

# USO DE LA MADERA EN EDIFICACION

Arquitecto JUAN CORTES O.

**Técnica y Creación** reproduce en este número, otro capítulo de la tesis de título del Arqto. Juan Cortés, titulada **"Expresión Arquitectónica de la Madera"**. (El capítulo anterior titulado **"Creación Arquitectural"**, fue publicado en T. y C. N° 9).

## *Edificación Densa — diáfana:*

En el complejo de sistemas constructivos, la madera se identifica muy distintamente. Es tradicional distinguir los sistemas de albañilería de los sistemas de madera, en que se separa la estructura resistente de su revestimiento y relleno.

Es distinguible también, con gran claridad, la construcción monolítica. Hormigón armado.

Cada uno de estos sistemas presenta problemas específicos.

La edificación metálica presenta con la madera, similitudes notables. En efecto, hay un material básico de largos establecidos. Ambos sistemas necesitan protección y revestimiento. Ambos presentan dificultades de unión, aminoradas en la edificación metálica con el apareamiento de la soldadura que relegó a un plano secundario la roblonadura. Sin embargo, la madera continúa como un material de primera importancia principalmente por su mayor resistencia en relación a su peso.

Podemos asegurar, que aún al dejar de lado sus formas constructivas tradicionales (tabiques con diagonales, relleno y revestimiento) la madera puede incorporarse a casi todos los sistemas constructivos y estructurales que nos plantea la arquitectura moderna. Puede incorporarse tanto a la edificación diáfana como a la edificación densa, sin perder de vista que se tratará siempre de la suma de elementos pequeños de largos totalmente definidos.

Entre uno y otro tipo, denso, diáfano, existe una gradación de límites imprecisos. Sin embargo, el proble-

ma de construcción o "armado", presenta diferencias notables.

En la edificación densa la cubierta siempre encuentra apoyo en los paramentos interiores, que a su vez, son utilizados como muros estructurales atezadores. Lo que da a este tipo de edificación una expresión propia.

La edificación diáfana: hangares, galpones industriales, estadios, estaciones, etc., tiende a ser autosoportante. El esfuerzo sísmico tiende a ser combatido por métodos de porticamiento.

Al emplear los métodos propios de la edificación diáfana, en la densa se produce dificultades. En efecto, al crear una estructura de cubierta auto-soportante, diáfana, se pierde la posibilidad de utilizar las divisiones interiores como apoyo, que de todas maneras existen por el gran número de "privados" de este tipo de proyectos.

Una gran cantidad de materiales aptos para divisiones interiores nos proporciona la industria actual. Sin embargo, todos ellos tienen la posibilidad en mayor o menor grado de cumplir funciones soportantes.

Como se vio en el capítulo primero, las tendencias más atendibles en este momento son las que van hacia la industrialización de la edificación en madera. En ese sentido, la edificación densa permite la prefabricación en toda su magnitud. En cambio la diafaneidad no va más allá del precortado; a menos que se trate de repetición de edificios de un mismo tipo.

Los edificios "densos", presentan problemas complejos. Estructura,

revestimiento, aislamiento térmica y acústica, instalaciones, son algunos de ellos. Ineludibles. En cambio, la edificación diáfana tiende a fundir casi en uno sólo, todos los problemas. Problemas plásticos-estructurales.

Por cuanto al edificar en madera no se puede disponer más que de trozos prismáticos rectos de largos establecidos, la edificación densa tiende a ser determinada por líneas rectas, únicamente con variaciones angulares. Sin embargo, la diafaneidad, por sus características y por sus dimensiones permite, en madera, llegar a curvas por medio de trozos rectos. Permite también, las superficies de doble curvatura.

La edificación densa se ejecuta a escala humana individual. La diáfana, tiene escala de multitudes y es abarcable con la vista de una sola vez. La edificación densa tiene rincones y juegos de luces, y misterio y sugerencia.

#### *Edificación en altura:*

La Ordenanza General de Construcciones dice lo siguiente: "Edificios con estructura de madera. Estos edificios no podrán tener más de 7 m., de altura y en cada piso no podrá exceder la altura de 3,50 m., pero se podrá utilizar la techumbre para formar un piso de habitación en mansarda".

Pensamos que estas limitaciones pueden tener mayor elasticidad, según el avance actual de la técnica. En todo caso, las precauciones principales deben ser contra el peligro de incendio y el peligro sísmico. Este último se presentará en el Capítulo Sexto.

Por ejemplo, para un edificio de departamentos sería exigible dos circulaciones verticales separadas en material incombustible y edificadas por el exterior del edificio, con independencia.

Se puede exigir corta-fuegos horizontales entre cada piso (puede ser con material de revestimiento incombustible como la Volcanita, por ejemplo), y corta-fuegos verticales entre cada departamento.

Una determinada relación entre vanos y llenos. El establecimiento de una cortina de agua por las fachadas,

en caso de siniestro. La interrupción de la continuidad de los conductos verticales en cada piso (shafts), o su construcción independiente del edificio. La exigencia de construir las chimeneas con precauciones especiales contra el agrietamiento, completan el cuadro de precauciones que permitiría una mayor libertad de altura en los proyectos en madera.

#### *Industrialización y prefabricación:*

La prefabricación tiene problemas de gran envergadura. En efecto, además del transporte de materiales hacia la industria y luego el producto elaborado hasta su punto de destino, hay que considerar el problema de costos industriales, en general más elevados que los de la edificación tradicional. Hay que agregar a esto, que debe mantenerse un programa constante de publicidad y promoción de ventas.

Por otra parte, más de la mitad del valor de un edificio corresponde al terreno, cimientos e instalaciones. La casa prefabricada baja de costo por el proceso de producción en serie, pero por lo anotado anteriormente llega solamente a ser más barata en un porcentaje determinado. En casos excepcionales y por el empleo de maquinaria muy especializada puede llegar a 20%, siempre que se considere el aprovechamiento integral del material, incluso los restos en otros fines. Se economiza también en la rapidez de erección de las viviendas.

La vivienda prefabricada incorpora nuevas técnicas y conceptos. Revestimientos oblicuos para evitar las diagonales interiores, por ejemplo. Por otra parte, cuántos problemas se eliminarían de generalizarse la instalación eléctrica y de agua potable a la vista, en plástico y cobre, además de la incorporación de los paneles sanitarios.

La industrialización de la edificación presenta dos tendencias principales:

a) Industrias permanentes con sistemas de transporte bien organizados.

b) Industrias móviles.

El modo de vida y el adelanto arquitectónico tanto en planificación como técnico, se influyen recíprocamente.

La casa solariega, testimonio del linaje de una familia, ha perdido su actualidad. Cada vez actúa con más fuerza el cambio que ha través del tiempo, va sufriendo cada grupo familiar. Aumento y luego disminución de sus componentes, todo ello acompañado incluso con cambios en los hábitos de las personas con el aumento de su edad, y en algunos casos, con el aumento de necesidades.

Ello indica que cada familia necesita una habitación diferente para cada época de su existencia. La duración media de una habitación no necesita ser la misma que se le exigía en el pasado. Se la puede disminuir, como vimos antes.

Este concepto tiene una influencia decisiva para los sistemas actuales de edificación.

Los cambios en la estructura social obligan a que incluso los edificios públicos puedan cambiar su fisonomía cada cierto tiempo.

La arquitectura se ha hecho dinámica. La habitación moderna ha llegado a ser una protección adaptada a las condiciones climáticas, a la luz, al sol, al grado de humedad del aire, etc. Existe la tendencia a dar ritmo y belleza a la vida cotidiana, a introducir niveles generales para todos, de donde se llega a la validez de la normalización y de la racionalización.

Un gran número de recursos mecánicos ha hecho posible hacer cambiante el exterior de los edificios contribuyendo a su dinamismo. La evolución en el terreno de los materiales de construcción realizada por la industria, nos ha introducido en un mundo de extrañas experiencias y sensaciones artísticas.

La edificación tradicional ha ido perdiendo su eficacia debido a tres factores fundamentales:

- a) Mecanización rudimentaria.
- b) Descuido y poca preparación técnica del personal encargado de la construcción.
- c) Mala calidad de los materiales.

Otros principios se incorporan al problema para facilitar la manufactura o fabricación en gran escala:

- a) Simplificación de los sistemas.
- b) Normalización o standarización.
- c) Modulación.

Se considera como "norma" la misma solución adoptada para un problema que se repite, por lo cual una cierta norma tendrá tanto mayor aplicación cuanto mayor sea el número de veces que se vuelva a presentar el mismo problema cuya solución ella indica.

Se considera como "módulo", la unidad base o referencia para las dimensiones de las partes, elementos y materiales de construcción de un edificio.

La prefabricación presenta diversos grados:

**ALTO** en fábrica: Prefabricación de todas las secciones de una vivienda, armada en fábrica y transportada al sitio de emplazamiento.

En obra: Montaje con la ayuda de grúas.

**MEDIANO** en fábrica: Prefabricación y armado de secciones celulares de una vivienda, con todo el equipamiento necesario.

En obra: Montaje con ayuda de equipo de grúas colocando las unidades seccionales sobre fundaciones previamente construidas.

**BAJO** en fábrica: Prefabricación de elementos aislados de muro, techo, pisos y cielos. Se incluye todas las terminaciones y obras complementarias.

En obra: Montaje con o sin equipo especial sobre fundaciones convencionales previamente construidas.

Incluso en la prefabricación parcial hay diversos grados. El grado menor de todo el proceso es el "pre-cortado".

La madera, por su gran resistencia mecánica en relación a su bajo peso específico, se presta admirablemente para secciones prefabricadas de todos los tamaños. Sus ventajosas condi-

ciones de aislante térmico-acústico y su facilidad para ser trabajada la hacen un excelente material para prefabricación.

La prefabricación se encara bajo diversos sistemas:

#### A. Sistemas de pre-corte.

a) Blocaos: pre-corte considerando la fusión de la estructura resistente con sus respectivos revestimientos.

b) Finlandés: producción de una gran parte de pequeños elementos de construcción, los que luego se juntan como un todo.

c) Norteamericano (tilt-up): construcción en obra, sobre el radier, de secciones de la estructura de la vivienda, que se colocan en su posición por abatimiento sobre su arista inferior.

#### B. Sistemas de Paneles.

Según sus componentes:

a) Panel muro: sección prefabricada de paño total o parcial de un muro con altura completa de piso a cielo.

b) Panel celular: (sandwich) bastidor perimetral, recubierto con diferentes materiales.

c) Panel integral: estructura homogénea formada por el material predominante.

Según su función:

a) Panel muro-estructural: muros autosoportantes que resisten sobrecargas.

b) Panel muro-mixto: partes seccionales parciales o totales de muros que resisten sobrecargas y contribuyen a la rigidez de la construcción mediante elementos adicionales de estructura.

c) Paneles de relleno: secciones totales o parciales de muros pero sin acción estructural.

#### C. Sistema de Prefabricación total.

Se usa en la prefabricación de viviendas pequeñas y livianas, en diferentes secciones.

El ideal en la prefabricación consiste en la construcción de paneles adaptables a distintas solicitaciones simultáneamente. (fig. 34).

Prácticamente en los trabajos industriales se utiliza moldes especiales (fig. 35), o bien, mesas para el armado de paneles (fig. 36). Las cerchas generalmente se arman según un trazado en el suelo o sobre mesas especiales.

#### *Estructuras*

La estructuración en madera se remonta a la antigüedad. En efecto, la estructuración propiamente dicha, triangulada, al menos en cierto grado, es una invención de los ingenieros romanos quienes en sus basílicas civiles llegaron a cubrir luces superiores a 25 m. Estas luces fueron sobrepasadas únicamente en el siglo XX.

Luego del advenimiento del maquinismo se llegó a una nueva edad de la estructuración en madera.

Fue en esa época que empezó a producirse aceros corrientes en gran escala por medio de los convertidores Bessemer y Thomas. Ello permitió la estructuración metálica en perfiles que la nueva ciencia de la resistencia de materiales promovida por Navier y Cremona, permitía calcular exactamente.

La técnica metálica se perfeccionó y bajó su costo. Al final del siglo pasado llegó a reemplazar a la madera en las obras corrientes.

Como consecuencia, la estructuración en madera comenzó a copiar la técnica metálica, sin adaptarla suficientemente.

El panorama actual nos la muestra utilizada en estructuración de las obras medianas y pequeñas y como accesorios en la edificación como puertas, ventanas, pisos, etc.

Sin embargo, dejando atrás los tradicionales sistemas de tabiquería, los ensambles de caja y espiga y aún, el sistema americano, estamos en condiciones de asegurar que la técnica actual le ha abierto un amplio campo de aplicación.

#### *Pavimentos*

Las maderas duras han tenido gran aplicación en los pisos. En efecto, se emplean desde antiguo como entablado sobre vigas. En época más reciente se generalizó el uso del

parquet y en estos últimos tiempos se ha ensayado con éxito las maderas prensadas duras, afianzadas con adhesivos de contacto.

Su resistencia al roce y a los impactos, además de su brillo la han hecho un material de amplias posibilidades.

### *Cubiertas*

Desde tiempos pasados es conocida la tejuela de alerce como solución de cubierta. Su resultado no es satisfactorio.

En los últimos tiempos se ha experimentado también, con éxito, con tejuelas de maderas prensadas, impregnadas y con uso de adhesivos estructurales. Una variación sobre este sistema ha sido el uso de planchas enteras, lisas o curvadas según la teoría de las estructuras dobladas. Se consigue interesantes efectos plásticos con este sistema.

### *Presentación final*

La madera presenta, como ente orgánico, una variedad inmensa de colores y vetas naturales.

Encontramos desde el rojo del alerce con sus vetas largas y continuas hasta otros colores más suaves como el del raulí y del ulmo. El lingue se destaca nítidamente por la riqueza de su veteado. Poco utilizado decorativamente aunque tiene en sí una gran belleza, es el coigüe. Madera abundante.

El canelo presenta una veta segmentada de interesante aprovechamiento plástico. Entre las maderas de color claro está el mañío, utilizado ampliamente por su fina presentación y lo aparente de sus vetas naturales.

Tonos verdosos presenta casi siempre el laurel, aunque su veteado no es muy destacado. Y la tepa, de color uniforme, plano, casi blanco. Suficientemente seca y protegida no presenta problemas de olor.

Por último, el pino, de interesante textura formal por sus nudos. Su gran abundancia permite que sea utilizado con amplitud. Y el álamo; blando de color blanquecino y gran

resistencia a la humedad. Excelente material.

Y no son éstas todas las maderas disponibles para la creación arquitectónica. Las hay en gran número. Con que, de ser necesario, podemos encarar el revestimiento de un tabique (desde el punto de vista decorativo), con maderas de distintos colores y texturas. Colocadas aún, en distintas direcciones, con el fin de lograr determinados efectos plásticos.

Logramos así, planos decorativos de inmensa riqueza.

Desde otro punto de vista, la industria nos proporciona una variedad infinita de perfiles. Podemos crear una textura para cada caso en particular.

Al pensar en las protecciones últimas, pinturas y barnices, conviene tomar en cuenta varios conceptos. Se trata de asegurar la protección de la madera contra todos los agentes externos como los atmosféricos u otras causas accidentales de disgregación química o física. Se trata también de asegurar un efecto plástico de duración razonable.

El buen resultado de la pintura o del barniz, depende en primer término de los trabajos preparatorios:

—Limpieza cuidadosa de las superficies.

Eliminación de nudos mal adheridos y su reemplazo por tapones de madera.

—Pulido de las caras.

Cuando se trata de pintura a la intemperie es altamente recomendable una primera mano de pintura a base de polvo de aluminio con el fin de ayudar a la impermeabilidad del sistema.

Tradicionalmente se continúa con dos manos de pintura al aceite.

Más recientemente han aparecido pinturas que tienen como base copolímeros vinílicos (cloro acetato de polivinilo) y otros en base a resinas formofenólicas.

El sistema tradicional de aplicación de la pintura a brocha ha evolucionado hacia la pintura a pistola con aire comprimido.

que se requieren para hacer rígidos los envigados son poco económicas.

Lo habitual es aprovechar las pendientes que los materiales de cubierta necesitan para armar sistemas reticulados planos notablemente más rígidos que las vigas simples.

Según Sven Hesselgren, una techumbre de gran pendiente constituye un elemento dominante por excelencia en Arquitectura y confiere al conjunto la sensación de protección. El techo horizontal sin alero desguarnea a la casa; la hace sensorialmente inhóspita y desamparada.

Agregamos que el plano dominante no sólo lo es en un sentido plástico absoluto, sino también en el color, sobrepuesto por la violencia de su dimensión a la expresión fragmentaria de las fachadas, de ordinario perforadas por ventanas y puertas.

El complejo de techumbre traspasa el umbral de lo puramente funcional y se funde con la expresión entera de la obra arquitectónica. De aquí el interés que representa para nosotros encontrar una expresión adecuada del techo en la obra prefabricada de madera.

Los arquitectos con experiencia han aprendido a simplificar el diseño de techumbres, cualquiera que sea el material de cubierta elegido. Si bien es cierto que los juegos de luz y sombra obtenidos con la multiplicidad de planos que originan una techumbre quebrada contribuyen al embellecimiento de la obra arquitectónica, la tendencia contemporánea es evitarlos. La resolución de tales techumbres es tarea típicamente artesanal y en épocas pasadas era ejecutada por maestros entrenados, orgullosos de su oficio y de la perfección de su obra.

El desarrollo del hormigón armado, la aparición del ferrocemento y el postensado de las láminas con generatrices rectas, han permitido el control casi completo de las fisuras en las cubiertas de cemento, asegurando su impermeabilidad. Por este camino se ha retornado a las techumbres con movimiento y plástica, expresiones no sólo sensoriales, sino también representativas de una irrenunciable verdad estructural, cual es el descu-

brimiento de los principios mecánicos que han permitido el cálculo y dimensionamiento de las membranas rectas, plegadas y de doble curvatura.

La madera, revitalizada por la ciencia, irrumpe también como un material idóneo en la ejecución de membranas. En este mismo número de TECNICA Y CREACION damos cuenta de varios ejemplos de techumbre laminares de madera realizados con pleno éxito, para luces grandes y medianas.

El material utilizado es madera natural (tablas delgadas) o láminas de madera terciada, unida con adhesivos resistentes a la intemperie que, dispuestas racionalmente, constituyendo formas plegadas, bóvedas tabicadas o superficies de doble curvatura, reúnen en un solo elemento la estructura soportante y la cubierta. Es evidente que la proliferación de formas y las necesidades de la planta generan ondas y senos y éstos serán de tan difícil resolución como las "limahoyas" de las techumbres convencionales, en lo que respecta a la impermeabilidad, con el agravante de que el comportamiento de las pinturas protectoras, mastics y empaquetaduras de sello, no tiene el respaldo de una larga experimentación.

## B) Peso de los elementos.

La casa de madera no admite —como es obvio— techumbres pesadas, esto es del tipo tejas o formas prefabricadas de hormigón.

La razón estriba en el desplazamiento del centro de gravedad que haría muy vulnerable la estructura contra la acción sísmica.

En la elección de materiales se tendrá en cuenta esta condición y aún cuando no resulta prudente en este estudio fijar una cifra estricta, estimamos que los elementos prefabricados de techumbre para casas de madera, incluyendo estructura, cielo, aislación y cubierta no deben sobrepasar los 25 kg. por m<sup>2</sup>. En el caso que las soluciones elegidas sean del tipo laminar, los pesos serán notablemente menores.



Obra del Arqto. Francisco Aedo C.

### C) Dimensiones.

Las dimensiones de los elementos de techumbre dependerán de la planta, de la condición auto-soportante del diseño, de la forma y medios de transporte; de la fragilidad de los materiales de cielo y cubierta. Se puede decir en general que interesan elementos de grandes dimensiones, con pocas juntas, que deban resolverse en obra y que su límite teórico podría ser la dimensión de la planta misma.

Los edificios de madera destinados a vivienda, resueltos planimétricamente como los patrones estudiados por CORVI, originan plantas con muros de perímetro (soportantes) separados entre 6,50 m. a 8,00 m. en los que deben apoyarse los elementos de techumbre. De esta manera, la distribución interior de recintos es libre. Si existen muros interiores, y éstos están dispuestos como apoyos, los elementos prefabricados podrían limitarse a la luz que aquéllos deter-

minan. En todo caso la longitud máxima de los elementos en estudio puede quedar comprendida entre 6 y 10 metros.

El uso de materiales con dimensiones comerciales predeterminadas (standarización o normalización) planteará otros problemas dimensionales en el largo y ancho del elemento proyectado.

Si la planta del edificio es modulada, será indispensable ajustarse al módulo y esto agrega nuevos determinantes al dimensionamiento.

### D) Solicitaciones mecánicas.

Las techumbres prefabricadas deben cumplir con lo dispuesto en la Ordenanza General de Construcciones respecto a sobrecargas (cargas útiles) que, en resumen, es lo siguiente: "Los techos horizontales o de inclinación menor que 1 : 2 se calcularán con una sobrecarga mínima de 100 Kg./m<sup>2</sup>.,

además de la que corresponde a la acción del viento o de la nieve" (etc., etc.).

A nuestro juicio, esta sobrecarga es excesiva y de cumplirse representaría que sobre una vivienda de 70 m<sup>2</sup>. que desarrolla unos 82 m<sup>2</sup>. de techumbre (habida cuenta de los aleros), gravitarían ficticiamente 8,2 toneladas, equivalente grosso-modo al peso total de muros, tabiques y techumbre.

En realidad, los municipios nacionales no exigen la totalidad de ese valor, coincidiendo seguramente con nuestro punto de vista. Es preciso, entonces, compararlo con la experiencia de otros países.

Debe considerarse la presión del viento y el peso de la nieve, con arreglo a lo dicho en la O. G. de C.

El peso propio se medirá experimentalmente sobre elementos redes del diseño.

#### E) Solicitaciones climáticas.

En la elección de materiales, diseño del elemento, técnicas de colocación y mantenimiento, se tendrán en cuenta las condiciones climáticas de la zona en que se construye.

Las sollicitaciones originadas por agentes meteorológicos: son

- Temperatura máxima.
- Temperatura mínima.
- Duración de los ciclos frío-calor.
- Velocidad y persistencia del viento.
- Agua caída anual.
- Aguaceros máximos (intensidad y duración).
- Salinidad del aire.
- Radiación solar.

Las altas temperaturas ( $\geq 28^{\circ}$ ) afectan a los materiales bituminosos y termo-plásticos. En los primeros puede haber escurrimiento, desprendimiento de láminas protectoras, reblandecimiento, que afecta también a los materiales termo-plásticos.

Las bajas temperaturas ( $\leq 0^{\circ}$ ) endurecen a los materiales bituminosos y termo-plásticos, los torna quebradizos. La formación de hielo ( $-4^{\circ}$ ) es riesgosa para la integridad de todos los materiales absorbentes. La repetición del ciclo frío-calor que contrae y dilata alternativamente a cualquier material expuesto, es causa del movimiento (desplazamiento) de la cubierta, la que ejerce acciones contra los elementos de sujeción.

Son particularmente sensibles a los efectos de alternancia térmica las chapas de cobre, aluminio y hierro galvanizado, cuando por su disposición constructiva constituyen sistemas continuos (juntas soldadas o remachadas). Las láminas se corrugan al no poder dilatarse libremente; las soldaduras de estaño se quiebran; las perforaciones de remaches o tornillos se agrandan perdiendo su ajuste. Estos problemas se agravan al disponer las chapas de cubierta sobre superficie de madera, cuyo coeficiente de dilatación en sentido axial es notablemente menor.

Las planchas de dimensiones reducidas, sean éstas de hierro galvanizado, aluminio, asbesto-cemento o cobre, simplemente traslapados y con ligeros elementos de unión son prácticamente inmunes a los efectos mecánicos de la dilatación térmica. De aquí gran parte de su popularidad. Igual cosa puede decirse de las cubiertas fragmentarias (tejas y tejas).

#### COEFICIENTES DE DILATACION

Madera (sentido axial)	0,054 . 10 <sup>-4</sup>
Asbesto cemento	0,10 x 10 <sup>-4</sup>
Poliéster armado	0,18 x 10 <sup>-4</sup>
Madera prensada (densa)	0,062 x 10 <sup>-4</sup>
Madera prensada aislante	0,021 x 10 <sup>-4</sup>
Vidrio en láminas	0,083 . 10 <sup>-4</sup>
Acero en planchas	0,1095 . 10 <sup>-4</sup>
Aluminio	0,234 . 10 <sup>-4</sup>
Cobre	0,1678 . 10 <sup>-4</sup>



foto E. Pérez)

Techos de Tejas. Perugia. Italia.

La velocidad y presión ejercida por el viento sobre las cubiertas constituyen una sollicitación compleja. Por una parte debe considerarse la presión como una carga directa (ver Ordenanza General de la Construcción) y la succión consiguiente en el lado contrario a la dirección del viento. La subpresión es riesgosa para los hangares, patios cubiertos y otros locales abiertos. Las techumbres deben anclarse sólidamente a la estructura a fin de evitar que el viento las desplace, especialmente los elementos livianos de gran superficie.

El viento arrastra polvo, arena, partículas sólidas y humedad en las zonas costeras. Es causa de erosión permanente en superficies muy inclinadas. Las protecciones de gravilla de cuarzo o conchuela blanca con que se rematan algunas cubiertas bituminosas, desaparecen arrastradas por el viento, en corto plazo.

El agua que escurre por cubiertas de poca inclinación es detenida por

la acción del viento y empujada en dirección contraria al escurrimiento, lo que ocasiona filtraciones en las juntas de traslapeo simple. Los fabricantes de planchas de techumbres prescriben distintos valores de cruzamiento de los traslapesos en función de las zonas climáticas.

La cantidad de agua caída anualmente (medianas) califica a un sector como lluvioso, intermedio o seco y es un buen índice en la elección de un sistema de cubierta. Pero la intensidad, frecuencia y duración de los aguaceros máximos somete a las techumbres a sollicitaciones inesperadas. La observación de las estadísticas regionales será indispensable al diseñar nuevas formas de techumbre y cubierta.

La salinidad del aire, en las zonas costeras no tiene influencia visible sobre la madera natural aglomerada ni sobre el asbesto-cemento.

Es causa de oxidación y corrosión rápida en el acero, sea éste galvani-

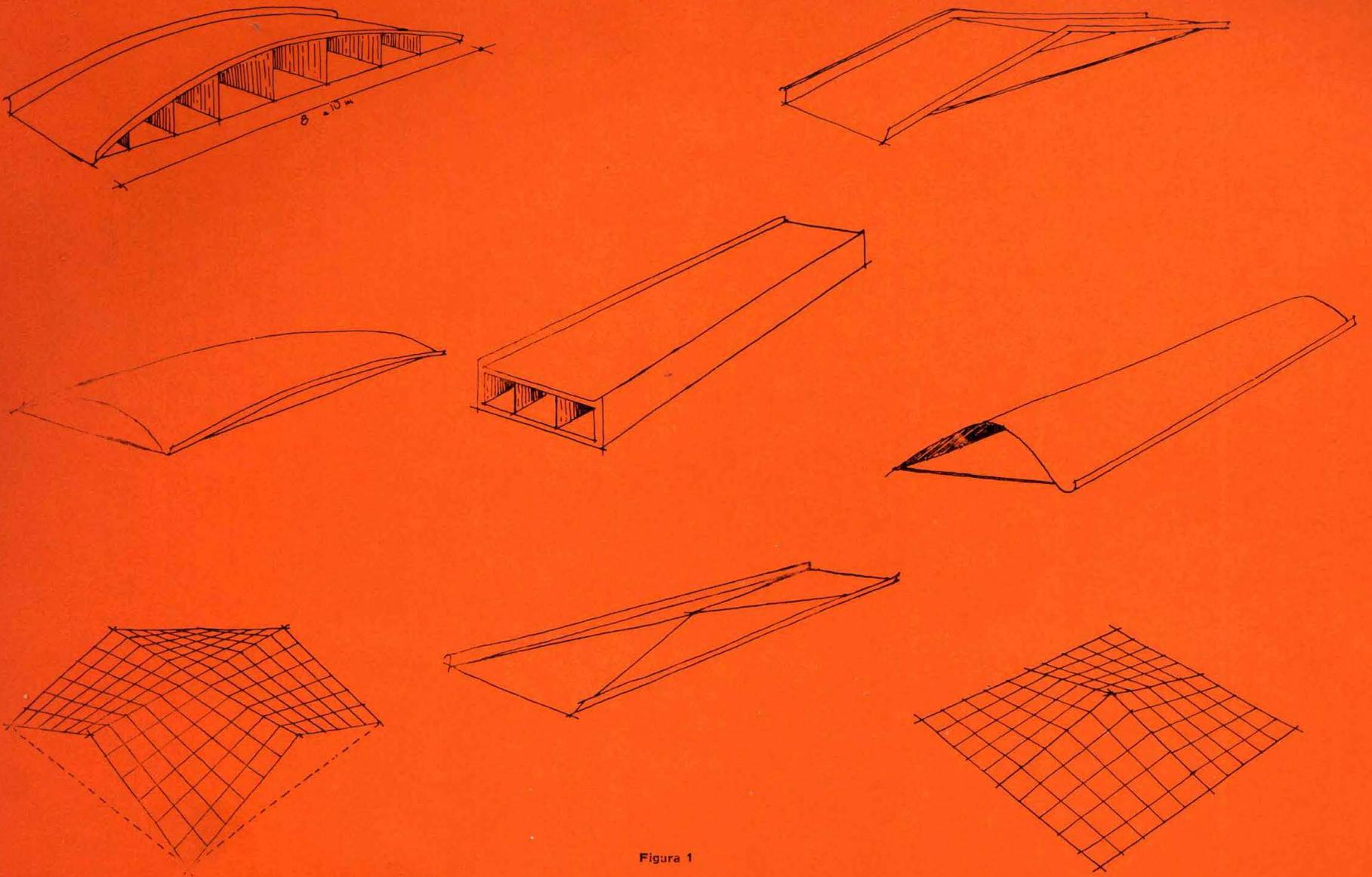
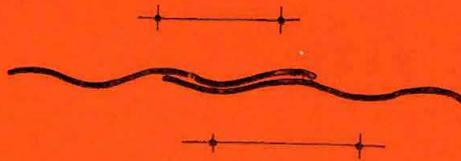


Figura 1



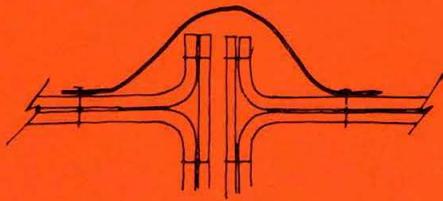
CANOA ESTRUCTURAL DE ASBESTO - CEMENTO



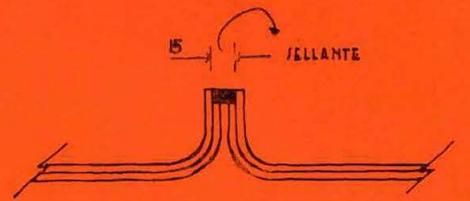
CHADA ONDULADA 1/2 ONDA



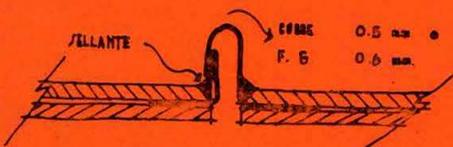
BOVEDA O LAMINA BUBADA  
 ASBESTO - CEMENTO, POLIESTER,  
 MADEIRA RECHUMADA, MOLDEADA



FORMA/ TUBULARES/



5  
 /SELLANTE



/SELLANTE  
 CERRA 0.5 mm  
 F. 6 0.6 mm

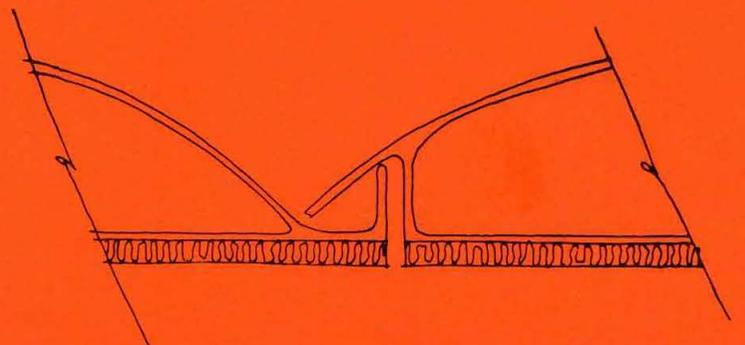


Figura 2

zado o no. Ataca y destruye a la mayor parte de las pinturas expuestas directamente a su acción.

El cobre y el bronce resisten bien la acción del aire salino, pero al permanecer mojados en un medio favorable, existe el riesgo de corrosión por electrólisis. (Circuitos a tierra; corrientes parásitas; aislación deficiente del sistema eléctrico de la vivienda).

La corta experiencia del uso de láminas, recubrimientos o pinturas a base de resinas sintéticas, parece indicar un excelente comportamiento a la acción de la intemperie, incluso a la acción del agua de mar.

La eficacia de las protecciones bituminosas en cubiertas (fieltros y asfalto) es relativa. Si bien es cierto que no son directamente atacados por la salinidad del aire en las zonas costeras, la alta radiación solar y los cambios de temperatura, alteran su consistencia. El asfalto parece oxidarse superficialmente, se torna quebradizo y se pulveriza a lo largo del tiempo.

Las telas de algodón y el papel tienen poca duración expuestos al aire salino, particularmente si se mojan con agua de mar (absorción y evaporación alternados).

## F) Diseño.

Prescindiendo del hormigón, los materiales que pueden utilizarse en la ejecución de elementos de techumbre, prefabricados y autosoportantes son madera natural y resinas; madera terciada; madera prensada; asbesto cemento; poliésteres reforzados. Omitimos, por el momento, especificar si se requiere o no de una protección adicional.

No hemos mencionado el acero por considerar que si bien es cierto que pueden construirse con él estructuras muy eficaces y livianas, será imperativo complementar los diseños con una cubierta y una aislación en procesos constructivos separados.

Para la condición impuesta en C) sobre la forma de la planta y apoyos en muros opuestos, la luz puede cubrirse con:

a) Elementos de bóveda modulares, en una sola curvatura positiva, atirantadas en el plano del cielo.

b) Elementos modulares planos, a dos aguas, atirantados en el plano del cielo.

c) Elementos tubulares cerrados (con ligera pendiente).

d) Láminas de doble curvatura. (Ejemplo, paraboloides hiperbólicos que generan la techumbre por agregación). (Ver Figura 1).

Entre los materiales mencionados, es interesante destacar que sólo el asbesto-cemento ha dado origen a una línea de productos industriales para la construcción que responde a un diseño; aún más, la investigación aplicada a este material, las publicaciones e intercambio de experiencias y el interés demostrado por la Industria para abrir mayores mercados a sus productos, ha colocado al asbesto-cemento entre los materiales más versátiles destinados a la edificación.

La elección de madera natural (tablas delgadas), madera prensada y madera terciada, ventajosas en el trabajo mecánico y por su mayor flexibilidad, representará durante algún tiempo la necesidad de encontrar un producto capaz de impermeabilizar las superficies y protegerlas definitivamente.

Las exigencias son en extremo rigurosas, como ya se dijo. El camino está señalado por la industria de los plásticos y tales productos serán láminas delgadas y flexibles, pinturas a base de resinas, masillas elásticas e inalterables a los cambios climáticos o materiales que permitan impregnar la madera o los aglomerados en el proceso de fabricación.

Algunos materiales con estas condiciones ya existen, pero su alto costo impide usarlos directamente en la producción masiva de elementos de techumbre. Nos limitamos a especificarlos en trabajos locales o cuando por razones técnicas muy severas nos sentimos autorizados a prescindir del costo. Sin embargo, el éxito de la mayoría de los diseños industriales ha tenido que fundarse en un largo y cos-

toso período de investigación y experimentación cuyos desembolsos y desvelos de sus promotores se ve largamente recompensado, a veces, en plazos muy cortos.

La colaboración entre Arquitectos, Industriales e Institutos de Investigación Tecnológica es aquí indispensable. Numerosas ideas nacidas en el diario ejercicio del diseño de los Arquitectos, son archivadas por no existir de su parte conocimientos técnicos suficientes para darles la categoría de constructibles. A su vez, los Industriales trabajan en Chile rutinariamente, sobre los escasos modelos consagrados por el éxito de la demanda, olvidando destinar una parte, por pequeña que sea, a financiar su propia investigación.

En una etapa más avanzada se encontrarían los productos denominados genéricamente "poliésteres", que, en estado semilíquidos y a temperatura ambiente pueden extenderse en capas sobre un molde patrón. Una o varias capas de tejido de fibras de vidrio intercaladas entre las de poliéster, proporcionan la debida resistencia a tracción. La simplicidad del procedimiento ha permitido ejecutar algunos elementos laminares plegados, con éxito. Un material similar es empleado comercialmente para fabricar planchas onduladas translúcidas para cubiertas que, desde hace unos 7 años se encuentran con diversos nombres.

Aunque este plazo no sería suficiente para afirmar un juicio categórico sobre las bondades de las cubiertas de poliésteres, es evidente que pueden adelantarse los siguientes juicios:

—Los poliésteres reforzados con fibra de vidrio poseen resistencia mecánica para elementos de cubierta auto-soportantes.

—El material no altera su módulo de elasticidad con temperaturas de 100° centígrados.

—Resulta inalterable a la acción del agua y las superficies cubiertas con él, son impermeables.

—Admite, en estado plástico, antes del endurecimiento, adaptarse a cualquier molde por complejo que sea.

—Posee buenas condiciones de adherencia con los metales, lo que permite incluir durante el proceso de moldeo, elementos de fijación.

—El proceso de fabricación por agregado de capas y los refuerzos consiguientes permite graduar su espesor y adaptarlo a las condiciones mecánicas requeridas en los puntos de concentración de tensiones.

—Pueden obtenerse gamas variadas de colores en los tipos translúcidos y opacos.

—Es fácilmente perforable con taladro; puede cortarse con cierras de diente fino.

Cualquiera de las formas que se presentan en la figura 1 son constructibles con los materiales de que se ha hablado. Los tipos 1, 2 y 3 ejercen empujes que puedan contrarrestarse con la colaboración del plano del cielo raso o con tensores ocultos. La forma 3 deberá ser reforzada en los bordes.

Si se decide utilizar cielos rasos formados de planchas aislantes (de baja resistencia mecánica), los elementos deberán ser tabicados transversalmente a fin de proveer suspensiones para resistir el cielo.

Los diseñadores deberán prestar particular atención a las juntas entre módulos, recordando lo que se dijo sobre dilatación térmica, aguaceros máximos y acción del viento. En la figura 2 se proponen algunos tipos de realización sencilla.

En a) se trata de un módulo-bóveda o láminas plegadas a dos aguas cuya sección transversal presenta los bordes izquierdo y derecho doblados hacia arriba; recomendable para pendientes iguales o superiores a 15%. En b) el mismo diseño simplificado en su ejecución, aplicable a bóvedas y a formas tubulares. El recubrimiento sobrepuesto debe ser flexible y eficazmente adherido a la superficie de la lámina. Pendientes de 5 a 10%.

El tipo c) se ha diseñado con un canal de 15 mm. de ancho para ser

rellenada con masilla "seald-flex", caucho polisulfuro o cinta del tipo "compriband". Sólo es aplicable en regiones de temperaturas constantes, sin mucha gradiente térmica y para materiales base de bajo coeficiente de dilatación. Eventualmente puede defenderse con un recubrimiento flexible.

El tipo d) simplifica la fabricación del módulo, sea éste de la forma bóveda o tubular, al suprimir el dobléz estructural de los bordes. La hoja metálica (cobre o F. G.) debe intro-

ducirse entre las capas de la lámina durante la fabricación, usando un adhesivo que tenga afinidad con los metales y cierta capacidad de relleno.

El tipo e) corresponde a una forma tubular muy industrializada, con cielo de placas aislantes del tipo poliuretano o madera prensada de baja densidad.

NOTA: Con este artículo se completa la serie de cuatro publicaciones sobre el tema "La Madera en la Prefabricación" del Prof. Francisco Aedo C.