrique García Pecci
- 23- Alfredo Marranzini Pérez
- 24- Edmundo García Iglesias
- 25- Carlos Reid Baquero
- 26- Luis Sena Carrasco
- 27- José Horacio Marranzini
- 28- Gladys Báez Santana
- 29- Fernando Sánchez Cernuda
- 30- Rafael Sánchez Cernuda
- 31- Ninoska Nova Cuello
- 32- Iva María Irizarry Campagna
- 33- César Langa Ferreira
- 34- Susana Isaac Kury
- 35- Berki Torres Tejada
- 36- Oscar Molina Lagares
- 37- Francisco Manosalvas Gómez
- 38- Lourdes Periche Fernández
- 39- Ivelisse Landrón Núñez
- 40- Constantinos Ph. Saliaris B.
- 41- Ana María Polanco Salcedo
- 42- Manuel del Villar Alburquerque
- 43- Carolina Vilorio Villanueva
- 44- Luis Aracena Jiménez
- 45- Amando Vicario Morales
- 46- María José González del Rey
- 47- Jesús Hernández Ruiz
- 48- Ruddy Arias Cepeda
- 49- Rosa Margarita Beato
- 50- Federico González Santoni
- 51- Manuel Antonio Durán Mejía
- 52- Rafael Ureña Saviñón
- 53- Pablo Morel Mercado
- 54- Luis Sosa Vidal
- 55- Dante Luna Guerrero
- 56- Luis Guzmán López
- 57- Belkis Rivera Rodríguez
- 58- Aura García Román
- 59- Fátima Arbaje Nicolás
- 60- Franc Ortega Martínez
- 61- Mercedes Núñez Ramírez
- 62- Miguel Fiallo Calderón
- 63- José R. Rodríguez D'Valera
- 64- Luis Amable Sterling Suarez
- 65- Monika Sánchez Rosado
- 66- Kathylka González Ramírez
- 67- José Antonio Constanzo C.
- 68- Gerónimo Jesús Morel Núñez
- 69- Eric Michelén Stefan
- 70- Leyda Brea Sención
- 71- Gladys Rosanna Pina Díaz
- 72- Alicia Leyba Pacheco
- 73- Ivón Carolina Reynoso Reynoso
- 74- Manuel Rosas Taveras
- 75- Ricardo Mieses Rivera
- 76- Ricardo Brito Grullón
- 77- José Adolfo Jiménez Caraballo
- 78- Meried Bueno Benoit

- 79- Rafael Madera Rodríguez
80- Nathalie Molina Pina
81- Lidia Acosta Espinosa
82- Diana Dalmasí Duluc
83- Iris Bernal Nadal
84- Edmond Elías Hermida
85- Carmen Rosa Anico
86- Gustavo Moré Guaschino
87- Lisette Cabrera Santos
88- Víctor Hermida García
89- Elmer González Cavallo
90- Savery Frías Brito
91- Jenniffer Acosta Almonte
92- Julio Wilfred Mallén
93- Silvana Yoselyn Vásquez
94- Rhina López Marranzini
95- Nelson Santana Peña
96- Henri de Mondesert Grullón
97- Carmen Suero Castro
98- Manuel Fernández Batista
99- Pedro Mena Lajara
100- Sócrates Mackinney Vitiello
101- Eduardo Lora Bermúdez
102- Diana Obando Prestol
103- Patricia Pérez Socías
104- Lil Guerrero Daniel
105- Bienvenido Pantaleón Hernández
106- José del Carmen Ramírez
107- Francisco Carías Cordero
108- Francis Lizardo Lebrón
109- Jorge Montalvo Iglesias
110- Cesar Ledesma Olivero
111- Nancy de Pool Tavares
112- Oscar Imbert Tessón
113- José Enrique Delmonte Soñé
114- Gamal Michelén Stefan
115- José Ramón Prats García
116- Lisbeth Balaguer de León
117- Pablo Yermenos González
118- Rafael Pérez Morillo
119- Amaury Márquez Díaz
120- Tania Pittaluga Arzeno
121- Juan Pérez Morales
122- Juan Mubarak Pérez
123- Carlos Michel Presbot
124- Ligia Calero Chavier
125- Kenia Bautista Martínez
126- Patricia Cuevas Pérez
127- Josefina Delgado Viñas
128- Rafael Rodríguez Zorrilla



Federico Freites nació en Azua, República Dominicana, en 1923. Se graduó de meteorólogo en la Universidad de Nueva York, Estados Unidos en el 1944, y de Ingeniero Arquitecto en la Universidad de Santo Domingo en el 1946. Está registrado en Estados Unidos como arquitecto en la ciudad de Nueva York y en Puerto Rico, y posee la certificación como arquitecto en el National Council of Architectural Registration Boards de Washington.

El arquitecto Freites ha ejercido la profesión en República Dominicana en la Secretaría de Obras Públicas y en la firma Freites & Aybar; también ha trabajado asociado con otros profesionales y firmas como la Constructora Pérez Bernal, el arquitecto y urbanista José Ramón Vargas Mera y el arquitecto Manuel Polanco. Parte de sus trabajos los ha realizado de manera independiente.

En Estados Unidos trabajó en los estados de Nueva York, Virginia y Florida desde el 1951 al 1964, perteneciendo a las compañías de arquitectos Coffin & Coffin, Nelly & Gruzen, Fordyce & Hamby y con el arquitecto Perry M. Duncan.

Como profesor laboró catorce años en la Universidad de Santo Domingo, impartiendo las cátedras de Meteorología, Física y Arquitectura Civil. En la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña impartió Diseño y Materiales y Métodos de Construcción desde 1964 hasta 1971 y a partir de 1976, hasta el presente año 2007. Fué el primer Director del Departamento de Física de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña y fué honrado como "Profesor Meritísimo" en esta Universidad en el Tercer Encuentro Anual de Escuelas y Facultades de Arquitectura, en noviembre de 1993.

Si bien sus logros y ejecuciones en la profesión han sido muchos y de gran valor, es su labor como profesor admirable que le ha ganado el respeto y el cariño de muchas generaciones de arquitectos egresados de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

