



UNIVERSIDAD VILLA RICA

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ALTERNATIVAS DE TECHUMBRES PARA CLAROS
LARGOS (ALBERCA UNIVERSITARIA)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

LUCIANO ALONSO CANO

DIRECTOR DE TESIS

ING. GILBERTO NICOLAS GARCIA TORRES

REVISOR DE TESIS

ING. JOSE VLADIMIRO SALAZAR SIQUEIROS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos.

Por haberme enseñado el sentido de la vida y encontrar en ustedes un amigo sin condición. Gracias por haberme apoyado en mi formación para hombre de bien. Sus consejos y enseñanzas quedarán plasmados en mi camino, hoy y siempre quedare eternamente agradecido.

A mi novia y amigos.

Gracias por cruzarse en mi camino por que encontré en ustedes el complemento de mis triunfos y culminación de mi formación profesional y personal, siempre tendrán en mi un amigo con quien contar.

INDICE

	Página.
INTRODUCCIÓN	3
METODOLOGIA	7
Capítulo II Elementos que conforman el sistema estructural	11
2.1 Sistema estructural	11
2.1.1 Largueros	11
2.1.2 Vigas portantes	13
2.1.3 Columnas	13
2.1.4 Columnas de fachada y muro piñon	14
2.1.5 Anclajes	14
2.1.6 Arriostramiento	15
2.1.7 Cubierta	15

2.1.8	Lucernario	15
2.1.9	Canalones	16
2.1.10	Aislamiento térmico	17
2.1.11	Falso Techo	17
	Capítulo III Cubiertas autoportantes	19
3.1	Cubiertas planas y cubiertas curvas	19
3.1.1	Cubiertas planas	20
3.1.2	Cubiertas curvas o inclinadas	23
3.2	Características principales	27
3.3	Notas técnicas y recomendaciones en las cubiertas autoportantes.	32
	Capítulo IV Cubiertas Tipo Sándwich (multipanel).	40
4.1	Panel Sándwich "IN SITU"	42
4.1.1	Ventajas	43
4.1.2	Puesta en Obra	45
4.2	Panel Sándwich "PREFABRICADO"	47
	Capítulo V Cubiertas espaciales	51
5.1	Descripción.	51

5.1.1	Ventajas	53
5.1.2	Proceso de fabricación y montaje	53
5.1.3	Grados de acabado	54
5.1.4	Uniones ó nudos.	55
5.2	Estructura Espacial	57
5.2.1	Montaje	58
5.2.2	Colocación de láminas	59
5.3	Elementos estructurales de una cubierta espacial	61
Capítulo VI Cubierta simple		68
6.1	Definición y características.	68
6.2	Colocación de las hojas	70
6.3	Ventajas y desventajas	73
6.4	Tipos de láminas y acabado	75
6.4.1	Galvanizado	76
6.4.2	Prepintado	77
6.5	Montaje y puesta en obra.	78
6.5.1	Distancias entre apoyos.	79
6.5.2	Largueros.	80
6.5.3	Traslapes y pendientes.	80
6.5.4	Drenajes	81

6.5.5	Aislamientos.	81
Capítulo VII Cubiertas Tipo Deck		83
7.1	Prestaciones estéticas.	84
7.2	Seguridad.	84
7.3	Sobrecargas a considerar.	85
7.4	El aislamiento	87
7.4.1	Lana de roca	88
7.4.2	Perlita expandida	89
7.5	Impermeabilización y /o protección pesada	90
Capítulo VIII Cubiertas Telescópicas		94
8.1	Las características que deben cumplir estas cubiertas.	95
Capítulo IX Ejemplificación de información técnica y proceso constructivo de un arcotecho.		98
9.1	Antecedentes del arco	98
9.2	Tipos de arcos	99
9.2.1	Arcos de un solo centro	99
9.2.2	Arcos de dos centros	100
9.2.3	Arcos de tres centros	100

9.3	Techo sin estructura.	101
9.4	cubiertas	102
9.4.1	Tipo membrana	102
9.4.2	Tipo semicircular	103
9.5	Características y ventajas	104
9.5.1	Economía	104
9.5.2	Rapidez	105
9.5.3	Ligereza & resistencia	106
9.5.4	Sencillez y belleza	107
9.5.5	Versatilidad	107
9.5.6	Especificaciones	108
9.5.7	Aplicaciones	109
9.6	Fijación de arco en estructura de concreto	109
9.7	Canalón de acero	113
9.8	Fijación de muros frontales	114
9.9	Detalle de bajante pluvial	115
9.10	Fijación de acrílico y extractor atmosférico	116
9.11	Detalle de cimentación	117
9.12	Distribución de las cargas de la lamina en los apoyos	117
9.13	Localización del edificio	119
9.14	Estudio de viento	120
9.14.1	Regionalización eólica de la república mexicana	120

9.14.2	Zonas eólicas	120
9.15	Tablas descriptivas para el cálculo del arcotecho	122
9.16	Diseño	128
9.16.1	Que es necesario para diseñar una cubierta.	128
9.16.2	Datos que deberá tomar en cuenta.	129
9.17	Elementos generales que conforman la estructuración de un arcotecho de un claro de 30m. para una alberca universitaria.	130
9.17.1	Arcotecho.	130
9.17.2	Elementos estructurales que conformarían el apoyo del arcotecho (ver ANEXO 21, 26, 27, 28).	133
	CONCLUSIONES	134
	BIBLIOGRAFÍA	136
	ENLACES ELECTRÓNICOS	138
	GLOSARIO	139
	ANEXOS	142

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1. R-90.	22
TABLA 2. T-166 Características Técnicas y Mecánicas.	26
TABLA 3. Nudos.	61
TABLA 4. Dimensiones de tubos.	62
TABLA 5. Conectores para traslape largueros "Z"	64
TABLA 6. Conectores para traslape largueros "C y M" ver Fig.43.	65
TABLA 7. Velocidades regionales.	122
TABLA 8. Calibres kilos x metro lineal.	122
TABLA 9. Pesos teóricos x m2.	123
TABLA 10. Reacciones de edificio wonder (tipo membrana).	123
TABLA 11. Reacciones de edificio econotecho (tipo membrana).	124
TABLA 12. Cubierta membrana.	125
TABLA 13. Cubierta semicircular.	126
TABLA 14. Cubierta membrana super-span.	127

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Ejemplo típico de un sistema estructural.	12
FIGURA 2. Un sistema estructural de largueros.	12
FIGURA 3. Una cubierta recta de una pasarela.	20
FIGURA 4. Una cubierta recta.	21
FIGURA 5. Ejemplo de una cubierta plana de una nave industrial.	22
FIGURA 6. Perfil ECONOTECHO T-165.	23
FIGURA 7. Imagen de una cubierta curva de un estacionamiento.	23
FIGURA 8. Cubierta curva para una alberca.	24
FIGURA 9. Tirantes interiores para una cubierta curva.	25
FIGURA 10. Ejemplo de una lámina T-166.	25
FIGURA 11. Cubiertas Curvas para hangares.	26
FIGURA 12. Una cubierta autoportante curva.	27
FIGURA 13. Ejemplo de canalones para cubiertas autoportantes.	28
FIGURA 14. Ejemplo de una cubierta autoportante de curvatura abajo.	29
FIGURA 15. Cubiertas autosoportadas para estacionamientos.	30

FIGURA 16.	Imagen del proceso constructivo de un hangar y su estado final.	32
FIGURA 17.	Imagen de cubiertas autoportantes curvas.	32
FIGURA 18.	Imagen muestra el detalle de columnas.	33
FIGURA 19.	Ejemplo de iluminación lateral.	34
FIGURA 20.	Ejemplo de iluminación natural sobre el techo.	34
FIGURA 21.	Cubierta autoportante de un estadio de futbol soccer.	36
FIGURA 22.	Imagen muestra arriostramiento transversal de una nave industrial.	38
FIGURA 23.	Diseño con programa CAD de una cubierta autoportante.	39
FIGURA 24.	Estructura de un panel tipo Sándwich.	41
FIGURA 25.	Tipos de panel Sándwich.	42
FIGURA 26.	Detalle constructivo de un panel sándwich “in situ “.	44
FIGURA 27.	Detalle de puesta en obra de un panel sándwich.	45
FIGURA 28.	Desenrollo de la fibra de vidrio.	46
FIGURA 29.	Detalle de la manta de fibra de vidrio en un panel sándwich.	47
FIGURA 30.	Parque Biológico.	52
FIGURA 31.	Estructura.	54
FIGURA 32.	Ejemplo control.	55
FIGURA 33.	Cubierta: Panel Nervado Perfrisa.	56
FIGURA 34.	Estructura espacial semi esférica.	57

FIGURA 35.	Estructura.	58
FIGURA 36.	Nudos.	60
FIGURA 37.	Tipo de estructura espacial en un aeropuerto.	60
FIGURA 38.	Un nudo.	60
FIGURA 39.	Nudos.	61
FIGURA 40.	Barras.	62
FIGURA 41.	Canal monten.	63
FIGURA 42.		65
FIGURA 43.		66
FIGURA 44.	Conector 1 (R-7639).	66
FIGURA 45.	Conector 2 (R-7640).	67
FIGURA 46.	Conector 3 (R-7641).	67
FIGURA 47.	Lámina ondulada.	69
FIGURA 48.	Tres tipos de láminas.	70
FIGURA 49.	Láminas colocadas.	71
FIGURA 50.	Fijación de láminas.	72
FIGURA 51.	Cubierta simple de una vivienda.	73
FIGURA 52.	Tipos de láminas.	75
FIGURA 53.	Tipos de láminas.	76
FIGURA 54.	Tipos de láminas.	78
FIGURA 55.	Detalle típico de cubierta tipo Deck.	83
FIGURA 56.	Lámina.	87

FIGURA 57.	Lana de Roca.	89
FIGURA 58.	Perlita Expandida.	89
FIGURA 59.	Sistema de impermeabilización.	90
FIGURA 60.	Cubierta con protección pesada con grava no transitable.	91
FIGURA 61.	Cubierta con protección pesada transitable.	92
FIGURA 62.	Cubierta telescópica.	94
FIGURA 63.	Cubierta telescópica de una alberca.	96
FIGURA 64.	Engargoladora.	101
FIGURA 65.	Lamina procesada.	102
FIGURA 66.	Arco tipo membrana.	102
FIGURA 67.	Arco tipo circular.	103
FIGURA 68.		104
FIGURA 69.	Proceso de colocación de las piezas.	105
FIGURA 70.	Engargolado.	106
FIGURA 71.		107
FIGURA 72.	Elevación.	109
FIGURA 73.	Planta.	110
FIGURA 74.	Placa de fijación.	110
FIGURA 75.	Canalón.	111
FIGURA 76.	Colado del canalón.	111
FIGURA 77.	Trabe extremo.	112

FIGURA 78.	Trabe central.	112
FIGURA 79.	Trabe extremo.	113
FIGURA 80.	Trabe central.	113
FIGURA 81.	Fijación de la lámina al soporte de apoyo.	114
FIGURA 82.	Fijación de muros.	114
FIGURA 83.	Bajante pluvial.	115
FIGURA 84.	Solución B.A.P.	116
FIGURA 85.	Acrílico y extractor.	116
FIGURA 86.	Cimentación.	117
FIGURA 87.		117
FIGURA 88.		117
FIGURA 89.	Gráfica de porcentaje de inclinación de la viga soporte.	118
FIGURA 90.	Cargas.	119
FIGURA 91.	Regionalización eólica.	120
FIGURA 92.		124
FIGURA 93.		125
FIGURA 94.		126
FIGURA 95.		127
FIGURA 96.	Claro de 30m.	128
FIGURA 97.		129
FIGURA 98.		129

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	.	Especificación membrana	claro	10 m.
ANEXO 2	.	Especificación membrana	claro	11 m.
ANEXO 3	.	Especificación membrana	claro	12 m.
ANEXO 4	.	Especificación membrana	claro	13 m.
ANEXO 5	.	Especificación membrana	claro	14 m.
ANEXO 6	.	Especificación membrana	claro	15 m.
ANEXO 7	.	Especificación membrana	claro	16 m.
ANEXO 8	.	Especificación membrana	claro	17 m.
ANEXO 9	.	Especificación membrana	claro	18 m.
ANEXO 10	.	Especificación membrana	claro	19 m.
ANEXO 11	.	Especificación membrana	claro	20 m.
ANEXO 12	.	Especificación membrana	claro	21 m.
ANEXO 13	.	Especificación membrana	claro	22 m.
ANEXO 14	.	Especificación membrana	claro	23 m.
ANEXO 15	.	Especificación membrana	claro	24 m.
ANEXO 16	.	Especificación membrana	claro	25 m.
ANEXO 17	.	Especificación membrana	claro	26 m.
ANEXO 18	.	Especificación membrana	claro	27 m.

ANEXO 19 .	Especificación membrana	claro	28 m.
ANEXO 20 .	Especificación membrana	claro	29 m.
ANEXO 21 .	Especificación membrana	claro	30 m.
ANEXO 22 .	Especificación semicircular	claro	12 m.
ANEXO 23 .	Especificación semicircular	claro	16 m.
ANEXO 24 .	Especificación semicircular	claro	18 m.
ANEXO 25 .	Especificación semicircular	claro	20 m.
ANEXO 26 .	Plano de alberca universitaria		
ANEXO 27 .	Plano ejemplificación de la estructura en la alberca.		
ANEXO 28 .	Plano de arcotecho	claro	30 m.
ANEXO 29 .	Abreviaturas		

INTRODUCCION

Una cubierta es un elemento constructivo de cerramiento, situado sobre el interior de un edificio para protegerlo de las inclemencias atmosféricas. Su principal función es evitar la entrada de agua al espacio habitable, pero también desempeña un papel importante en la protección térmica. Ha sido desde los primeros tiempos uno de los principales elementos de la arquitectura, parte fundamental en su función de refugio y fuente de continuos retos constructivos.

La mayoría de los problemas que plantea se derivan de sus propias condiciones. En primer lugar, tiene que aunar la estabilidad y el suficiente aislamiento térmico; pero también debe permitir enormes dilataciones y contracciones, provocadas por su exposición directa a la intemperie, sin merma de sus funciones. Cuando, además, ha de ser transitable asume tantas complicaciones que aún sigue siendo causa de numerosos defectos en la edificación.

A lo largo de la historia, cada cultura ha ideado diversos tipos de cubiertas, asociados a formas, técnicas, materiales, usos o condiciones climáticas

absolutamente dispares. Una de las clasificaciones más evidentes es la geométrica, que las divide en planas e inclinadas, pero, en cambio, plantea un enorme rango de soluciones intermedias. Atendiendo a los materiales se puede distinguir entre cubiertas en las que intervienen superficies impermeables, como las láminas asfálticas o las chapas metálicas, y las que se construyen únicamente con piezas más porosas, como las tejas cerámicas. También hay clasificaciones de orden técnico que se ocupan de las juntas y ensamblajes entre los materiales, la disposición de las vertientes, el tipo de ventilación o el orden de las distintas capas especializadas.

Las cubiertas de las arquitecturas vernáculas empleaban los materiales autóctonos y los disponían de acuerdo a sus exigencias climáticas. En las regiones montañosas las cubiertas deben presentar una fuerte inclinación, construida mediante lajas de pizarra o gneis, para evacuar rápidamente la nieve e impedir la formación de hielo, que produciría filtraciones de agua y sobrecargas en el sistema estructural. En los países donde las inclemencias estaban asociadas al viento frío, sin embargo, se desarrollaron elementos ligeros de gran espesor, fabricados con brezo o ramas entrelazadas para conseguir un aislante natural impermeable. En las zonas cálidas con lluvias escasas, especialmente en la cuenca del Mediterráneo, se encuentran diversos tipos de cubiertas planas, construidas con capas de arcilla impermeable o con suelos cerámicos dispuestos sobre una cámara ventilada. En los climas tropicales, en cambio, es tradicional la

cubierta inclinada, que evacua las lluvias abundantes y compone una especie de sombrilla para protegerse de las radiaciones solares.

En efecto, una de las soluciones más lógicas consiste en proyectar el agua hacia el exterior mediante planos inclinados, conocidos con el nombre de vertientes, faldones o aguas. Para conseguir la estanquidad de los faldones se suele recurrir a piezas ensambladas de diversos materiales, como las tejas árabes, que resuelven la evacuación del agua mediante un ingenioso sistema de esorrentías solapadas. Estos elementos se apoyan sobre estructuras rígidas, muros, tabiques o ligeras armaduras triangulares llamadas cerchas (cuchillos si son de madera), con las que se pueden cubrir grandes luces y permitir los movimientos de dilatación y contracción. Además, el espacio que habilitan bajo la cubierta (el sobrado, desván o buhardilla), permite ventilar la humedad residual y actúa como un cámara aislante, reduciendo los excesos de calor y frío que se producen en la superficie exterior.

Sin embargo, cuando se pretende habitar el espacio inmediato a la cubierta es necesario disponer un sistema completamente impermeable y aislado. Las primeras soluciones históricas empleaban chapas metálicas, especialmente de cobre, plomo o cinc, que conseguían superficies muy impermeables (si se ejecutaban correctamente las juntas) a costa de un pésimo comportamiento térmico, gélido en invierno y tórrido en verano. Por esa razón las buhardillas y mansardas se convirtieron en las viviendas urbanas habituales de la servidumbre

y las clases sociales más desfavorecidas. Gracias a los avances energéticos y a la tecnología de los de los materiales aislantes, en continua evolución, este problema se pudo subsanar y los espacios bajo cubierta se convirtieron en los más atractivos para la vivienda.

METODOLOGIA

Planteamiento del problema

Al hablar del clima de Veracruz es necesario hacer mención de los fenómenos meteorológicos de relevancia que hacen sentir su influencia en el mismo:

- Las altas temperaturas registradas, debido al descuido del hombre haciendo contaminar el medio ambiente en muchas partes del mundo, se habido reflejada las consecuencias así como alterar el ciclo climático y teniendo resultados extremos como es el calor en el puerto de Veracruz.
- Los ciclones, que se presentan principalmente en otoño, aunque los hay también en verano. Su presencia después de la temporada lluviosa, en verano, hace que ésta se prolongue.
- Los frentes fríos o "nortes", como se les conoce comúnmente, que son frecuentes en invierno y algunas veces se prolongan hasta la primavera. Se trata de masas de aire frío, provenientes de las regiones polares, que al ponerse en contacto con las cálidas del Golfo las elevan, formando así nubes que se precipitan de manera tempestuosa.

Debido a estos fenómenos nos vemos afectados en nuestras actividades que realizamos tanto deportivas como recreativas.

En tanto la salud puede haber consecuencias que impidan un buen desempeño tanto educativo como social. Las enfermedades relacionadas con el calor pueden ser:

- **Calambres por el calor.**
- **Agotamiento por el calor.**
- **Insolación.**

Otro punto sería el mantenimiento de la alberca que día con día por especificaciones de salud y de higiene se realiza ya que es de un tipo a nivel profesional para competencias se requiere de una gran labor tanto de mano de obra como el uso de materiales y de sustancias todo reflejado en el aspecto económico.

Justificación

Para una institución académica es importante preservar el prestigio, brindando servicios que satisfagan a los usuarios lo cual es bueno pensar por su comodidad.

La necesidad del proyecto es de cubrir dichas necesidades.

Elevar el nivel de la infraestructura del lugar lo hace llamativo creando más oportunidad de ingresos como la plusvalía del lugar.

Se tiene que tener en cuenta el desarrollo de nuevos métodos educativos y recreativos para que ayude así el desarrollo integral del alumno poniendo en práctica proyectos de infraestructura para ser un centro de alto prestigio enfocándose a la necesidad para su mejor rendimiento también en tener la facilidad de incorporar un gimnasio haciendo más completo el sistema deportivo propiciando la salud ya que el estado de Veracruz está arrojando cifras con un alto índice de obesidad a nivel nacional.

Para aprovechar al máximo este sistema constructivo y el espacio cubierto se implementa una estructura que cubra el agua para así utilizar espacio en eventos como graduaciones, gimnasia, juegos de salón conferencias, etc.

Por eso en esta investigación se tomará en cuenta todos los factores que engloben la economía y el confort tanto para el dueño como para el cliente.

En caso de la alberca es bueno saber que dentro de ella se pueden realizar diferentes actividades deportivas por ello la construcción de la techumbre es un proyecto que cubrirá las perspectivas que se quieren buscar ya que el clima de Veracruz es cálido y húmedo provocando enfermedades o síntomas así como el costo del manteniendo de la alberca.

Objetivo

El propósito de este proyecto se enfocara a la diferentes formas constructivas de techumbres que existen en el mercado haciendo así una comparación para diferentes tipos de claros y para ver cuál sería el más conveniente para el área de

la alberca y sobretodo en cuidar el aspecto económico y estético tomando en cuenta los efectos climáticos de la región que es una zona costera donde es propensa.

En este proyecto también impulsara a la planeación de otras actividades aprovechando al máximo el servicio de esta, tanto en el día como en la noche. Haciéndose así el principio de nuevos proyectos innovadores que fomentara un desarrollo económico-educativo para el lugar.

Hipótesis

En este proyecto se investigara todas las alternativas posibles en la construcción de techos que se encuentren en el mercado, para así obtener la mejor opción cubriendo los aspectos económicos, estéticos y de confort. Una de las alternativas serian las siguientes:

- Cubiertas autosoportante
- Cubiertas multipanel
- Cubiertas telescópicas
- Cubiertas tipo deck
- Armaduras triangulares

Capítulo II Elementos que conforman el sistema estructural.

2.1 Sistema estructural.

2.1.1 Largueros.

Son los perfiles que forman el entramado sobre el que se fija la cubierta. Su sección puede ser del tipo Z o C y están fabricados con lámina galvanizada conformada en frío. Su fijación al resto de la estructura se realiza mediante tornillos calibrados.

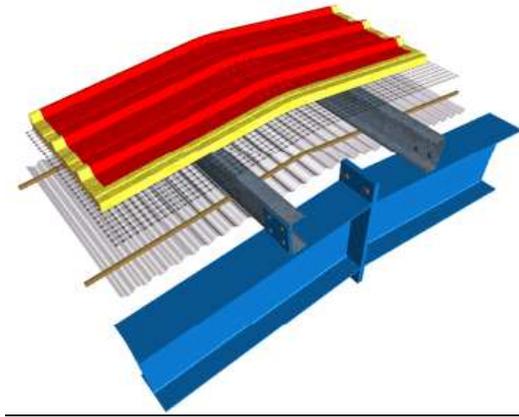


FIGURA 1. Ejemplo típico de un sistema estructural.

Para cubiertas de grandes longitudes donde la utilización de largueros continuas, es más económico, se puede adoptar un sistema de unión de estos largueros como lo describe el dibujo adjunto.

Como se ve en la figura 2, la continuidad se garantiza mediante platabandas atornilladas al alma de los largueros.

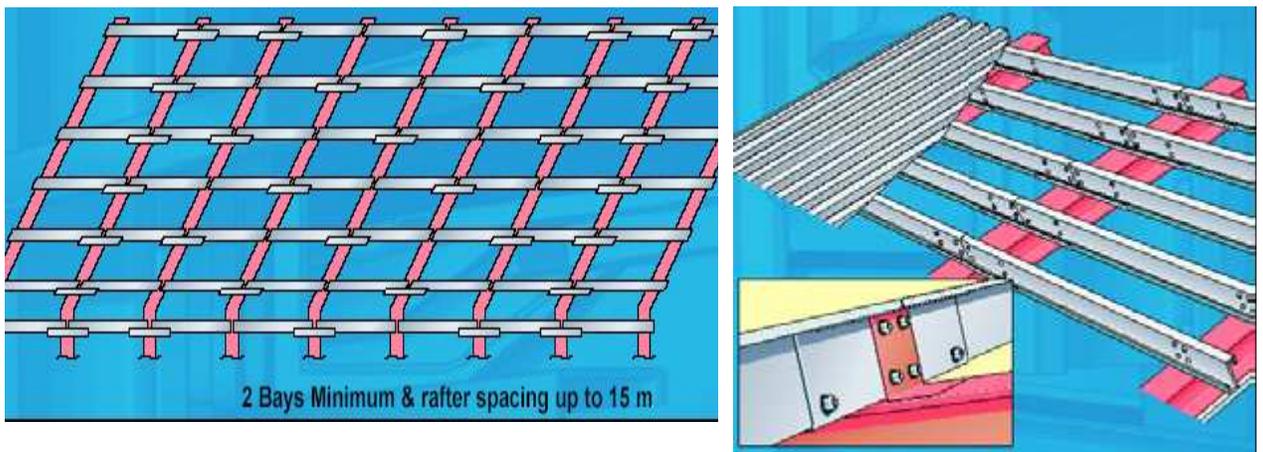


FIGURA 2. Un sistema estructural de largueros.

2.1.2 Vigas portantes.

Son vigas en celosía o en vigas de alma llena, cuya misión es la de transmitir a los elementos de apoyo todas las cargas procedentes de la cubierta. Se distribuyen por la cubierta tantas veces como módulos conformen la estructura. Sobre su parte superior se distribuyen las cartelas en las que se materializa el apoyo de las vigas banco. Esta fijación se lleva a cabo con tornillos alta resistencia.

2.1.3 Columnas.

Son los responsables de soportar y transmitir hasta la cimentación las acciones provenientes de la cubierta y es por esto por lo que su distribución coincide, generalmente, con los extremos de las vigas portantes.

En su dimensionamiento se tiene también en cuenta la actuación de otras posibles sobrecargas, como las originales por puentes grúa, entreplantas... o como las debidas a la acción del viento, cuando forman parte de las fachadas del edificio.

Si los esfuerzos son pequeños las columnas se diseñan y fabrican con perfiles de alma llena como IS, IR, y si los esfuerzos son mayores se usan perfiles CE unidos mediante presillas o celosías.

2.1.4 Columnas de fachada y muro piñón.

Su función es la de soportar y transmitir a la cimentación las acciones originadas por la actuación del viento. Su distribución se realiza a lo largo de las fachadas frontales y laterales; en este último caso, intercalándose entre las columnas estructurales.

Al igual que sucede con las columnas estructurales, en su dimensionamiento se tienen también en cuenta la posible existencia de otras sobrecargas y generalmente se diseñan y fabrican con perfiles prefabricados.

2.1.5 Anclajes.

Sobre ellos se materializa la unión entre las columnas y la cimentación y su dimensionamiento depende tanto de las acciones que las columnas transmiten a la cimentación como de la geometría de estos. Cada conjunto está formado por una zona roscada para facilitar la nivelación y aplome de las columnas. Por lo general, las placas de anclaje se colocan 200 mm. por debajo del nivel de la solera, con el único fin de que queden ocultos.

2.1.6 Arriostramiento.

Se denomina así al conjunto de elementos estructurales que se distribuyen por los planos de cubierta y fachada con el fin de transmitir hasta la cimentación la componente horizontal de las cargas que actúan sobre el edificio. También forman parte de este conjunto los perfiles de atado que se distribuyen en cabeza de pilares para solidarizar la estructura de sustentación.

Es importante tener en cuenta su situación a la hora de proyectar las fachadas pues pueden interferir con puertas y/o ventanas.

2.1.7 Cubierta.

Puede realizarse con multitud de materiales como fibrocemento, lámina de acero precalado o galvanizado, panel sándwich prefabricado o "in situ"... que se fijan al entramado de las correas con tornillos galvanizados. Los distintos cambios en los planos de la estructura se resuelven mediante el curvado de las láminas.

2.1.8 Lucernario.

Los lucernarios se distribuyen sobre los planos más inclinados de la cubierta buscando la iluminación cenital, es decir, buscando el óptimo aprovechamiento de

la luz natural, pero evitando la entrada directa de los rayos solares. De este modo se consigue una iluminación agradable, a la vez que se amortigua el aumento de la temperatura interior.

2.1.9 Canalones.

En ellos se recogen las aguas pluviales provenientes de la cubierta y se distribuyen hasta las bajantes. Se distribuyen a lo largo de la cubierta con una pendiente del 5 % y se dimensionan con una capacidad de evacuación que supera ampliamente las condiciones meteorológicas más desfavorables. Se fabrican generalmente con chapa galvanizada de 1mm de espesor, aunque existe la posibilidad de emplear otros materiales para el caso de ambientes altamente corrosivos.

Conviene destacar que la unión entre las distintas piezas se realiza generalmente mediante soldadura. Este sistema es el único que garantiza la estabilidad de los canalones a largo plazo, puesto que la práctica habitual de remachado y sellado, ofrece problemas a corto y medio plazo.

2.1.10 Aislamiento térmico.

Se consigue mediante textiles sintéticos como por ejemplo una manta de fibra de vidrio de unos 80 mm de espesor, que se coloca bajo el material de cubierta y que se distribuye sobre una red de soporte extendida sobre los largueros. De este modo, además del aislamiento térmico propiamente dicho, se consigue evitar la aparición de condensaciones en el interior del edificio. Si se considera necesario puede colocarse también una segunda manta aislante sobre el falso techo. Además de la fibra de vidrio existen otros tipos de aislamientos, como la lana de roca, poliuretano, etc.

2.1.11 Falso Techo

Es un paramento formado por placas. Estas placas pueden ser de diversos materiales como aluminio o fibrocemento, siempre que cumplan los requerimientos estéticos y de seguridad. Su fijación se realiza anclándolas en un entramado de listones de madera suspendido de la estructura de cubierta.

Entre las innumerables ventajas que tiene el falso techo, se puede destacar las siguientes:

- Crea una cámara de aire de gran volumen que contribuye a mejorar la acción termorreguladora del aislamiento, a la vez que disminuye la cantidad de aire "superfluo" a calentar.

- El perfil ondulado de las placas usadas y su estudiada colocación hace que la luz de los lucenarios se distribuya uniformemente por toda la superficie del edificio, eliminándose así las molestias que ocasionan los claroscuros.
- Permite esconder totalmente instalaciones como las de electricidad, aire acondicionado, etc., por lo que el acabado interior resulta muy agradable. Además, al esconder también la estructura de cubierta, contribuye a mantener la limpieza en el interior, aspecto muy importante en el sector de la alimentación.
- Al estar suspendido de elementos de cuelgue puntuales y de escasa rigidez, absorbe las deformaciones de la estructura de cubierta. Con ello conseguimos garantizar que la calidad de su acabado inicial se mantenga a lo largo del tiempo.

Capítulo III Cubiertas autoportantes.

En este apartado se hace un estudio general de las cubiertas autoportantes. Estas se pueden dividir en rectas y curvas.

A la hora de proyectar una cubierta autoportante isostática, hay que definir con mucha precisión la geometría de la estructura. Esto es debido a que no es un sistema a base de piezas "standard", fabricadas de antemano, sino específicamente y a medida para cada ocasión.

3.1 Cubiertas planas y cubiertas curvas

3.1.1 Cubiertas planas

Son cubiertas autosoportantes de eje rectilíneo constituidas por yuxtaposición de las láminas con sobre-posición lateral. En condiciones normales llegan a la oquedad máxima de 11m sin estructura de soporte intermedia.

Simplificando, se podría decir que funcionan como dinteles rectos. En esta tipología, la rigidez sólo viene dada por la forma ondulada de la sección y se usa para salvar luces no muy grandes.



FIGURA 3. Una cubierta recta de una pasarela.

En el caso de cubiertas de eje rectilíneo la verificación de la resistencia en función de las cargas actuantes, se hace usando directamente los gráficos y tablas aportadas por el fabricante.

- **Ejemplo de un sistema de cubierta plana:**

A continuación se muestra un ejemplo de un sistema de cubierta plana:

Lámina de Acero Acanalada Acanalados de Fijación expuesta R-90

Por su peralte permite librar grandes claros, lo cual se traduce en una disminución en la cantidad de apoyos. Cuenta con una excelente capacidad estructural y de drenaje. Algunas de sus aplicaciones son en bodegas y techumbres para estacionamientos. Su bajo peso por metro cuadrado, hace que este acanalado sea un excelente reemplazo para sus similares de Asbesto o Fibro-Cemento teniendo ahorros considerables en la estructura de soporte.

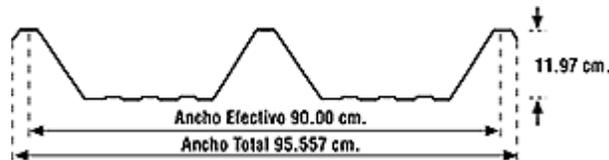


FIGURA 4. Una cubierta recta.

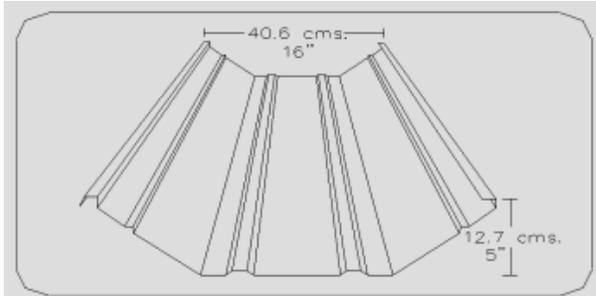
TABLA 1. R-90.

nombre	calibre	peralte	poder cubriente	pendiente mínima	grado del acero	descripción
R-90	22 a 26	11.97 cm	90 cm	6%	37 ksi	Ideal para grandes claros, cubiertas para estacionamientos, bodegas, locales comerciales, etc.

Para el diseño de este tipo de cubiertas las casas fabricantes proporcionan tablas donde se obtienen las características mínimas a partir de la luz y las cargas a soportar.

**FIGURA 5. Ejemplo de una cubierta plana de una nave industrial.**

Perfil ECONOTECHO T-165



Es un acanalado recto engargolado para techos planos y muros verticales o cabeceros de gran resistencia de 16" de ancho (0.406 mts.) puede usarse en cubiertas con aislante, losas compuestas, grandes claros sin apoyos intermedios y retechados.

FIGURA 6. Perfil ECONOTECHO T-165.

3.1.2 Cubiertas curvas o inclinadas

Son cubiertas autoportantes de eje curvilíneo conferido por el equipamiento de fabricación y complementada por un conjunto de tirantes y contraventamientos.



FIGURA 7. Imagen de una cubierta curva de un estacionamiento.



FIGURA 8. Cubierta curva para una alberca.

La tipología de esta estructura es la de un arco con un tirante interior, que recoge los esfuerzos horizontales, de esta forma la cubierta solo transmite esfuerzos verticales (de peso propio) a los apoyos.

Los tirantes se destinan a absorber los impulsos horizontales en los apoyos debidos a la curvatura de su estructura y son de acero de alta resistencia. Los contravientos constituyen un sistema de reserva de seguridad, que se destina a transmitir directamente a las estructuras de soporte de la cobertura los esfuerzos excesivos debidos a la acción del viento. Están dispuestos regularmente, variando el espacio en función de los diversos parámetros estructurales.

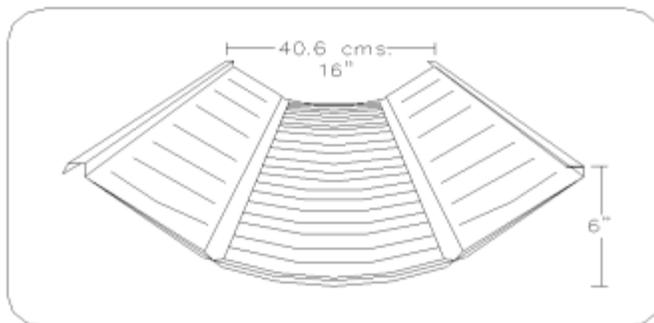
En general podemos decir que las cubiertas curvas salvan distancias mayores que las cubiertas planas.



FIGURA 9. Tirantes interiores para una cubierta curva.

A continuación se expone un ejemplo de cubierta curva:

Perfil ECONOTECHO T-166



La maravilla autoportante ECONOTECHO curvo que permite construir con el principio básico de arcos engargolados semicirculares y membranas autoportantes.

FIGURA 10. Ejemplo de una lámina T-166.

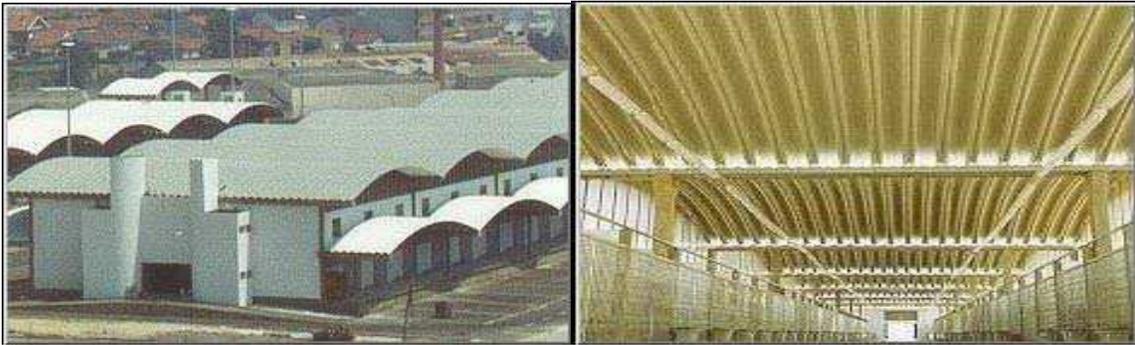


FIGURA 11. Cubiertas Curvas para hangares.

TABLA 2. T-166 Características Técnicas y Mecánicas.

Edificios Semicirculares			Cubiertas Membrana		
Modelo	Claro Exterior (Mts)	Altura (Mts)	Modelo	Claro Exterior (Mts)	Altura (Mts)
SC-8	8	3.60	M-8	8	1.70
SC-10	10	4.80	M-10	10	2.20
SC-12	12	5.50	M-12	12	2.40
SC-15	15	7.00	M-18	18	3.00
SC-20	20	8.00	M-20	20	4.10
SC-22	22	8.50	M-22	22	4.70
			M-25	25	5.30

Se admite la existencia de un hueco máximo absoluto que considera la cobertura autoportante y un hueco máximo condicionado que considera que la cobertura transmite algunos esfuerzos para la estructura de soporte.



FIGURA 12. Una cubierta autoportante curva.

3.2 Características principales:

Las características principales de las cubiertas autoportantes isostáticas, son las siguientes:

Las cubiertas autoportadas constituyen un cerramiento o techo tipo membrana que distribuye uniformemente las tensiones recibidas, bien de origen térmico o climático de cualquier orden. Estas tensiones son repartidas sobre las paredes de forma uniforme, contribuyendo éstas al reparto de cargas y a su transmisión lineal y

uniforme a los cimientos. De este modo las riostras también cooperan y contribuyen a la distribución de las cargas de cubierta. Sin embargo, las cubiertas tradicionales no autoportantes prácticamente sólo colaboran las zapatas, alterna y puntualmente, generándose tensiones en el cerramiento e incluso transmitidas al pavimento siendo origen de muchas de las grietas en la construcción.

Gracias a su buen acabado y jugando con la forma geométrica de la cubierta mejoramos la escurrentía de las aguas pluviales, favorecemos el deslizamiento de la capa de nieve y conseguimos ofrecer una menor resistencia superficial al empuje del viento, reduciendo los momentos en los apoyos de la estructura.

Carecen de juntas de unión longitudinales y reducen:

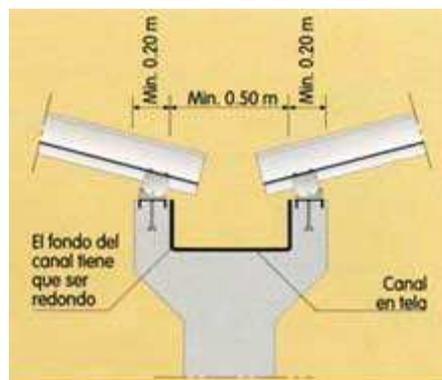


FIGURA 13. Ejemplo de canales para cubiertas autoportantes.

- Notablemente el número de las uniones transversales, reduciéndose el número de elementos mecánicos de fijación-tradicionalmente con agujeros y juntas de

goma al reducir estos posibles puntos de entrada de agua son menos necesarios remates o solapes.



FIGURA 14. Ejemplo de una cubierta autoportante de curvatura abajo.

- Las cubiertas autoportadas reducen considerablemente las patologías de obra reduciendo el mantenimiento de las cubiertas y de la restante construcción.
- Las cubiertas autoportadas, al carecer de vigas maestras y también de largueros, constituyen una forma constructiva mucho más rápida, muy sencilla y funcionando totalmente como una membrana continua, sin tensiones diferenciales.
- Las cubiertas autoportadas carecen de perfilería de soporte susceptibles de ser pintadas y/o, obligatoriamente, ignifugadas, no siendo preciso un mantenimiento periódico respecto.



FIGURA 15. Cubiertas autoportadas para estacionamientos.

- Las cubiertas autoportadas, ahorran mucho tiempo de colocación. Podría decirse que el tiempo de colocación es 50% menor que el de cualquier otro sistema convencional, reduciendo el número de ramos de industriales cooperantes, simplificándose la obra y su control.
- Las cubiertas autoportadas, reducen las cargas gravitatorias, por su menor peso unitario, por unidades superficie cubiertas. Gracias a ello se consigue una reducción proporcional de todo el sistema constructivo, ya que las cargas que hay que llevar a los cimientos son menores.
- Se reduce el tamaño de las riostras y de las zapatas así como de la perfilaría de antipandeo y arriostramiento de paredes.

- Este tipo de cubiertas, con un cuidado diseño y plantiando con la obra, pueden ser más económicos que otras soluciones.
- Puede realizarse hasta 30 m de luz, con cubiertas autoportadas isostáticas, sin apoyos intermedios.
- Puede realizarse aislamientos, "sándwich" y otras variantes constructivas.
- Este sistema se considera más económico ya que no genera residuos en obra, dado que se realiza totalmente a medida, directamente, en origen y se monta, sin restos de recortes sobrantes de material.





FIGURA 16. Imagen del proceso constructivo de un hangar y su estado final.

3.3 Notas técnicas y recomendaciones en las cubiertas autoportantes.

- Los bordes de la cubierta han de ser paralelos entre sí, ya que todas las piezas que componen el sistema tienen la misma longitud.
- Los apoyos de los extremos, -sobre soporte articulados metálicos-, deben ser lineales y paralelos, y estarán sobre apoyos rectos para cada costado.



FIGURA 17. Imagen de cubiertas autoportantes curvas.

- El sistema se compone de unidades iguales entre sí, -laminas metálicas, de ondulación profunda-, superponibles según su eje longitudinal sobre la onda prevista para solape.

La sujeción es de tipo mecánica, por atornillado, y se coloca espaciado regularmente, y se realiza in situ.

- El sistema, por su carácter de membrana, es ligeramente deformable. Esto le permite absorber los esfuerzos derivados de los frentes de viento u otras cargas, repartiendo y transmitiendo el esfuerzo regularmente a sus apoyos.

-



FIGURA 18. Imagen muestra el detalle de columnas.

- Se pueden configurar lucernarios para iluminación natural a base de elementos translúcidos, interpuestos, expresamente diseñados para el sistema.

No es conveniente realizar cualquier tipo de alteración sobre la continuidad estructural que forman las láminas de la cubierta.



FIGURA 19. Ejemplo de iluminación lateral.



FIGURA 20. Ejemplo de iluminación natural sobre el techo.

- Los canales de recogida de aguas pluviales laterales en el sentido del fondo, se hallan, siempre por fuera del eje de alineación de los soportes de apoyo de los bordes de la pluralidad de lamina que conforman el conjunto.
- Las láminas no admiten perfiles o uniones rígidas que limiten o incluso eviten su "curva deformada", lo que incrementaría los esfuerzos de desgarro de las uniones mecánicas y alteraría la esencia del sistema.
- El conjunto dispone de apoyos laterales linealmente colocados sobre soportes articulados metálicos. Estos están unidos entre sí mediante indispensables cables de acero para la transmisión de esfuerzos de tracción, vientos y contravientos.
- Las dilataciones de causa térmica son absorbidas por la propia deformación de la membrana conjunto aumentando o disminuyendo su flecha ligeramente. No precisa, pues, juntas de dilatación, ni longitudinal ni transversalmente. Esta cualidad la hace autocompensable.
- Las sobrecargas de nieve se transmiten al conjunto incrementando la tensión de los cables de arriostamiento. La cubierta, por su especial configuración, tiende a ser sustancialmente expulsante de las escorrentías de lluvia y cargas de nieve. Esto debido a que su forma favorece el deslizamiento

superficial, incrementando su velocidad hacia los bordes laterales. Este se consigue gracias al incremento de la pendiente incurvada formada, que rompe la lámina de hielo a medida que se desplaza.

- El sistema dispone de cables y contravientos, que aseguran y compensan la figura primitiva o incurvación de origen ante cualquier esfuerzo exterior. Esto hace que la deformación de la membrana sea ligera y controlada.



FIGURA 21. Cubierta autoportante de un estadio de futbol soccer.

- El sistema produce esfuerzos laterales de empuje por carga gravitatoria. Este esfuerzo se dirige hacia fuera de la cubierta, sobre los soportes de apoyo y el elemento de sujeción de los mismos. Por lo tanto, deberá ser considerado como momento a flexión para pandeo articulado en la coronación. En la base el apoyo debe ser rígidamente empotrado. El sistema carece por sí mismo de

arriostramiento transversal, ya que los cables de tracción no trabajan en absoluto a compresión, por ser deformables, adquiriendo la figura curva.

- Hay que considerar la posibilidad de que el esfuerzo lateral, por efecto del viento, actúe incluso y exclusivamente sobre uno de los costados.
- A efectos de consideración de succión, presión, por causa de aberturas en fachadas, puede tenerse en consideración el escape de viento, que se produce - salvo cerramiento-, a lo largo de la zona de soporte apoyados por ser una superficie continua de ondulación de sección importante.
- Por su ligereza, este sistema es especialmente adecuado para formación de cubriciones para uso de muelles de carga o maniobra, sin cerramientos laterales.
- Debe disponer de apoyos rígidos laterales totalmente a lo largo de los ejes de apoyo de los soportes, no siendo adecuado el sistema para apoyos en cantilever o tipo ménsula.
- Por la carencia de arriostramiento transversal, hay que tener especial consideración en los esfuerzos y momentos debidos al pandeo. Este momento de

pandeo deberá ser considerado especialmente en el cálculo de empotramiento y estabilidad al vuelco del sistema.



FIGURA 22. Imagen muestra arriostramiento transversal de una nave industrial.

- El sistema funciona esencialmente bien, tanto para columnas indeformables tipo hormigón como sustancialmente deformables tipo metálico. No adecuado para muros de fábrica de materiales cerámicos o piezas superpuestas plurales de otros materiales, por el esfuerzo al corte que reciben. Debe de asegurarse en estas circunstancias un elemento rígido interno, que compense y absorba los referidos esfuerzos de empuje. Un ejemplo de este último sería un zunchado y varillado vertical formando malla consistente.



FIGURA 23. Diseño con programa CAD de una cubierta autoportante.

- Respecto a la altura de colocación indicar que la obra se debe realizar en una altura máxima de 15 metros en vertical desde la cota de apoyo del camión grúa. Se sobreentiende que el alcance del brazo de la pluma del camión ha de ser posible para el montaje y elevación de las cargas desde el mismo a la cubierta.

Capítulo IV Cubiertas Tipo Sándwich (multipanel).

La cubierta doble o sándwich es aquella en la que como el propio nombre indica tiene dos placas de fibro cemento o chapas metálicas en la parte superior e inferior y en el interior el aislamiento, que puede ser un alma de poluretano, poliestireno expandido o fibra de vidrio o lanas de minerales. Este tipo de cubierta se puede montar tapando las correas con lo que la lámina inferior. En este caso, sólo en las metálicas, nos sirve de falso techo y con largueros vistas. Con fibrocemento sólo puede montarse cubierta sándwich sobre los largueros, incluso puede hacerse con FC en la lámina inferior y metálica en la superior. Este tipo de cubierta también se utiliza como rehabilitamiento de cubiertas sin tener que desmontar las existentes.

Este tipo de sistema de cubiertas inclinadas tipo sándwich, formadas por dos láminas metálicas trapeziales con inclusión de lana de vidrio, es muy utilizado en la construcción de naves industriales.

SANDWICH

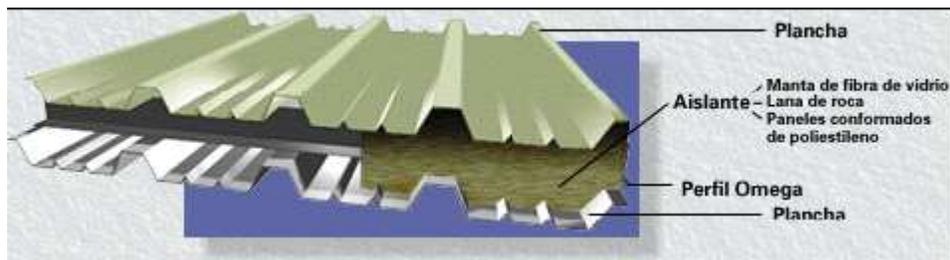


FIGURA 24. Estructura de un panel tipo Sándwich.

Dos utilidades adicionales de este tipo de cubiertas es la rehabilitación y el aislamiento de cubiertas existentes. Es ideal para un control mucho más significativo de la temperatura interna, además de un control acústico. Es decir, mantiene la temperatura constante y reduce la pérdida de frío en caso de tener aire acondicionado, mientras impide que el ruido tanto externo, por ejemplo la lluvia, como interno del recinto, se amplifique por causa del material.

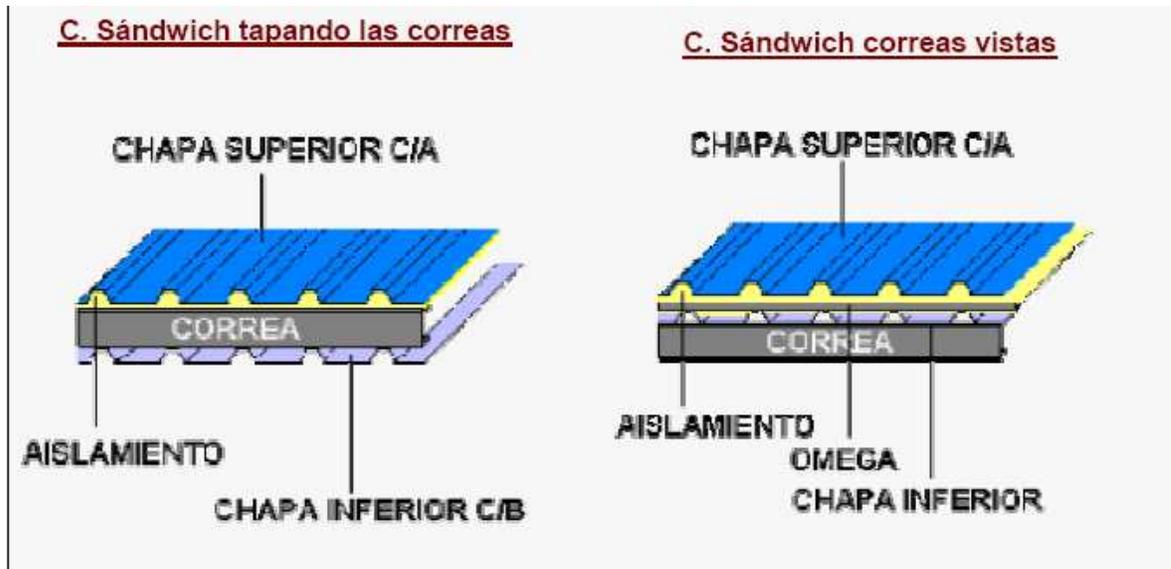


FIGURA 25. Tipos de panel Sándwich.

4.1 Panel Sándwich "IN SITU"

Consiste en la superposición de dos láminas de acero grecadas de unos 0.6 mm. De espesor, con acabados galvanizado ó prelacado, entre las que se intercala un perfil separador galvanizado y una manta aislante de fibra de vidrio de unos 80 mm aprox de espesor. Todo este proceso de ensamblaje se realiza en obra.

El buen acabado interior conseguido con esta solución puede hacer innecesaria la instalación de falsos techos.

Las láminas se fijan al entramado de los largueros mediante tornillos auto-rosantes y/o auto-taladrantes, con cabeza de nylon del color de la lámina.

Los acabados habituales son:

- **Galvanizado.** Recubrimiento de Zinc sobre las dos caras de una bobina de acero según especificaciones de las normas. Adecuado para ambientes no especialmente corrosivos y sin exigencias estéticas.

- **Prelacado.** Partiendo de una bobina de acero galvanizado, en una primera fase se aplican por sus dos caras un recubrimiento a base de resinas epoxi. Posteriormente, sobre la cara expuesta se aplica un recubrimiento lacado a base de resinas de poliéster silicona, según especificaciones. Adecuado para ambientes poco corrosivos y con exigencias estéticas.

4.1.1 Ventajas

Las ventajas que presenta este tipo de sistema son muchas. En primer lugar al tratarse de un sistema realizado “in situ” permite ofrecer precios más competitivos, trabajando con láminas y aislantes de calidad y espesores adecuados para garantizar la durabilidad de la obra.

Otra ventaja es el mantenimiento a largo plazo, ya que este sistema permite poder cambiar únicamente la lámina exterior, mientras que con otros materiales habría que sustituir todo el panel, incrementado por tanto los costes de la obra.

Respeto al tema del fuego, el sándwich formado por lámina-fibra de vidrio- lámina constituye un buen aislante debido a que está formado por materiales incombustibles.

A continuación la figura que viene expone un detalle constructivo del panel y la figura siguiente muestra la correcta puesta en obra del material aislante.

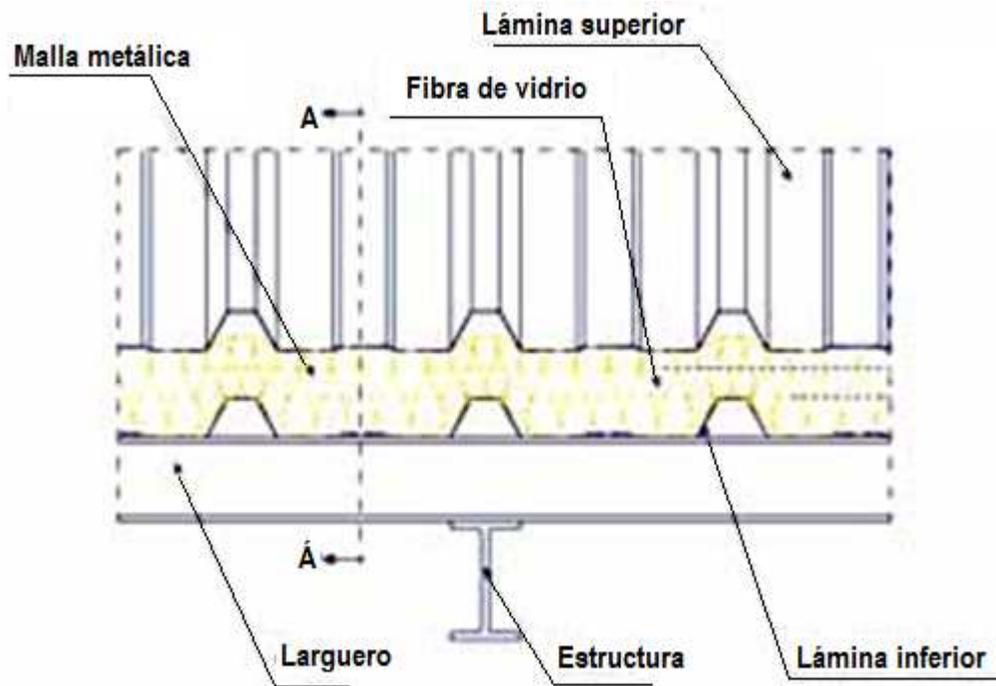


FIGURA 26. Detalle constructivo de un panel sándwich “in situ”.

4.1.2 Puesta en Obra

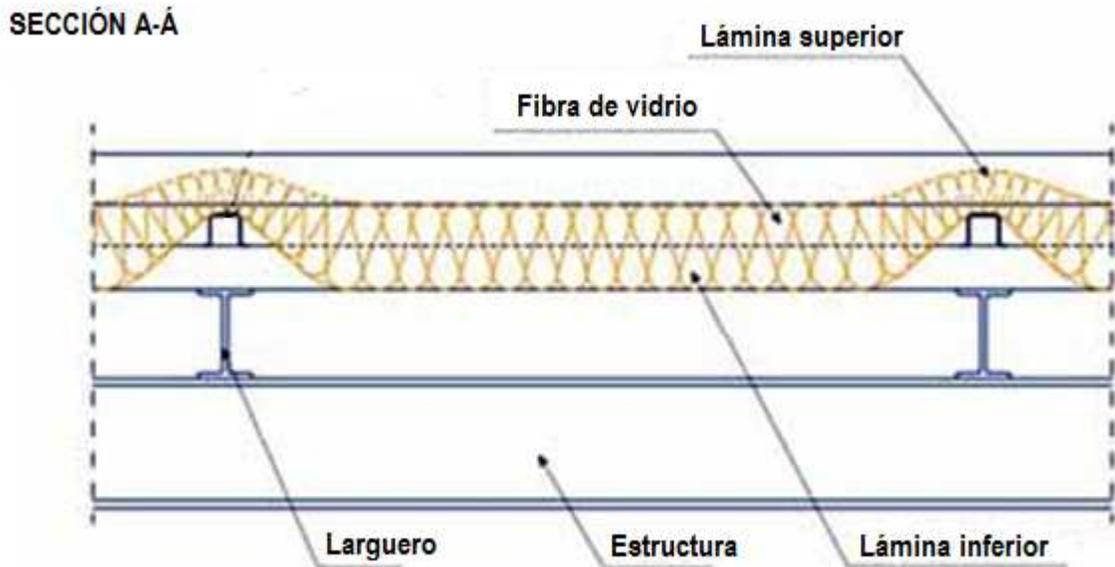


FIGURA 27. Detalle de puesta en obra de un panel sándwich.

La puesta en obra se puede descubrir como sigue:

La primera lámina metálica se fija a la estructura portante de la nave industrial con los nervios en el sentido de la pendiente de la cubierta. Se atornillan separadores metálicos (normalmente perfiles omega) a la láminas inferior o a las correas, atravesados a la pendiente de la cubierta, a distancias regulares, según el perfil de la segunda lámina.

La altura de los separadores debe ser suficiente para alojar el aislamiento entre los valles de la lámina y el propio separador, sin comprimir la fibra de vidrio (una ligera presión de 1 ó 2 cm. es tolerable).



FIGURA 28. Desenrollo de la fibra de vidrio.

Después se desenrolla la manta de lana de vidrio desde la parte alta de la cubierta hacia el alero. La lámina metálica externa (normalmente trapecial) se atornilla directamente a la primera en las separaciones, comprimiendo en este punto la fibra de vidrio, de modo que queda fijada a intervalos regulares por aprisionamiento.



FIGURA 29. Detalle de la manta de fibra de vidrio en un panel sándwich.

4.2 Panel Sándwich "PREFABRICADO"

Es el conjunto formado por dos caras exteriores de láminas de acero prelacadas o galvanizadas de unos 0,5 mm, conformadas en frío y unidas entre sí por un núcleo

central aislante, adherido durante el proceso de fabricación. Este tipo de panel es autoportante.

Los laterales de la cara superior se perfilan con unos nervios o entalladuras sobre los que se colocan unos cubrejuntas. Con el fin de romper el 'puente térmico', las láminas metálicas que conforman el panel quedan separadas por un perfil conformado o por una cinta lateral de barrera de vapor en panel aluminizado.

Los paneles se fijan al entramado de los largueros mediante tornillos auto-roscantes que quedan ocultos bajo el cubrejuntas.

Cuando la longitud de los faldones de la cubierta (más de 12 m.) obliga a afrontar la cubrición en más de un tramo, la estabilidad de los traslapes se resuelve con una junta de sellado especial. Los encuentros en cumbrera se resuelven con soportes troquelados según el perfil de los paneles.

El espesor nominal varía generalmente entre los 30 y 80 mm. El núcleo central puede ser entre otros materiales, de espuma rígida de poliuretano expandido y de relleno de lana de roca.

Los acabados habituales son los siguientes:

- **Galvanizado.** Recubrimiento de Zinc sobre las dos caras de una bobina de acero

según especificaciones de norma. Adecuado para ambientes no especialmente corrosivos y sin exigencias estéticas.

- **Prelacado.** Partiendo de una bobina de acero galvanizado, en una primera fase se aplican por sus dos caras un recubrimiento a base de resinas epoxi. Posteriormente, sobre la cara expuesta se aplica un recubrimiento lacado a base de resinas de poliéster silicona, según especificaciones. Adecuado para ambientes poco corrosivos y con exigencias estéticas.

Con este tipo de paneles se puede conseguir un coeficiente de transmisión térmica de $0.52 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y un aislamiento acústico de 42 dB.

Con este sistema, otro campo de aplicación es el sándwich de bandeja en fachada o cubierta. Este sistema no necesita largueros de sustentación puesto que la bandeja va apoyada de columna a columna o de pórtico a pórtico en caso de cubierta. Así se consigue un acabado interior plano y sin verse ningún tipo de soportes. Se coloca el aislante y finalmente la lámina exterior colocada vertical o horizontalmente. Para este tipo de sistema son recomendables las mantas de lana de vidrio que garantizan un excelente aislamiento térmico y acústico, buena clasificación al fuego, facilidad de instalación y adaptación a los perfiles de lámina metálica.

El montaje es muy rápido. Asimismo, la facilidad de desmontaje y aprovechamiento del material les hace idóneos para instalaciones susceptibles de ampliación.

Capítulo V Cubiertas espaciales

5.1 Descripción.

Denominamos Estructura Espacial al elemento resistente formado por la yuxtaposición en el espacio de módulos con distintas formas geométricas. Éstas, a su vez, están constituidas por la unión de nudos y barras de acero. Según la disposición de estos elementos entre sí mismos pueden ser de base cuadrada o triangular.

La fabricación de estructura espacial por medio de control numérico da mucha libertad de diseño. La única limitación está en el ángulo entre barras, que deberá ser mayor de 40° , aunque puntualmente puede ser menor.

Si la superficie a diseñar es de doble curvatura y puede absorber fuertes esfuerzos en los bordes hay que emplear estructuras laminares. Si es plana se le deberá da suficiente inercia. Hay que cuidar la modulación, trabajar con el menor número de nudos posible, sobre todo en estructuras fundamentadas en la inercia. Siguiendo las anteriores pautas se consigue optimizar el coste.



FIGURA 30. Parque Biológico.

En general la optimización será mayor cuanto mayor sean las luces, permitiendo al sistema conseguir hasta cientos de metros.

5.1.1 Ventajas

Esta solución permite una gran versatilidad de soluciones estructurales para la construcción de cubiertas de grandes luces pudiendo aplicarse en muy diversas realizaciones. Se consiguen soluciones geométricas muy complejas y con un gran nivel estándar de acabado. Además son estructuras de gran ligereza y rápido montaje.

5.1.2 Proceso de fabricación y montaje

Una de las características de las estructuras prefabricadas es que pueden ser totalmente realizadas en taller y, por lo tanto, el proceso de fabricación puede ser absolutamente controlado. Las estructuras espaciales deben tener unas tolerancias de fabricación muy estrictas, ya que en el caso de fuerte hiperestaticidad se podría llegar a la imposibilidad de su montaje. Sin embargo, dimensionalmente, la fabricación de barras por su propio proceso de fabricación puede tener un control unitario total. En cuanto a su control resistente, el mejor es un muestreo destructivo que es el que actualmente se realiza. La soldadura entre el tubo y las puntas de unión para formar las barras se realiza mediante un procedimiento automático en ambos extremos a un tiempo, siendo el posicionado de dichas puntas realizado de forma semiautomática. El resto de los elementos de

la estructura auxiliar de cubierta se sueldan asimismo en taller con la ayuda de útiles preparados al efecto, que determinan su posición y dimensión.



FIGURA 31. Estructura.

5.1.3 Grados de acabado

Todos los elementos de la estructura espacial llevan una protección anticorrosiva, por ejemplo mediante la aplicación de una pintura poliéster en polvo y polimerizada al horno.

Para conseguir una buena calidad se preparan las superficies mediante el siguiente proceso:

- 1) Desengrasado con sus correspondientes lavados.
- 2) Fosfatado microcristalino

- 3) Aplicación electroestática de la pintura en polvo.
- 4) Horneado de polimerización.

Posteriormente se comprueba mediante ensayos químicos y mecánicos, la calidad de la pintura y su aplicación, controlándose su adherencia y resistencia a la corrosión mediante ensayos en niebla salina y rayos U.V. Así mismo, se comprueba la resistencia de la capa y su espesor.

5.1.4 Uniones ó nudos.

Para cada elemento integrante de la estructura debe existir una gama de uniones. Estos controles tanto dimensionales como resistentes garantizan un alto grado de calidad, así como una gran homogeneidad en los productos.

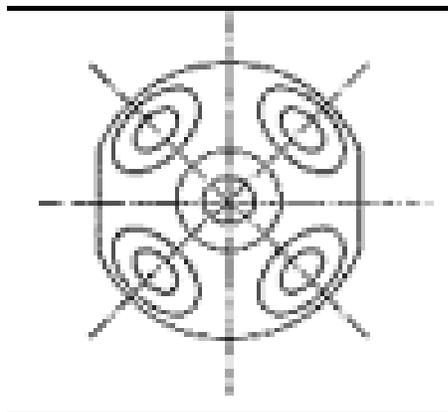


FIGURA 32. Ejemplo control.

Los procedimientos de fabricación permiten obtener unas tolerancias de $\pm 0,1$ mm por metro lineal en barras, $\pm 0,1$ mm. Entre caras de nudos y $\pm 5'$ en la posición de ángulos. Las barras, cuyas puntas para figura 32. ejemplo control. unión a los nudos van soldadas con CO2 en atmósfera controlada, serán sometidas a un control estadístico destructivo. Todos los elementos auxiliares, tornillos de alta resistencia, arandelas, tuercas, puntas, etc., se someterán a un riguroso control, tanto resistente (dureza, fisuras, grietas, protección, etc...), como dimensional. Los resultados son rigurosamente contrastados, analizándose de forma continuada todas las incidencias de los ensayos.



FIGURA 33. Cubierta: Panel Nervado Perfrisa.

5.2 Estructura Espacial

El ejemplo que muestra la figura anterior es una estructura espacial de base cuadrada formada por módulos de 3,2 m y una separación de capas (canto) de 2,5 m, (a definir en cada obra) realizada mediante un sistema. Está formada por nudos esféricos macizos de acero forjado con planos para apoyos de puntas obtenidas a partir de redondos calibrados, extrusión o forja, y con posterior tratamiento térmico contra la acritud. Se ha electrocincado los de nudos con 20 micras zinc. Por último se ha realizado una pintura de poliéster de 60 micras y polimerizado al horno para las barras y nudos.

La tornillería empleada en las uniones tubo-nudo es de alta resistencia, protegida mediante un recubrimiento de zinc o cadmio de acuerdo con la métrica empleada.



FIGURA 34. Estructura espacial semi esférica.

5.2.1 Montaje

Siendo esta estructura totalmente prefabricada, las únicas operaciones a realizar en obra son: atornillado de barras a nudos y fijación de la estructura sobre los pilares.

Los tornillos empleados, todos de alta resistencia, reciben un acercamiento previo y un posterior apriete con llave dinamométrica graduada a las características del diámetro, paso y calidad de los tornillos correspondientes.

El sistema de montaje más conveniente es el de ensamblaje de la estructura en el suelo y rápidas elevaciones mediante grúas. Estas elevaciones deben calcularse con esmero, para que los esfuerzos que puedan aparecer por las fuerzas dinámicas o por los enganches en la estructura fija, no provoquen roturas en la propia estructura.



FIGURA 35. Estructura.

Se puede llegar hasta 5000 m² de una sola vez, por lo que se consigue un gran rendimiento, rapidez y seguridad.

De todas formas, las dimensiones de los tramos a elevar está en función de las grúas disponibles en cuanto a potencia y la accesibilidad de la obra. Las condiciones óptimas para el montaje con este sistema son:

- Suelo en condiciones para ensamblar la estructura sobre él.
- Acceso de grúas en solera y laterales de la obra.
- Pilares libres de correas laterales y arrostramientos para poder montar la estructura entre ellos.

Si estas condiciones no se cumplen, hay que emplear otros sistemas de montaje, que no permiten obtener tan óptimos resultados en rapidez y rendimiento como el sistema descrito.

5.2.2 Colocación de láminas.

La pendiente de la estructura, se da a través de unas piezas verticales de longitud variable, que van colocadas sobre los nudos superiores de la estructura, y que sirven de apoyo a los largueros.

En caso de estructuras con inclinación propia, los soportes de largueros serán elementos iguales en cuanto a su longitud.

Una vez colocadas los largueros sobre los soportes antes mencionados, solo queda colocar el material de cubrición.

Este puede ser de cualquier tipo: lámina simple, panel aislante, lámina con diversos tipos de impermeabilización o aislamiento, etc.

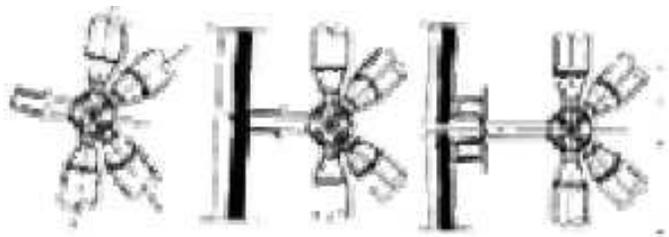


FIGURA 36. Nudos.

FIGURA 37. Tipo de estructura espacial en un aeropuerto.



FIGURA 38. Un nudo.

5.3 Elementos estructurales de una estructura espacial

Los elementos que conforman este sistema estructural son:

Nudos

Son elementos de acero de forma esférica, en los que mediante un mecanizado, se han realizado unos taladros roscados con asientos para las barras y para recibir los tornillos de unión de nudo a barra.



FIGURA 39. Nudos.

TABLA 3. Nudos.

Díámetro (mm)	Nominal (mm)	P (Kg)	Tensión máx (Kg)
54	50	0,54	4.000
77	70	1,8	7.520
108	100	4,35	16.000
153	125	9,64	23.100
165	154	18,1	37.200
190	175	26,575	50.200
217	200	39,2	72.400

Barras

Son elementos formados por tubos de acero A 42.b conformados en frío, en cuyos extremos se han incorporado unos elementos, puntas, con taladro pasante y que sirve de unión mediante el tornillo al nudo.



FIGURA 40. Barras.

TABLA 4. Dimensiones de tubos.

Tubos PALC

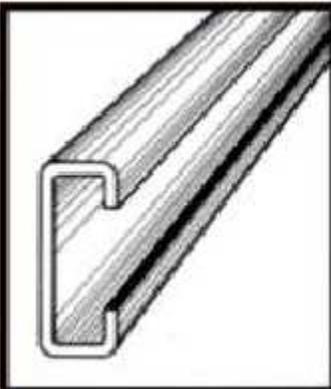
Diámetro (mm)	e (mm)	P (Kg/m)	A (cm ²)	I (cm ⁴)	i (cm)
40	2	1,874	2,388	4,322	1,345
50	2	2,367	3,016	8,701	1,698
60	2	2,861	3,644	15,342	2,052
70	2,5	4,162	5,301	30,235	2,388
76	3	5,401	6,88	45,907	2,583
85	4	7,99	10,179	83,682	2,867
108	4	10,259	13,069	176,955	3,68
125	6	17,608	22,431	398,066	4,213
168	7	28,264	36,005	1171,623	5,704
219	9	46,61	59,376	3279,119	7,431

Largueros:

Los largueros metálicas son el elemento constructivo sobre el que se apoya la lámina o panel que actuará como cubierta para un edificio o nave.

Los largueros existentes tienen varias configuraciones, por ejemplo C, Z y M y según sea la pendiente de la cubierta serán más aconsejables unas u otras (a partir de un 20% correas Z, por debajo C ó M). Estos perfiles, el C, Z y M, ofrecen el óptimo rendimiento con el mínimo peso propio. La más común es el canal monten.

Se pueden suministrar perforadas a medida, y listas para su instalación. Deberán tener protección anticorrosiva.



PERALTE (D)	LARGO MT.	CALIBRE C	PESO KG/M
4	6	14	3.50
6	6	14	4.46
6	6	12	6.16
6	6	10	7.82
8	8	14	5.62
8	8	12	7.78
8	8	10	9.91
10	10	14	6.78
10	10	12	9.55
10	10	10	12.37
12	12	14	8.00
12	12	12	11.01
12	12	10	14.40

FIGURA 41. Canal monten.

Conectores para traslape de largueros:

Los conectores para traslape de largueros tienen como misión la unión de dos largueros tipo Z, C y M.

Las siguientes tablas muestran las características mecánicas de los largueros Z y de los largueros C y M.

TABLA 5. Conectores para traslape largueros "Z"

Ref.	CORREAS	H	C	B	d	c	K	D
R-7618/e	Z-100	100	50	44	18	18	67	-
R-7619/e	Z-120	120	50	44	18	18	67	-
R-7620/e	Z-140	140	76	66	15	21	67	-
R-7621/e	Z-150	150	76	66	15	21	67	-
R-7622/e	Z-160	160	76	66	15	21	46,5	80
R-7623/e	Z-180	180	76	66	15	21	46,5	80
R-7624/e	Z-200	200	76	66	15	21	46,5	80
R-7625/e	Z-225	225	76	66	15	21	45	120
R-7626/e	Z-250	250	76	66	15	21	45	120
R-7627/e	Z-300	300	76	66	15	21	45	120

Los conectores de los largueros "z" serán del mismo perfil del larguero invirtiendo su posición.

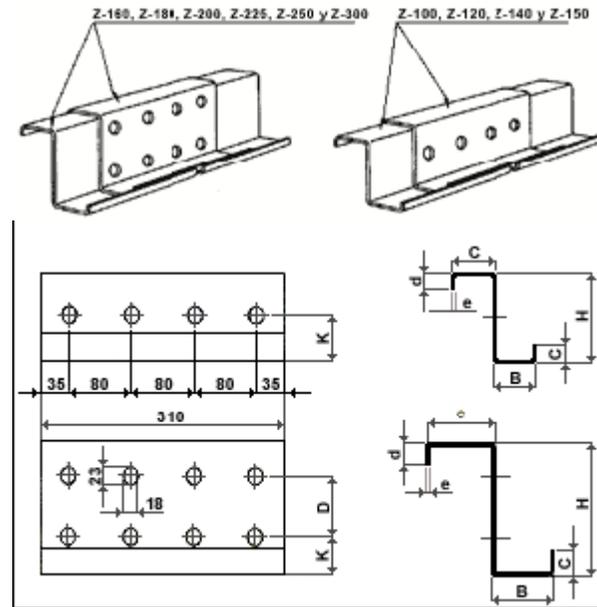


FIGURA 42.

TABLA 6. Conectores para traslape largueros "C y M" ver Fig.43.

Ref.	CORREA		A	B	D	e	K
	S						
R-7628	C-100	-	94	38	-	4	67
R-7629	C-120	M-120	114	38	-	4	67
R-7630	C-140	M-140	134	38	-	4	67
R-7631	-	M-160	154	38	-	4	67
R-7632	C-160	-	154	38	80	4	46,5
R-7633	C-180	M-180	173	38	80	4	46,5
R-7634	C-200	M-200	193	38	80	4	46,5
R-7635	C-225	M-225	215	38	120	6	45
R-7636	C-250	-	240	38	120	6	45
R-7637	-	M-275	265	38	120	6	45
R-7638	C-300	-	290	38	120	6	45

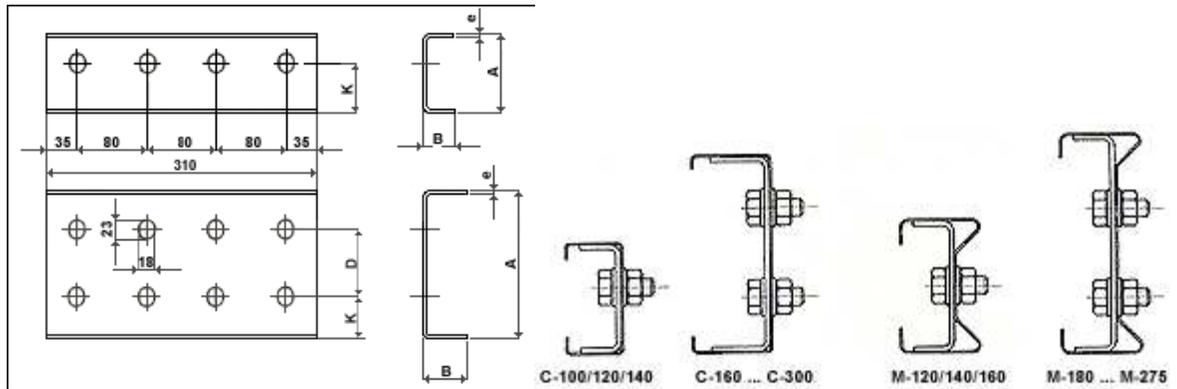


FIGURA 43.

Conectores ó clips de sujeción.

La función de los conectores es la de unir el larguero y la viga portante. Se dispone de tres tipos de conectores, según sea el larguero elegida.

Conectores para largueros "Z", "C" y "M"

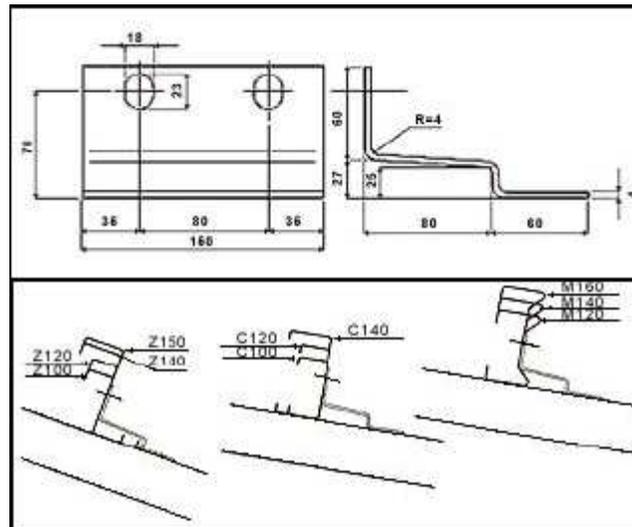


FIGURA 44. Eji3n 1 (R-7639).

Conectores para largueros "Z", "C" y "M"

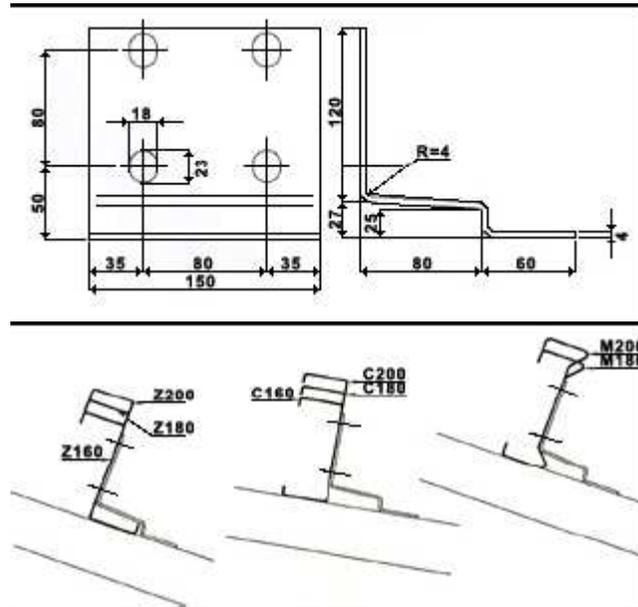


FIGURA 45. Conectores 2 (R-7640).

Conectores para largueros "Z", "C" y "M"

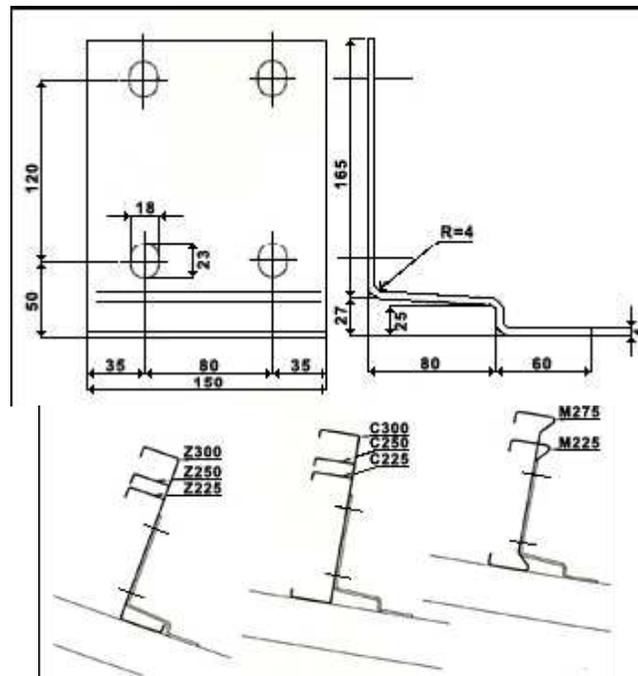


FIGURA 46. conectores 3 (R-7641).

Capítulo VI Cubierta simple

6.1 Definición y características.

Las cubiertas simples son cubiertas que se realizan basándose en lámina metálica para cubrir edificios industriales, de agricultura...

En ciertas ocasiones se utilizan para una ampliación de la vivienda en poco tiempo, con el condicionante de tener que reducir al máximo los costos de la construcción. Las cubiertas de metal cumplen con los dos requisitos anteriores y, por sus colores y texturas, también permiten renovar el aspecto de la casa.

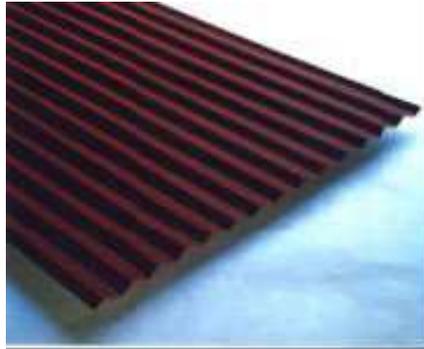


FIGURA 47. Lámina ondulada.

Si la propuesta es techar un espacio con elementos de metal a modo de láminas, es conveniente tener en cuenta algunos datos técnicos referidos a sus posibles aplicaciones. Las láminas metálicas se presentan en una amplia gama de productos capaces de satisfacer todos los requerimientos de diseño. Las dimensiones y espesores de las láminas varían de acuerdo a las especificaciones técnicas del local, como así también a las luces que deben cubrir. Actualmente vienen en formas variadas, por ejemplo en las viviendas las más comunes son las onduladas o las de perfil trapezoidal. Los materiales son múltiples, aunque las de acero galvanizado suelen utilizarse frecuentemente debido a que son muy fáciles de instalar; estas hojas tienen además una terminación superficial que incorpora el color, lo que les permite cumplir con todos los requisitos estéticos.



FIGURA 48. Tres tipos de láminas.

Las reparaciones de las cubiertas es un tema a tratar, ya que los arreglos no resultan complicados; las láminas dañadas se cambian sin mayores problemas y los elementos de sujeción se renuevan, ya sean los pernos en sí o sus protecciones, que se cambian sin necesidad de realizar tareas mayores.

6.2 Colocación de las hojas.

En ciertas ocasiones, el largo de los elementos es generoso y, a simple vista, hacen pensar que se pueden apoyar directamente a las paredes laterales. Sin embargo, este concepto es equivocado, ya que será necesario disponer unos travesaños de madera o metal que sirvan de soporte y aseguren la estabilidad del conjunto.



FIGURA 49. Láminas colocadas.

La inclinación de la cubierta se relaciona con las lluvias y los vientos predominantes.

Como regla general, sucede que, a mayor pendiente del techo, más estrechas serán las planchas para que ofrezcan una óptima resistencia. Otro detalle que se debe considerar es la unión entre chapas para obtener una correcta estanqueidad. Para ello, se tendrán que superponer varias ondulaciones para que el traslapamiento sea eficaz.

Las fijaciones se efectúan mediante pernos a la estructura de sostén. Los elementos de sujeción varían según el tipo de material del armazón; los que se fijan a listones de madera requieren tornillos simples, y los que se toman a armaduras metálicas lo hacen mediante vástagos especialmente acabados para este fin y se sujetan a los perfiles.

La cabeza de los pernos y las arandelas próximas a la lámina se protegen con unos capuchones que evitan la oxidación y el paso del agua al interior y, como ya se mencionó, pueden renovarse en caso que se deterioren.



FIGURA 50. Fijación de láminas.

Las láminas se fijan al entramado de los largueros mediante tornillos auto roscantes y/o auto-taladrantes, con sus correspondientes arandelas de goma. Su distribución se hace coincidir con grecas superiores a fin de garantizar la estabilidad de la cubierta, a la vez de asegurar su comportamiento frente a las dilataciones. Cuando la longitud de los faldones de la cubierta obliga a afrontar la cubrición en más de un tramo, la estabilidad los traslapes se resuelve con una junta de sellado especial. Esta misma solución de traslape y sellado se aplica también en el encuentro, en cumbre, de los extremos de las láminas: se evitan sí los problemas de estabilidad que producen los soportes de cumbre habituales.

El coeficiente de dilatación permite una adaptación idónea a cualquier clase de clima, incluso a los más rigurosos y a aquellos con cambios térmicos violentos. Esto les convierte en los materiales idóneos tanto para las regiones montañosas como las costeras.

Los productos conformados en frío constituyen la mejor solución, por aspectos técnicos y económicos, en el campo de las estructuras metálicas.

6.3 Ventajas y desventajas.

La cubierta simple o el techo de lámina es una solución más económica y con estabilidad asegurada. Estas características hacen de este tipo de cubiertas una de las opciones más requeridas para las viviendas.



FIGURA 51. Cubierta simple de una vivienda.

Las cubiertas de lámina ofrecen garantía de durabilidad y estabilidad, además de una gran calidad estética y también ofrecen una rápida colocación, versatilidad y

adaptabilidad siempre y cuando se respeten una serie de condiciones para su colocación.

Las ventajas más importantes de la utilización de chapas para techos es su rápida colocación, gran versatilidad, adaptabilidad y poco peso que permite un buen manejo en obra.

Entre las desventajas indicar que si no se hace un buen aislamiento térmico por debajo de ellas, se obtienen locales extremadamente fríos en invierno y calurosos en verano.

Cuando afuera hace frío, el calor del interior hace condensar el vapor y chorrear agua.

Si no se respetan los traslapes y el resto de ejecuciones indicadas por los técnicos fabricantes puede pasar agua al interior de la vivienda.

Por ser livianas corren el riesgo de ser levantadas por fuertes vientos, para evitar esto, tienen que estar correctamente sujetadas.

6.4 Tipos de láminas y acabado.

Se pueden distinguir 3 tipos de láminas simples

- Láminas onduladas
- Láminas acanaladas
- Láminas trapezoidales

Los acabados podrán ser de cincalum, galvanizados, prelacados, y se pueden incluir o no láminas plásticas translucidas. El material utilizado generalmente para techos de viviendas es la lámina de zinc o galvanizada.

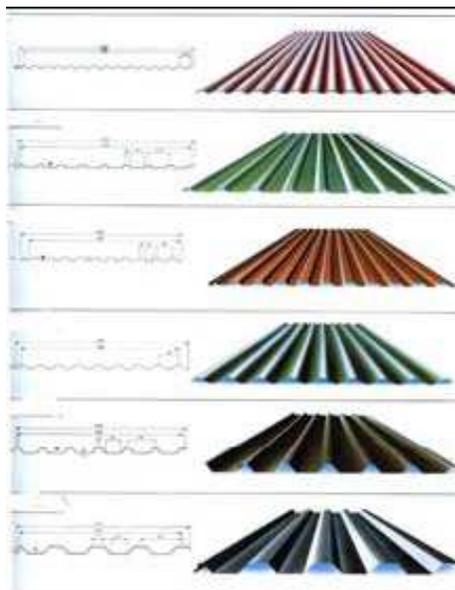


FIGURA 52. Tipos de láminas.

6.4.1 Galvanizado.

La lámina de acero galvanizada por inmersión en caliente es uno de los productos siderúrgicos de mayor desarrollo mundial. Se produce a partir de lámina de acero laminada en frío o en caliente, la cual es revestida en ambas caras con una delgada capa de zinc, de pureza no menor al 98%.

El producto, que combina las características de resistencia del acero con la durabilidad del zinc, es apto para fabricar piezas conformadas y sumamente resistentes a la acción corrosiva del medio ambiente.

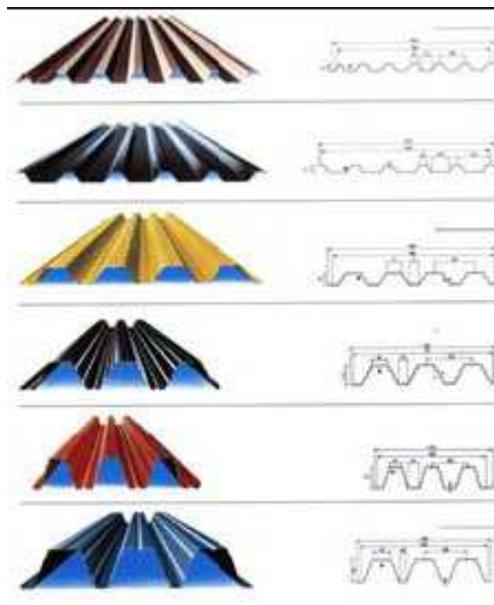


FIGURA 53. Tipos de láminas.

La galvanización puede ser de zinc solo como se ha indicado antes o con una aleación de aluminio y zinc.

La aleación Al -Zn ("Cincaalum") es una aleación de Aluminio-Zinc (55%-Al y 45% - Zn). Su composición, propiedades y características de proceso de fabricación ofrecen una de las mejores combinaciones de calidad, economía y duración.

Posee una excepcional resistencia a la corrosión, a la oxidación por calor; y la reflectividad al calor propia de los revestimientos de aluminio, además de la protección por sacrificio o galvánica del zinc. Otras aleaciones disponibles en el mercado son de cobre y de Zn.

6.4.2 Prepintado.

Se fabrica a partir de la lámina de acero galvanizada o revestida con aleación Al-Zn, sobre la que se aplica un esmalte a base de resina poliéster normal, poliéster siliconizada o fluorocarbonada.

La composición del esquema de pinturas hace que este producto posea una buena durabilidad a los agentes atmosféricos, combinando la resistencia y durabilidad del acero con revestimientos metálicos y la atractiva terminación del esmalte color. Este acabado ha sido concebido no solo para brindar respuestas,

sino para hacerlo con máximas ventajas, como tener una excelente aptitud para el conformado debido a la óptima adhesión de su capa de pintura.

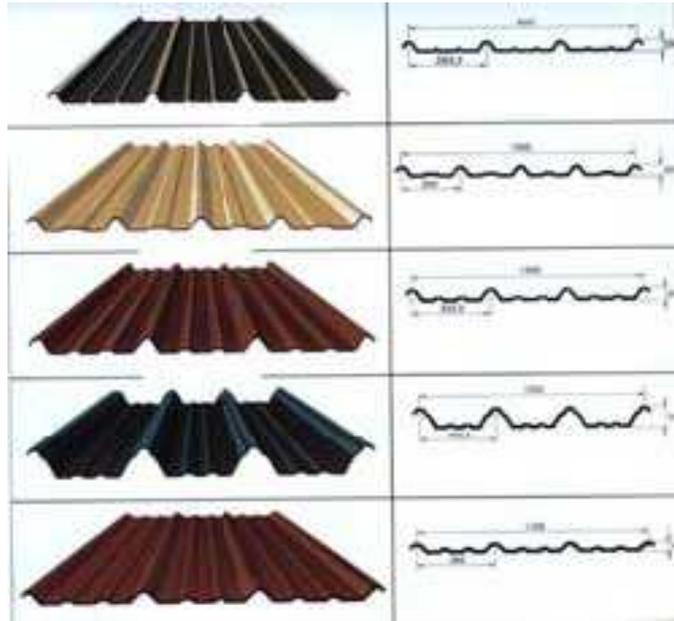


FIGURA 54. Tipos de láminas.

6.5 Montaje y puesta en obra.

Como sostén de estas cubiertas se utilizan dos tipos de estructuras: de alma llena o reticuladas. En las estructuras reticuladas las piezas principales (vigas, columnas), se fabrican con perfiles de chapa conformada en frío, los diagonales en perfiles laminados en caliente y las piezas secundarias (largueros) están realizadas con perfiles de lámina conformados en frío de cierto tipo . El ensamble entre las columnas y los pórticos se realiza mediante bulones galvanizados de alta

resistencia lo que permite un rápido y perfecto aseguramiento de las partes. Para cubrir grandes luces, o cuando son sometidas a sobrecargas elevadas, se emplean perfiles laminados de acero. Las cubiertas realizadas con láminas de conformado sinusoidal o trapezoidal, se sujetan a los largueros del techo o del cerramiento, mediante tornillos auto perforantes galvanizados con sus correspondientes arandelas metálicas con guarnición de goma inyectada, que aportan una correcta fijación a la vez que impiden las filtraciones. Los conformados han sido diseñados para utilizarse como cubiertas o revestimientos laterales. Su sistema de fijación con clips y su posterior sellado longitudinal, mediante una máquina engrafadora de tracción mecánica, permiten una cobertura sin solapes ni perforaciones, que asegura la estanqueidad del conjunto y permite su utilización tanto en techos planos (mínima pendiente:4%) como con pendiente más pronunciadas. Además, estos conformados pueden realizarse directamente en obra, no existiendo entonces limitaciones en el largo, reduciendo el costo de fletes y facilitando el montaje.

6.5.1 Distancias entre apoyos.

Considerando que se puede llegar a caminar sobre el techo, las separaciones máximas entre apoyos rondarían los 105 y 115 cm, dependiendo si es una lámina fina o gruesa respectivamente.

6.5.2 largueros.

Sirven para sujetar las chapas. Para apoyos entre paredes distanciadas en el orden generalmente de los 2,50 m. y 3 m. podemos colocar tirantes de madera que vayan de una a otra. Para lograr eso nos podemos aprovechar de las paredes que separan distintos ambientes. Si las paredes están más alejadas debemos entonces, colocar una viga en él medio. La dimensión de esta dependerá del material con que queramos hacerla.

Se pueden hacer los largueros en diversos materiales, madera, perfil de hierro, reticuladas en hierro redondo, perfil de lámina, etc.

6.5.3 Traslapes y pendientes.

Para una correcta colocación se debe tener en cuenta una pendiente adecuada y el traslape tanto vertical como lateral. Las pendientes y los traslapes están estrictamente ligados.

Para una lámina que cubre la totalidad del techo en su largo, la pendiente estaría dada por 8 cm cada 100 cm. Cuando se debe cubrir el largo del techo con más de una lámina, tendremos que traslaparlas con un mínimo de 30 cm, en este caso la pendiente podrá variar de 15 a 20 cada 100 cm.

6.5.4 Drenajes.

Estos techos pueden escurrir el agua de lluvia en forma directa o juntarla en una canaleta. Si el techo tiene caída libre, conviene volar la lámina unos 30 centímetros con respecto al muro exterior. Hay algunos puntos a cuidar como que el agua no escurra en el terreno lindero, sobre el ingreso o sobre un lugar de tierra. Si el borde inferior lleva una canaleta receptora del agua de lluvia, deberemos fijarlo antes de comenzar a colocar las láminas. Estas deberán ser colocadas con una pendiente de 1/2 centímetro por metro hacia los embudos de drenaje.

6.5.5 Aislamientos.

En techos inclinados o planos es indispensable el aislamiento hidrófugo, es decir, evitar el paso del agua y la humedad. Es importante complementar el aislamiento hidrófugo con una buena aislamiento térmico, y si es posible aislar también del ruido.

Es conveniente que un material aislante no permita el paso del agua pero sí del vapor de agua, para evitar la condensación.

El aislante hidrófugo tradicional utilizado para cubiertas inclinadas es el fieltro alquitranado. Actualmente se utiliza un film de fibras continuas de polietileno, que impide el paso del agua pero permite el paso del vapor de agua.

Además de la aislamiento hidrófuga deberá colocarse el aislamiento térmico utilizando planchas de poliestireno expandido o placas modulares que tienen un encastre hermético perimetral (el espesor utilizado será de acuerdo al aislamiento deseado) o fieltro liviano de lana de vidrio con resinas termoendurecibles. Otra de las cualidades de la lana de vidrio es que es ignífuga, es decir, no es combustible y también es un buen aislante acústico.

Algunos productos combinan la espuma de polietileno con un film de aluminio que la reviste por ambas caras.

También se pueden colocar planchas de poliestireno o de paneles rígidos de fibra de vidrio. Este tipo de material debe estar colocado en forma continua. Luego se debe colocar un film de polietileno o un fieltro asfáltico. El aislamiento hidráulico puede realizarse con techados asfálticos, o membranas asfálticas.

Así mismo, con el fin de dotar a la cubierta de un grado de acabado interior agradable, se aconseja la instalación de un falso techo bajo las estructura de cubierta.

Capítulo VII Cubiertas Tipo Deck

Las Cubiertas tipo Deck están compuestas por los siguientes elementos:

- 1) Soporte Base: lámina Perfilada
- 2) Aislamiento térmico
- 3) Impermeabilización y/o protección pesada

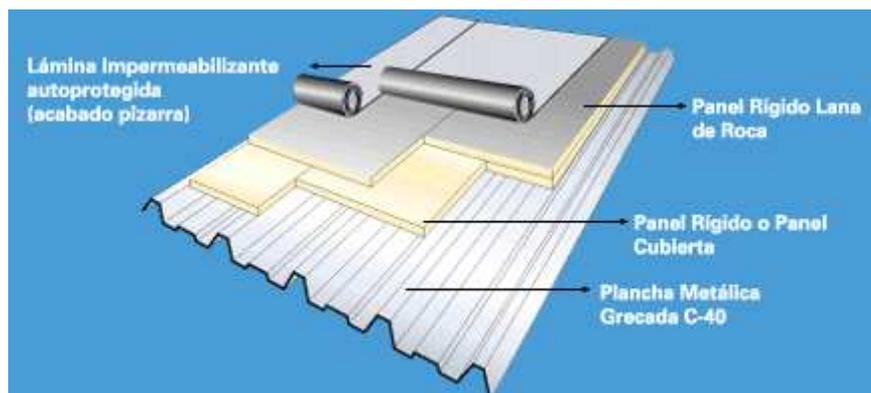


FIGURA 55. Detalle típico de cubierta tipo Deck.

La elección y preparación del perfil metálico es esencial para obtener el resultado deseado en una Cubierta Deck y viene condicionada por diferentes criterios, en general, se deberá garantizar las prestaciones estéticas y técnicas adecuadas para soportar las cargas y sobre cargas requeridas. En este sentido, la lámina se dimensionará ateniéndose a la norma, y asegurando una buena base de asentamiento para el aislamiento. La posición del perfil permitirá una mayor superficie de apoyo y también una estabilidad para evitar el movimiento de la membrana. Aquí se comenta algunos puntos que deben respetar a la hora de diseñar una cubierta de este tipo.

7.1 Prestaciones estéticas.

Determinan el aspecto o recubrimiento de la plancha así como un espesor mínimo que garantice la ausencia de problemas de abolladuras. Resulta interesante recomendar el apoyo de cubiertas Deck sobre perfiles nervados de espesor superior a 0.7 mm, independientemente de sus características estáticas de momento de inercia, módulo resistente, etc.

7.2 Seguridad.

A partir del cálculo de cargas y sobrecargas a considerar, elegir el producto que satisface con esas exigencias, cumpliendo con unas condiciones límite de uso

determinadas. Los criterios de elección del perfil para las cubiertas sobre soporte metálico consideran dos tipos básicos de cubiertas:

- **Cubiertas no accesibles:** Son aquellas cubiertas o zonas de cubierta que únicamente soportan el tránsito eventual de personas en labores de mantenimiento de la impermeabilización.

- **Cubiertas técnicas:** Son aquellas cubiertas o zonas de cubierta que soportan el paso frecuente de personal de mantenimiento o que contienen equipamientos (aire acondicionado, ventilación, iluminación, etc) que precisan una circulación habitual para su mantenimiento. Exigen soluciones específicas de estabilidad.

7.3 Sobrecargas a considerar.

- Peso propio.
- Aislante.
- Estabilidad.
- Posible protección pesada.
- Sobrecarga:

Se toma el más alto de los valores siguientes:

- Sobrecarga de nieve
- Sobrecarga de mantenimiento:

A título de ejemplo:

Zonas no accesibles: 100 kN/m²

Zonas técnicas: 150 kN/m²

Con la suma del peso propio mas sobrecarga se acude generalmente a las tablas de carga de los diferentes perfiles, determinándose el más adecuado para la distancia entre apoyos existentes.

La lámina perfilada constituye de por sí una buena barrera contra vapor. No obstante en el caso de locales de trabajo de humedad relativa alta, poco ventilados, temperaturas exteriores e interiores bajas o en atmósferas agresivas en las cuales pueden aparecer condensaciones intersticiales en la zona del aislante, se procederá a instalar una barrera de vapor entre la chapa metálica y el aislamiento.

Esta barrera será de un material laminar con una resistencia adecuada al paso de vapor. No hay que olvidar que determinados aislamientos llevan incorporados barreras de vapor.

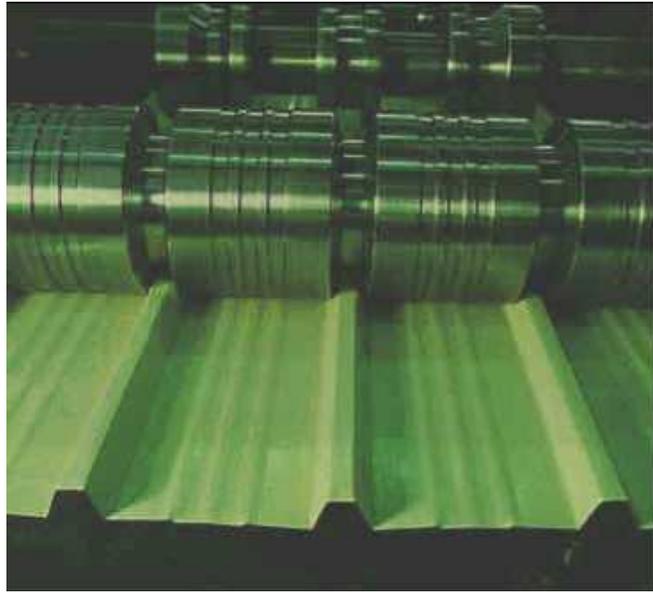


FIGURA 56. Lámina.

No se debe confundir las barreras de vapor con las capas de difusión de vapor (o igualación de presión de vapor). Para conseguir esta evacuación de vapor, se utilizarán láminas perforadas y chimeneas de ventilación comunicados con el exterior. Los valles de la chapa perfilada proporcionan canales para la difusión del vapor.

7.4 El aislamiento

La elección del tipo y espesor del aislante viene condicionada por diversos factores entre los que se destaca:

-Resistencia térmica y acústica requerida.

-Estabilidad y comportamiento al fuego.

Esta última y determinante exigencia delimita algunas preferencias hacia los aislamientos de tipo inorgánico y dentro de los mismos a dos productos básicos:

Dos son las funciones básicas que se precisan del aislamiento térmico:

- Capacidad aislante suficiente para que en el interior de la edificación no se produzcan condensaciones y reúna las condiciones térmicas requeridas.
- Servir de soporte a la impermeabilización, presentando una adecuada rigidez y un buen comportamiento a flexión y compresión.

Respecto al soporte base, el aislamiento se colocará pegado mediante oxiasfalto en caliente o fijado mecánicamente por tornillo y arandela. Hay que tener en cuenta que la elección del aislamiento vendrá condicionada por el tipo de impermeabilización elegido y las incompatibilidades que éste pueda presentar.

Todos presentan unas buenas cualidades en cuanto a estabilidad dimensional, imputrescibilidad y resistencia a compresión, así como una clasificación al fuego.

7.4.1 Lana de roca.

Ofrece una completa gama de paneles con diferentes densidades, orientaciones de fibra y terminaciones superficiales en función de las necesidades de la obra y del tipo de impermeabilización elegido.



FIGURA 57. Lana de Roca.

7.4.2 Perlita expandida.

Cubre perfectamente con su gama las posibles exigencias de este tipo de cubiertas, caracterizándose por una excelente resistencia a la compresión y una conductividad ligeramente superior a la lana de roca.



FIGURA 58. Perlita Expandida.

Es totalmente aconsejable que el aislamiento se suministre a obra con embalaje estanco protector que garantice la ausencia de humedades previas a su colocación.

Al desarrollar los posibles sistemas de impermeabilización, definiremos las características exigibles a los correspondientes aislamientos. un buen criterio sería la utilización de aislamientos que hayan obtenido como mínimo una clasificación al fuego

7.5 Impermeabilización y /o protección pesada

Los sistemas de impermeabilización de cubiertas son muchos y según los criterios exigentes y avanzados se diseñan una serie de soluciones constructivas, elegidas entre las más frecuentemente utilizadas.



FIGURA 59. Sistema de impermeabilización.

Cubierta con protección pesada con grava no transitable **Fig.60**

Solución tipo:

- 1) Protección con grava.
- 2) Lámina antipunzonante.
- 3) Lámina impermeabilizante.
- 4) Aislamiento térmico.
- 5) Barrera de vapor.
- 6) Hormigón de pendientes.
- 7) Forjado o soporte metálico

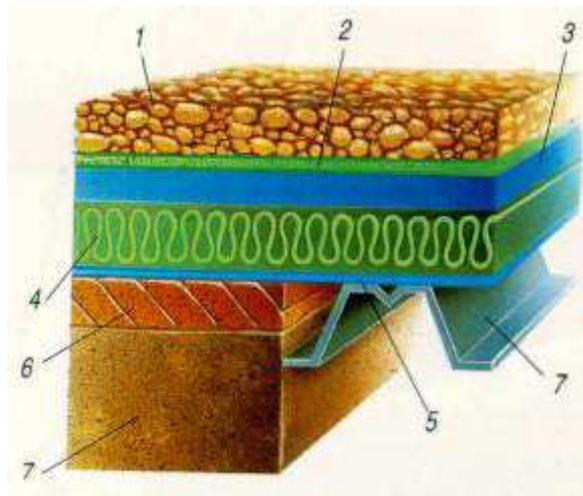


FIGURA 60. Cubierta con protección pesada con grava no transitable.

Cubierta con protección pesada transitable Fig.61

Solución tipo:

- 1) Baldosas.
- 2) Filtro antipunzonate.
- 3) Lámina impermeabilizante.
- 4) Aislamiento.
- 5) Barrera de vapor.
- 6) Hormigón de pendientes.
- 7) Forjado tradicional.

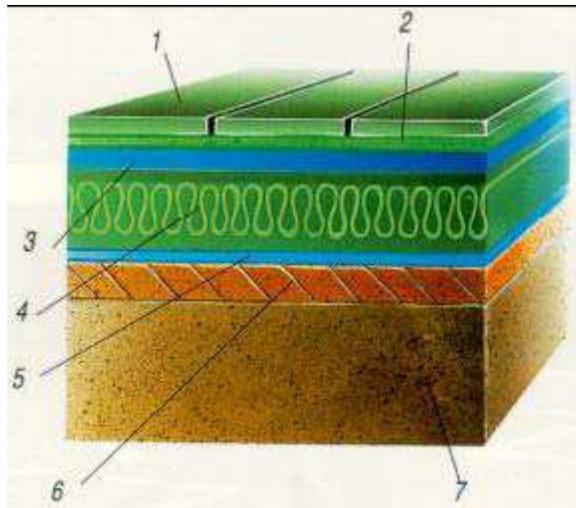


FIGURA 61. Cubierta con protección pesada transitable.

No cabe duda que la impermeabilización es el apartado más importante de toda Cubierta Deck. Su misión principal es garantizar la estanquidad del sistema, así como asegurar que el aislamiento mantenga íntegras todas sus propiedades.

Estos paneles tipo Deck están fabricados en continuo y proporcionan una excelente solución para cubiertas con necesidad de ser impermeabilizadas por su baja pendiente menos 5%.

Este tipo de panel suele ser un producto indicado para cubiertas no transitables, como por ejemplo las de las grandes superficies comerciales, y en determinados casos deberá cumplir una función acústica.

Capítulo VIII Cubiertas Telescópicas

Son cubiertas formados por piezas longitudinalmente sucesivas que pueden recogerse encajando cada una en la anterior, con lo cual se reduce su largura. Estas cubiertas permiten desplegarse y recogerse según sean las necesidades del usuario. Su uso principal es ayudar a la climatización de piscinas.



FIGURA 62. Cubierta telescópica.

8.1 Las características que deben cumplir estas cubiertas.

- **Fácil funcionamiento.**

Al no ser fijo, este innovador sistema de cubiertas no requiere ningún tipo de permiso de obras. Además, como su instalación no precisa de molestos railes en el suelo, en verano el usuario puede descubrir la piscina para disfrutarla en su totalidad, y cubrirla en invierno para prolongar la temporada de baño.

- **Temperaturas.**

Estas cubiertas serán fabricadas con materiales tecnológicamente probados para captar y conservar la energía solar diurna, aumentando entre 8° y 10° C la temperatura del agua y del ambiente sin necesidad de climatización.

Los materiales con que están construidas deben permitir crear un microclima templado en invierno y soportar las máximas temperaturas en verano, sin envejecer ni amarillear con el tiempo.

Como material transparente se usa el metacrilato compacto o colado. Este material ofrece una mayor seguridad que los cristales ya que su resistencia es 250 veces superior, lo cual garantiza su dureza, evitando roturas. Todas las piezas y

tornería se fabrican en acero inoxidable de calidad marina. El sistema de estanqueidad se basa en el clipaje entre perfiles de gomas y cepillos que mantienen un ambiente distinto al exterior, con la ventaja de que al abrir y cerrarse la estructura actúan como limpiadores de los acristalamientos.

Economía.

Estas cubiertas telescópicas consiguen, sin ser una estructura totalmente estanca, un comportamiento térmico y aislante excepcional, conseguimos así aumentar el disfrute de su piscina ostensiblemente. Dependiendo de la situación geográfica. En zonas frías que inevitablemente se acorta la temporada de baño, y es necesario la utilización de sistemas alternos para calentar el agua (bombas de calor, gas natural, etc.) obtendremos un ahorro mínimo de un 50% a un 75% en la utilización de dichos sistemas.



FIGURA 63. Cubierta telescópica de una alberca.

Seguridad.

Este sistema, al ofrecer un cerramiento total para su piscina, garantiza la seguridad de niños y animal.

Gracias a las múltiples ventajas que nos ofrecen los materiales utilizados en paredes y techos, se reduce considerablemente las radiaciones solares que puedan ocasionar quemaduras solares e insolación.

Capítulo IX Ejemplificación de información técnica y proceso constructivo de un arcotecho.

9.1 Antecedentes del arco

El arco apareció en Mesopotamia, en la civilización del valle del Indo, Egipto, Asiria, Etruria y más adelante en la Roma Antigua. El arco se utilizó para las estructuras subterráneas y de drenaje, fueron los romanos los primeros en usarlos en la superficie, aunque se pensaba que los romanos aprendieron su uso de los etruscos. El arco ha sido usado en algunos puentes en China desde las dinastía Sui y en tumbas desde la dinastía Han. El denominado arco romano es de forma semicircular y construido a partir de un número impar de dovelas. Se necesitan un número impar de piezas para que haya una central o dovela clave.

Existe una tendencia de empuje de los lados del arco hacia fuera, que debe ser contrarrestada por un mayor peso de albañilería para empujarlo hacia dentro. El arco semicircular puede ser aplanado para hacer un arco elíptico. Los romanos

usaron este tipo de arco semicircular en muchas de sus estructuras tradicionales, como acueductos, palacios y anfiteatros.

En la Edad Media, el arco se convirtió en un importante técnica en la construcción de catedrales y todavía se usa hoy en día en algunas estructuras como en los puentes.

9.2 Tipos de arcos

9.2.1 Arcos de un solo centro

- **Arco de medio punto o formarete:** El centro de la circunferencia está a la altura de las *impostas*, por lo tanto su flecha es igual a la mitad de su luz.
- **Arco rebajado:** Cuando la flecha es menor que la semiluz. Así es el arco **escarzano** cuya curva no llega al semicírculo y cuyo centro está por debajo de las impostas.
- **Arco peraltado:** Cuando la altura de su flecha es mayor que su semiluz.
- **Arco peraltado realzado:** Cuando el peralte es rectilíneo. Así son los arcos asturianos.
- **Arco de herradura:** Cuando el peralte no es rectilíneo sino curvilíneo. La curva del arco pasa del semicírculo y el centro se halla por encima de la línea de impostas.

- Cuando el arco de herradura se cierra a $2/3$ del radio es el más peraltado.
- El arco califal se cierra a $1/2$ del radio; el 2º más peraltado.
- El arco visigodo se cierra a $1/3$ del radio; el menos peraltado.

9.2.2 Arcos de dos centros

Arco apuntado: Las dos curvas forman ángulo en la clave. Según donde esté situado el centro, se llaman:

- De todo punto cuando sus centros están en los arranques, en la línea de las impostas.
- De tercio punto cuando, dividida su luz en tres partes, los centros se encuentran en los extremos del tercio central.
- De cuarto punto, cuando, dividida la luz en cuatro, los centros están en los extremos de los 2 cuartos interiores.

9.2.3 Arcos de tres centros

- **Arco carpanel o apainelado:** Con dos centros en la línea de las *impostas* y otro por debajo de ella.
- **Arco rampante o por tranquil:** Es el que tiene sus salmeres a distinta altura

- **Arco túmido** (Tumidus –a –um = hinchado). Es el arco de herradura apuntado. También se le llama arco árabe.

9.3 Techo sin estructura.

Sistema constructivo a base de arcos modulares de una sola pieza , en lamina galvanizada o pinto alum. Fabricados en el lugar a la medida de sus necesidades Los arcos son unidos entre si con una engargoladora eléctrica que garantiza su hermeticidad.



FIGURA 64. Engargoladora.

Este sistema permite cubrir su nave sin ningún tipo de estructura adicional, teniendo así el 100% de área libre

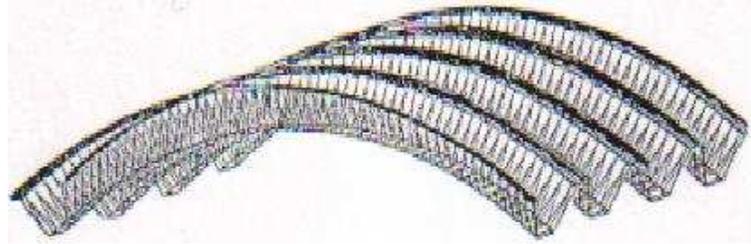


FIGURA 65. Lamina procesada.

9.4 cubiertas

9.4.1 Tipo membrana

Este tipo es apoyado sobre muros y/o vigas actuando como soporte de la cubierta

Se fabrica con flechas del 20% al 35% en ancho total

Se recomienda utilizar flechas del 20% por ser mas económicas, ya que la longitud de la curva será menor.

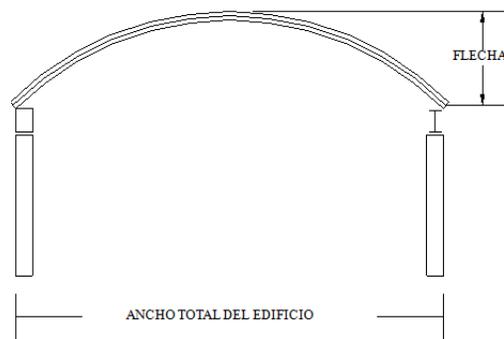


FIGURA 66. Arco tipo membrana.

9.4.2 Tipo semicircular

Son cubiertas que se desplantan del nivel del terreno sobre una trabe de cimentación corrida por lo que el arco actúa como muro y cubierta a la vez. Se pueden producir las cubiertas en flechas de 35 y 50% del ancho total de la cubierta. **Nota** : El perfil recto (sin combar) es utilizado en los muros frontales sin utilizar polineria intermedia.

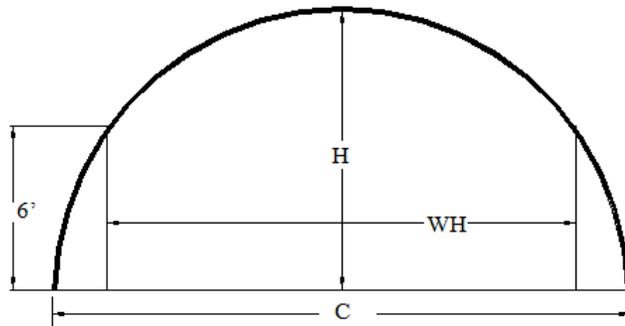


FIGURA 67. Arco tipo circular.

- claro " C " ancho total del edificio.
- flecha " H " altura máxima de la cubierta (al centro)
- longitud. largo total del edificio.
- espacio útil " WH " (solo para cubiertas semicirculares) se considera para que una persona de 1.80 m. de altura transite con libertad.

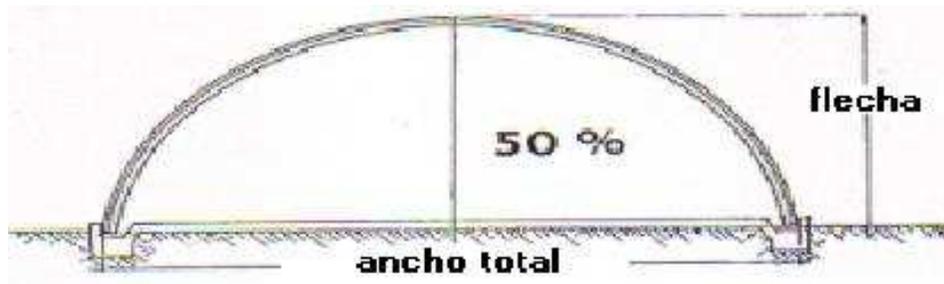


FIGURA 68.

9.5 Características y ventajas.

Este sistema ofrece muchas ventajas sobre otros sistemas constructivos que hacen a las cubiertas autoportantes, la manera mas rápida y económica de cubrir claros hasta de 25 metros de ancho.

9.5.1 Economía.

econotecho T-166 produce cubiertas de arcos autoportantes que nos permite construir edificios y cubiertas metálicas mediante una maquina acanaladora, curvadora, y una grúa, sin pijas ni tornillos, ni remaches que con un practico sistema de engargolado que nos da una hermeticidad sin goteras de por vida.



FIGURA 69. Proceso de colocación de las piezas.

9.5.2 Rapidez.

econotecho T-166 es una maquina montada sobre un trailer o remolque se transporta a cualquier lugar que pueda llegar un camión.

Debido a la materia prima que es la lamina de acero Zintro-Alum y Pintro-Alum en rollo de 2' (61 cms) se produce arcos de 0.406 mts. de ancho.

El edificio se fabrica al pie de la obra en un solo día, en su versión plana T-165.

9.5.3 Ligereza & resistencia

Al usar lamina en rollos se evitan los problemas de transporte, tiempo de entrega, maltrato de material, puntos de oxidación, por cortes o perforaciones.

Vida Util

Una vez fabricados los arcos éstos son engargolados herméticamente de 3 en 3 y montados con una grúa; con la cual la lamina permanece como salida de fabrica, lo cual duplica la vida útil de este.



FIGURA 70. Engargolado.

econotecho esta diseñado para recibir una carga muerta de 60 kg/m² y resistir vientos de hasta 160 km/hr. según el claro y el calibre.



FIGURA 71.

9.5.4 Sencillez y belleza.

El sistema patentado econotecho T-166 cuenta con la más moderna tecnología Innovadora para la construcción de edificios para prefabricados.

En su sistema semicircular o membrana ahorrando tiempo, dinero e indirectos. econotecho no requiere de soldadura, birlos, selladores, armaduras o vigas aprovechando mayor volumen y espacio libre.

9.5.5 Versatilidad

ECONOTECHO, curvo para techos T-166 o plano para cubierta y muros T-165 es un sistema modular 16" de ancho (0.406 cms.) y 5" de peralte (0.127 cms.) que

permite realizar cualquier proyecto. Por lo cómodo de sus medidas con su sistema de engargolado y la fabricación de paneles a 30 mts. Permite techar un área de 500 m² por día.

Semicircular

Edificios muy económicos de piso a piso desde 8.00 mts. de claro hasta 22.00 mts. de ancho con una altura hasta de 8.50 mts.

Membrana

Prácticas cubiertas para construir sobre muros desde 5 mts. hasta de 25 mts. de ancho sin estructuras y con una flecha del 20% de claro.

9.5.6 Especificaciones

Econotecho T-166 puede fabricarse en lámina de acero galvanizada, Zintro, Zintro-Alum, Pintro y Duretano, en varios calibres según su claro y condiciones de vientos del lugar donde se vaya a construir.

Galvanizado El acabado Zintro-Alum aleación Zinc-Aluminio recubrimiento; 0.50 onzas/Pie² le dá doble vida al galvanizado.

Pintura Pintro-Alum pintura horneada Poliester-Flex más resistente a la corrosión.

El Acero grado 37 ASTM-A792 $f_y=2600$ kg/cm², para troquelado medio, en calibres 26, 24, 22 y 20.

9.5.7 Aplicaciones

Tiene una gran variedad de usos, lo cual permite que sea un sistema, tanto para el ramo industrial, comercial, urbano, servicios o de entretenimiento Bodegas, almacenes de grano y fruta, almacenes de materias primas, hangares talleres, maquinadoras, industrias en general, patio de carga, andenes, gimnasios estadios, escuelas, auditorios, centros recreativos, hospitales, albergues, metro estacionamientos, estaciones de autobuses, discotecas, bares, aeropuertos agencias de autos, expos, tiendas de auto servicios, centros comerciales ect.

9.6 Fijación de arco en estructura de concreto

Trabe de apoyo

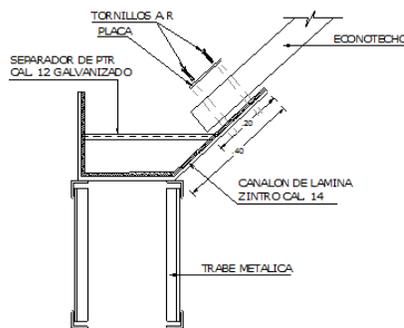


FIGURA 72. Elevación.



FIGURA 75. Canalón.



FIGURA 76. Colado del canalón.

El canalón de concreto deberá estar recubierto con algún impermeabilizante, thermotek u otro producto impermeable.

Nota: es necesario respetar los 43° grados especificados en la trabe canalón.

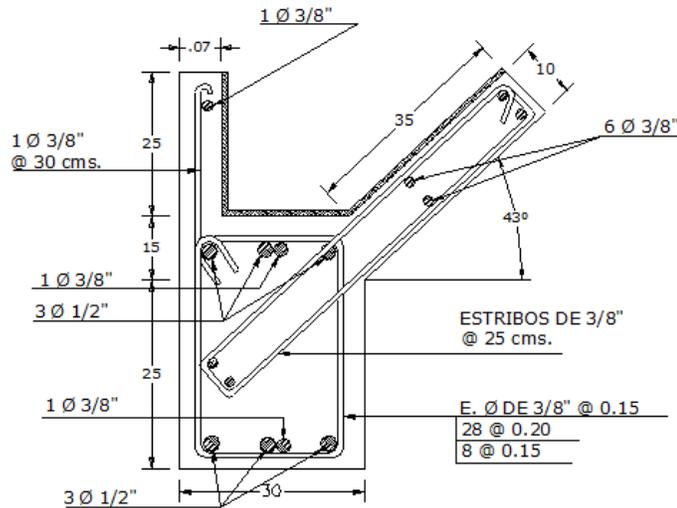


FIGURA 77. Trabe extremo.

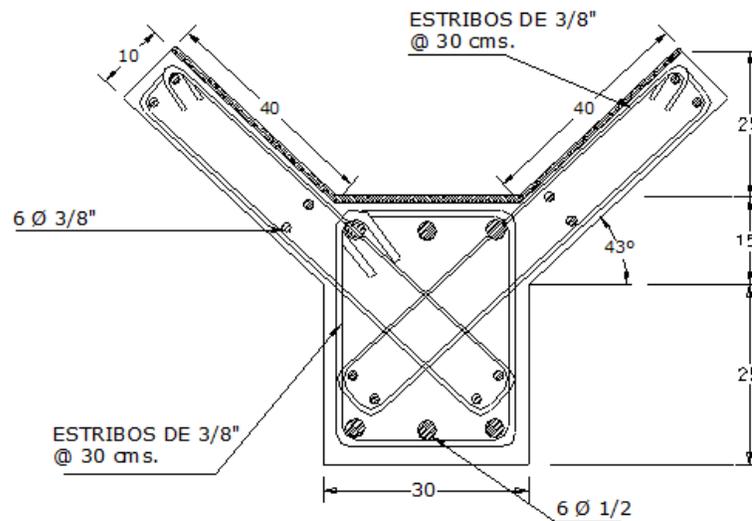


FIGURA 78. Trabe central.

9.7 Canalón de acero

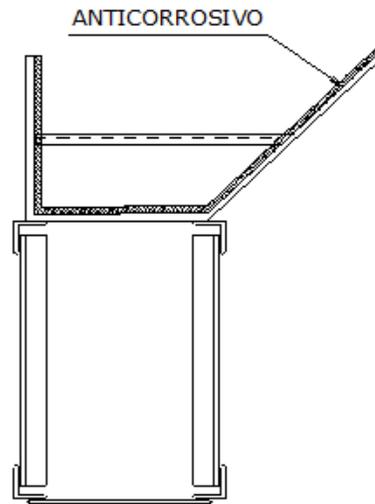


FIGURA 79. Trabe extremo.

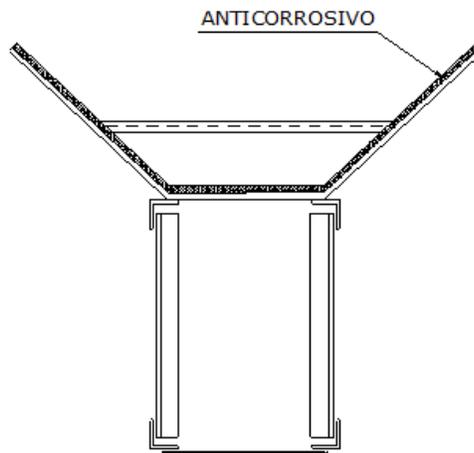


FIGURA 80. Trabe central.

Detalle de fijación de econotecho (en acero)

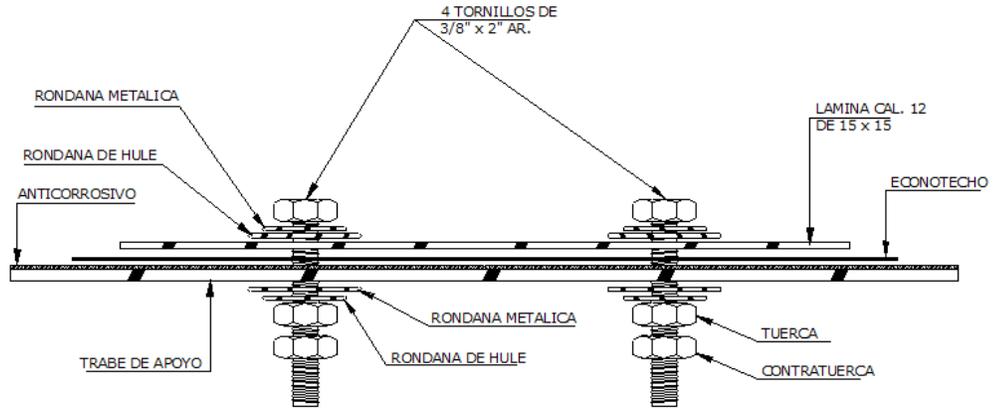


FIGURA 81. Fijación de la lámina al soporte de apoyo.

9.8 Fijación de muros frontales

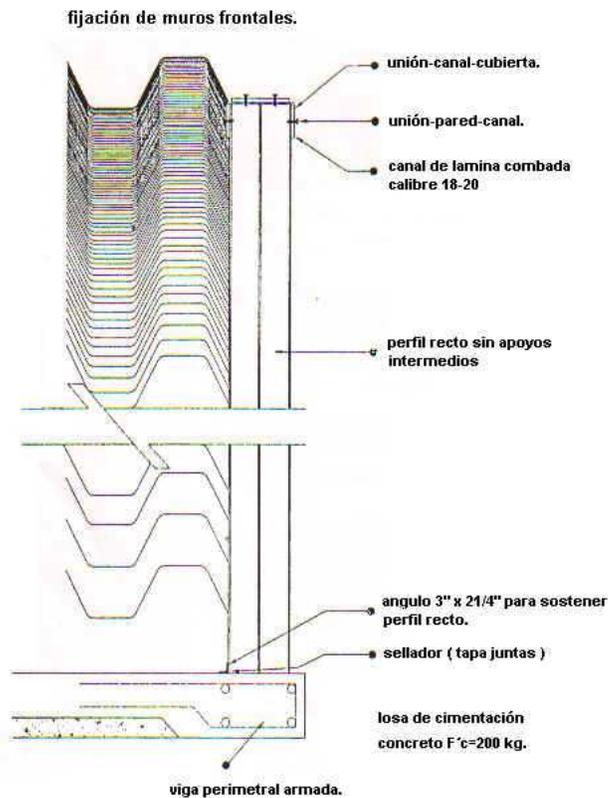


FIGURA 82. Fijación de muros.

9.9 Detalle de bajante pluvial

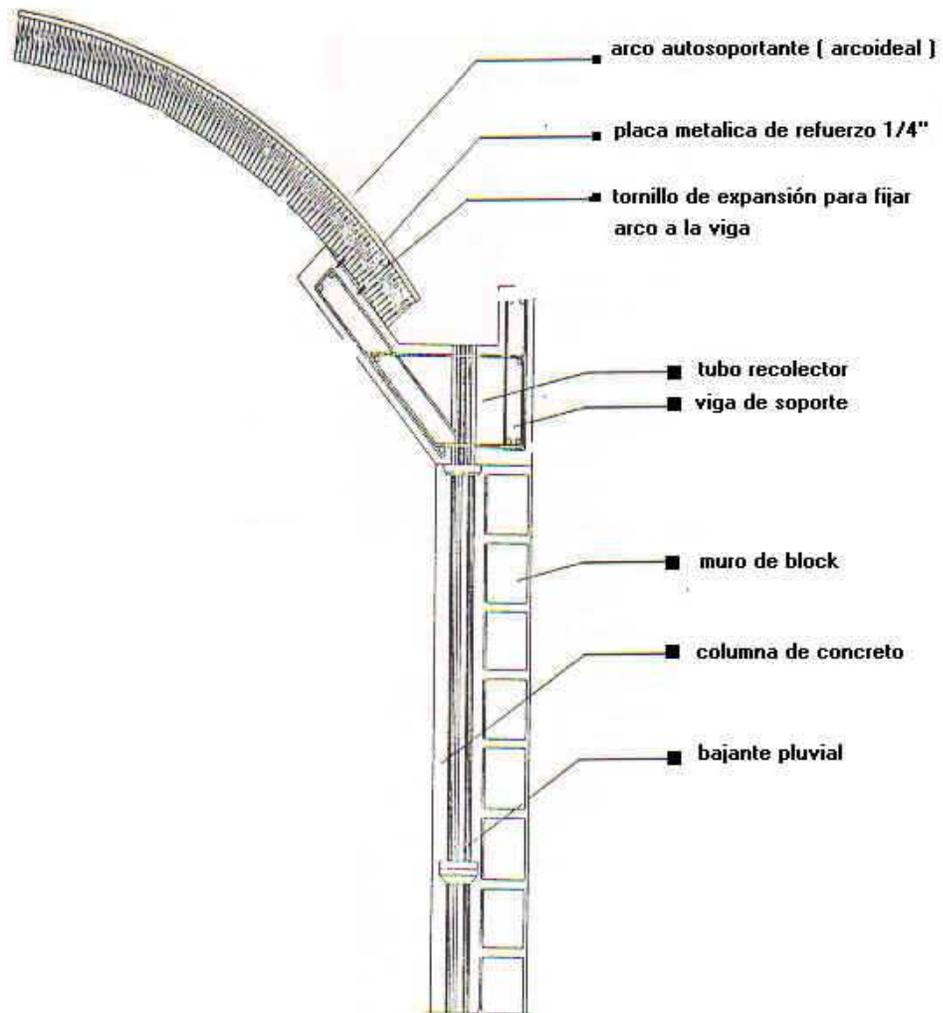


FIGURA 83. Bajante pluvial.

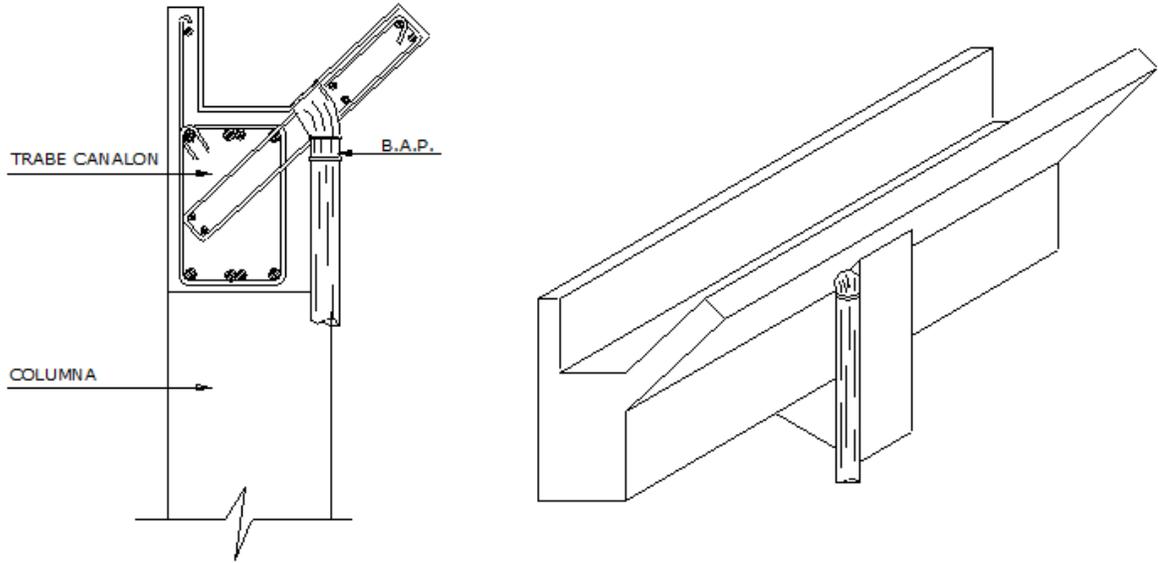


FIGURA 84. Solución B.A.P.

9.10 Fijación de acrílico y extractor atmosférico

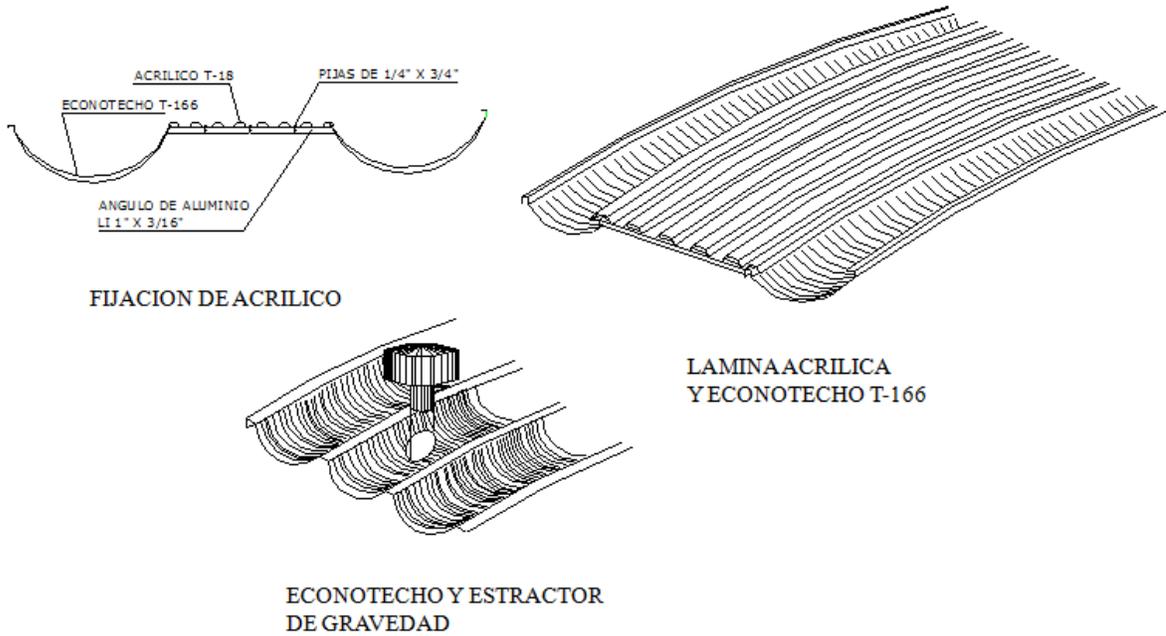


FIGURA 85. Acrílico y extractor.

9.11 Detalle de cimentación

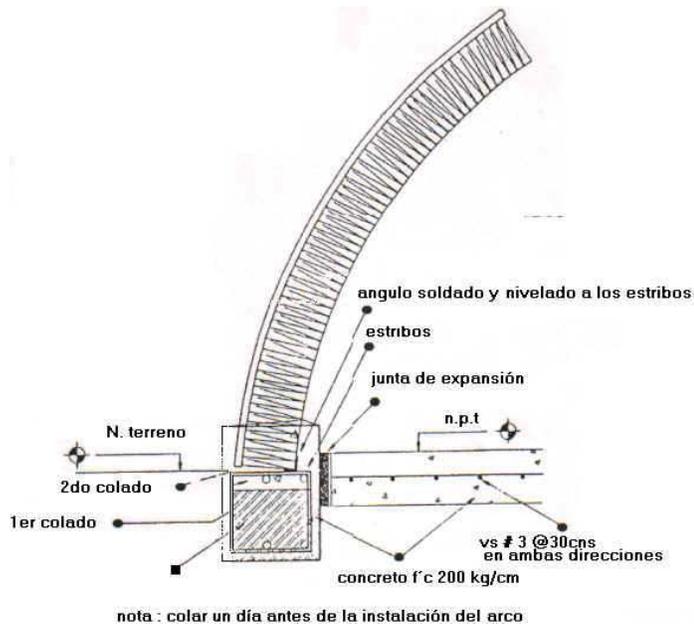


FIGURA 86. Cimentación.

9.12 Distribución de las cargas de la lamina en los apoyos



FIGURA 87.

Representación de la carga cuando actúa el peso propio de la lamina + carga viva de 40 kg/m² (valores positivos que se indican)

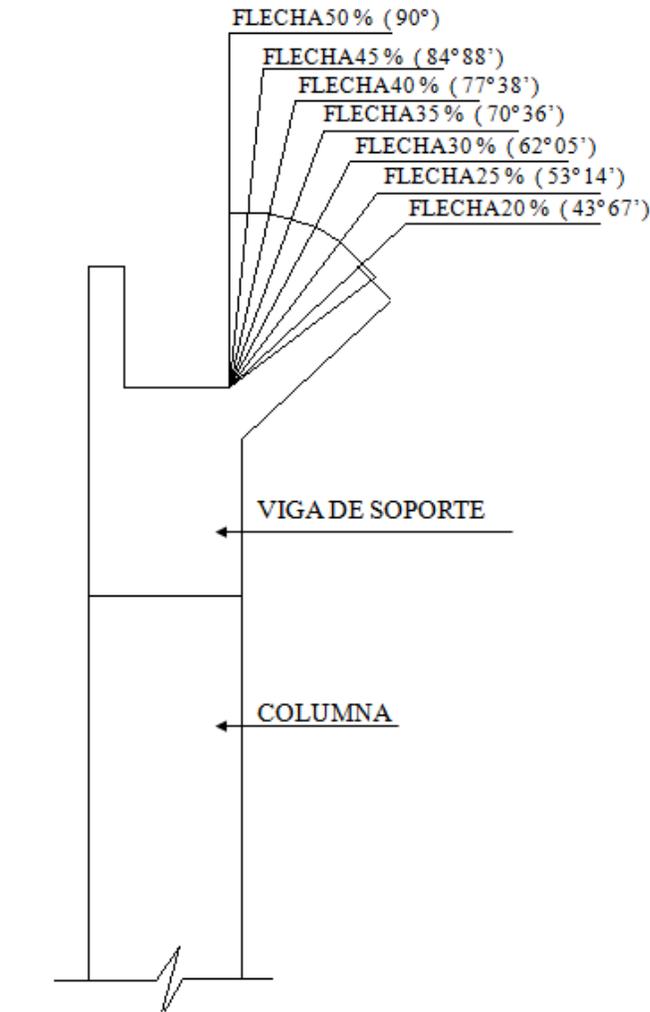


FIGURA 88.

Representación de la carga cuando actúa viento transversal o viento longitudinal (valores negativos que se indican)

Notas

Todos los valores son considerado una flecha del 20% Los valores negativos (-) indican succión de la lamina y viga El sistema de apoyo esta considerado articulado.



Notas:

- 1.- datos en grados para el diseño de viga de soporte concreto o acero.
- 2.- flechas utilizadas para cualquier claro de cubierta.
- 3.- cualquier flecha intermedia se debe calcular.
- 4.- revisar en obra las dimensiones de la cubierta.
- 5.- datos aproximados.

FIGURA 89. Grafica de porcentaje de inclinación de la viga soporte.

9.13 Localización del edificio

Para fines de diseño por viento, la república mexicana se ha dividido en varias zonas, como se muestra en el mapa regional eólica dependiendo de la ubicación de la construcción se toma la velocidad de viento para fines de calculo.

Tipos de carga:

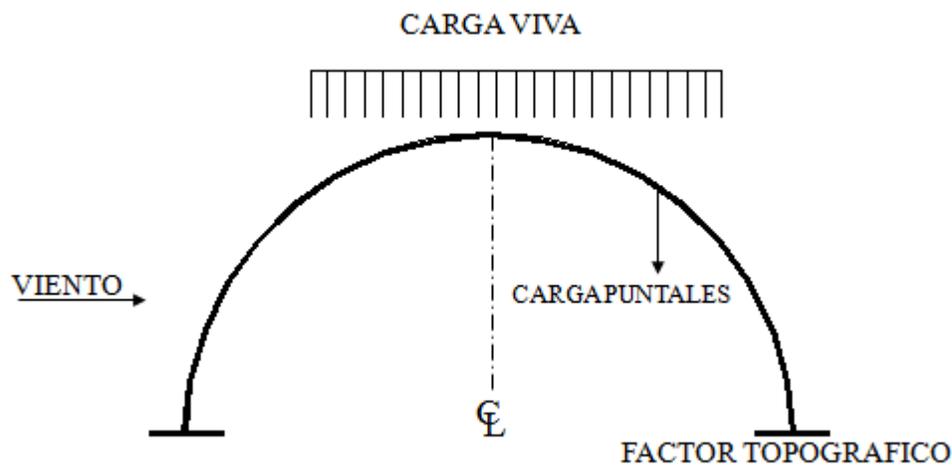


FIGURA 90. Cargas.

- carga de viento: se obtiene a partir de la velocidad regional del viento (de acuerdo a la regionalización eólica) y el factor topográfico .
- carga muerta: se considera la carga ejercida por el peso de la lamina.
- cargas concentradas (puntuales): son aquellas ejercidas en un punto especifico del arco ubicado con respecto al centro de la cubierta tales como: luminarias, abanicos, ventiladores, etc.

9.14 Estudio de viento

9.14.1 Regionalización eólica de la república mexicana



FIGURA 91. Regionalización eólica.

9.14.2 Zonas eólicas.

ZONA 1

Península de Baja California ,estado de Baja California Norte y Sur

- ZONA 2** Pacífico Norte : Oeste de Sonora , gran parte de Sinaloa y Nayarit
- ZONA 3** Altiplano Norte : Este de Sonora y Sinaloa, Chihuahua, la mayor parte de Coahuila Sur y Oeste de Nuevo León, Durango casi la totalidad de Zacatecas y porciones norte de los Estados Nayarit, Jalisco, Aguascalientes y San Luis Potosí
- ZONA 4** Costa del Golfo y Península de Yucatán : Porciones norte y este de Coahuila y Nuevo León, gran parte de Tamaulipas y Veracruz, los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo y porciones pequeñas de San Luis Potosí, Hidalgo, Oaxaca y Chiapas.
- ZONA 5** Altiplano Sur: Abarca los estados de Guanajuato , Querétaro, Tlaxcala, Morelos, Estado de México, Hidalgo, Puebla y el Distrito Federal., porciones importantes de Jalisco, Aguascalientes, San Luis Potosí, Oaxaca, Guerrero y Michoacán y partes pequeñas de Nayarit, Colima Zacatecas, Tamaulipas y Veracruz
- ZONA 6** Pacífico Sur : Costa de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas

Chiapas: Gran parte del estado de Chiapas, excepción hecha de su

ZONA 7 costa.

TABLA 7. Velocidades regionales.

ZONA EÓLICA	VELOCIDAD REGIONAL KM/HORA ESTRUCTURAS GRUPO B (TR=50 AÑOS)
1	90 km/hora
2	125 km/hora
3	115 km/hora
4	160 km/hora
5	80 km/hora
6	150 km/hora
7	80 km/hora

fuelle: Manual de diseño de obras civiles, diseño por viento CFE

9.15 Tablas descriptivas para el cálculo del arcotecho

TABLA 8. Calibres kilos x metro lineal.

CALIBRE	ESPEJOR	kg/ml (3ft)
16	0.0613	11.155
18	0.0493	8.997
20	0.0374	6.797
22	0.0314	5.703
24	0.0224	4.892
25	0.0221	4.062
26	0.0194	3.515

TABLA 9. Pesos teóricos x m².

CALIBRE	plug	m.m.	kg/m ²
16	0.06	1.52	11.91
18	0.048	1.22	9.52
20	0.036	0.91	7.15
22	0.03	0.76	5.96
24	0.024	0.61	4.76
25	0.021	0.53	4.16
26	0.018	0.46	3.57

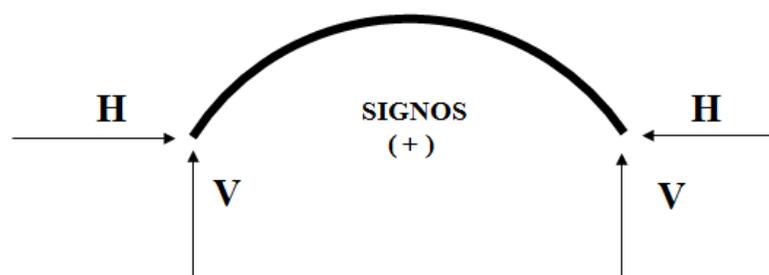
TABLA 10. Reacciones de edificio wonder (tipo membrana).

MODELO TIPO	VEL. REGIONAL VIENTO (KM/HR.)	CALIBRE	COMBINACION C. MUERTA + C. VIVA		COMB. 0.75 (C. MUERTA+VTO. LATERAL)		COMB. 0.75 (C. MUERTA+VTO. FRONTAL)	
			CORTANTE VERTICAL (KG/M)	CORTANTE HORIZONTAL (KG/M)	CORTANTE VERTICAL (KG/M)	CORTANTE HORIZONTAL (KG/M)	CORTANTE VERTICAL (KG/M)	CORTANTE HORIZONTAL (KG/M)
M-15	200	24	506	573	-870	-930	-1042	-990
	160	24	506	573	-543	-580	-655	-618
	130	24	506	573	-342	-365	-417	-394
	115	24	506	573	-260	-275	-312	-298
M-20	200	22	707	833	-1183	-1317	-1391	-1414
	160	22	707	833	-736	-811	-871	-878
	130	22	707	833	-461	-506	-550	-550
	115	22	707	833	-342	-379	-417	-417
M-25	200	22	885	1086	-1518	-1719	-1756	-1852
	160	22	885	1086	-937	-1064	-1094	-1153
	130	22	885	1086	-588	-662	-692	-722
	115	22	885	1086	-439	-498	-521	-543
M-30	200	20	1109	1176	-1074	-1734	-2098	-1830
	160	22	1079	1146	-1064	-1086	-1317	-1153
	130	22	1079	1146	-662	-677	-833	-722
	115	22	1079	1146	-498	-506	-625	-536
M-35	200	18	1362	1495	-1972	-2061	-2403	-2202
	160	20	1295	1421	-1242	-1295	-1517	-1384
	130	20	1295	1421	-766	-796	-945	-856
	115	20	1295	1421	-565	-588	-707	-632

nota: carga viva = 60 kg/m²

TABLA 11. Reacciones de edificio econotecho (tipo membrana).

MODELO TIPO	VEL. REGIONAL VIENTO (KM/HR.)	CALIBRE	COMBINACION C. MUERTA + C. VIVA		COMB. 0.75 (C. MUERTA + VTO. LATERAL)		COMB. 0.75 (C. MUERTA + VTO. FRONTAL)	
			CORTANTE VERTICAL (KG/M)	CORTANTE HORIZONTAL (KG/M)	CORTANTE VERTICAL (KG/M)	CORTANTE HORIZONTAL (KG/M)	CORTANTE VERTICAL (KG/M)	CORTANTE HORIZONTAL (KG/M)
M-15	160	24	506	573	-543	-580	-655	-618
	115	24	506	573	-260	-275	-312	-299
M-20	160	22	707	833	-736	-811	-871	-878
	115	22	707	833	-342	-379	-417	-417
M-22	160	22	885	1086	-937	-1064	-1094	-1153
	115	22	885	1086	-439	-498	-521	-543

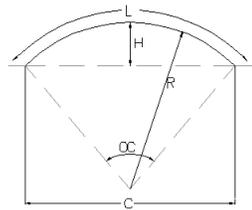


nota: carga viva = 60 kg/m²

FIGURA 92.

TABLA 12. Cubierta membrana.

MODELO	CLARO INTERIOR C=ML	ALTURA H = MTS.	PESO DEL ARCO W = KG.	AREA CUBIERTA POR ARCO AC = M ²	DESARROLLO DEL ARCO L = MTS.	RADIO DE GIRO R = MTS.	CALIBRE DE LA SECCION P
M-9-18	9	1.80	23.29	3.65	9.93	6.53	26
M-10-20	10	2.00	25.86	4.06	11.03	7.25	26
M-11-22	11	2.20	28.44	4.47	12.13	7.98	26
M-12-24	12	2.40	31.05	4.88	13.24	8.70	26
M-13-26	13	2.60	40.44	5.28	14.34	9.43	24
M-14-28	14	2.80	43.57	5.68	15.45	10.15	24
M-15-30	15	3.00	46.67	6.10	16.55	10.88	24
M-16-32	16	3.20	49.77	6.50	17.65	11.60	24
M-17-34	17	3.40	71.29	6.90	18.76	12.33	22
M-18-36	18	3.60	75.47	7.30	19.86	13.05	22
M-19-38	19	3.80	79.65	7.70	20.96	13.78	22
M-20-40	20	4.00	83.87	8.10	22.07	14.50	22



$$L = 0.01745(OC)(R)$$

$$R = \frac{C^2 + 4(H)^2}{8H} \qquad OC = \frac{57.296L}{R}$$

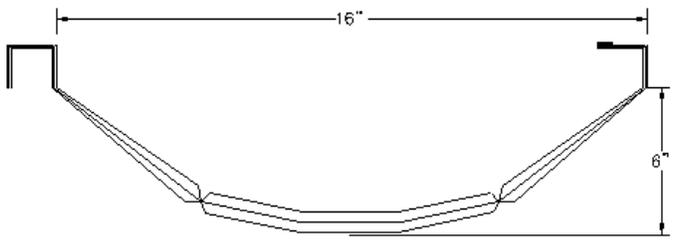


FIGURA 93.

TABLA 13. Cubierta semicircular.

MODELO	CLARO INTERIOR C=ML	ALTURA H= MTS.	PESO DEL ARCO W = KG.	AREA CUBIERTA POR ARCO AC = M ²	DESARROLLO DEL ARCO L = MTS.	RADIO DE GIRO R= MTS.	CALIBRE DE LA SECCION P
M-9-45	9	4.05	81.33	3.65	13.14	4.525	24
M-10-45	10	4.50	97.36	4.06	15.73	4.027	22
M-11-49	11	4.95	107.08	4.47	17.30	5.530	22
M-12-54	12	5.40	116.86	4.88	18.88	6.033	22
M-13-58	13	5.85	126.58	5.29	20.45	6.536	22
M-14-63	14	6.30	81.59	5.33	20.63	7.04	22
M-15-68	15	6.75	87.41	5.71	22.10	7.54	20
M-16-72	16	7.20	93.26	6.10	23.58	8.04	20
M-17-65	17	7.46	107.54	5.93	22.93	8.82	20
M-18-68	18	6.84	113.87	6.28	24.28	9.34	20
M-19-72	19	7.22	120.20	6.63	25.63	9.86	20
M-20-76	20	7.60	126.49	6.97	26.97	10.38	20

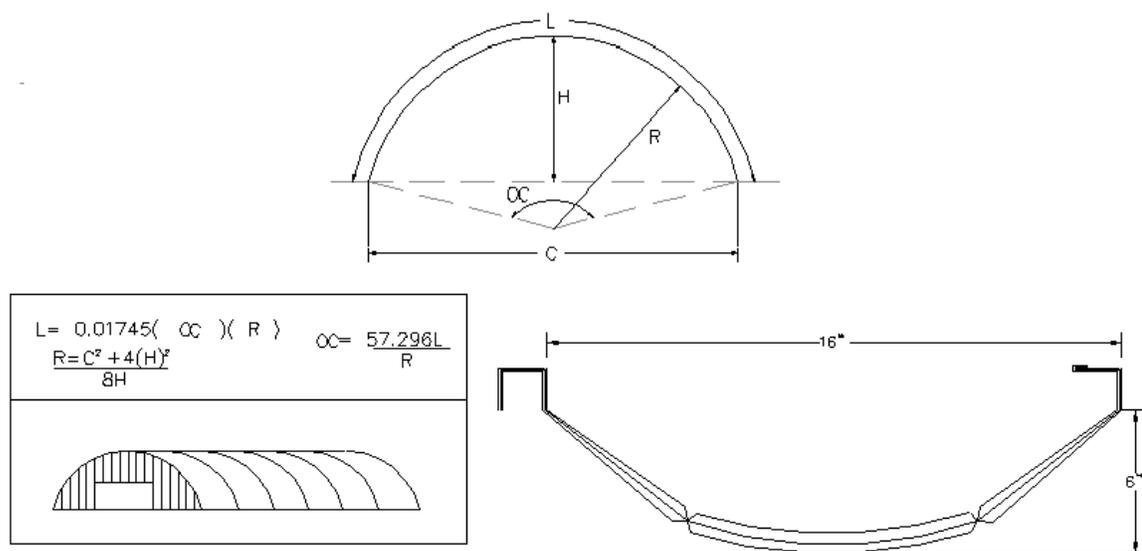


FIGURA 94.

TABLA 14. Cubierta membrana super-span.

MODELO	CLARO INTERIOR C=ML	ALTURA H = MTS.	PESO DEL ARCO W = KG.	AREA CUBIERTA POR ARCO AC = M ²	DESARROLLO DEL ARCO L = MTS.	RADIO DE GIRO R = MTS.	CALIBRE DE LA SECCION P
M-21-42	21	4.20	88.05	8.50	23.17	15.23	22
M-22-44	22	4.40	92.23	8.90	24.27	15.95	22
M-23-46	23	4.60	100.36	10.30	25.37	16.68	22
M-24-48	24	4.80	124.18	10.75	26.48	17.40	20
M-25-50	25	5.00	129.36	11.20	27.58	18.13	20
M-26-52	26	5.20	134.53	11.64	28.68	18.85	20
M-27-54	27	5.40	139.71	12.09	29.79	19.58	20
M-28-56	28	5.60	144.88	12.54	30.89	20.30	20
M-29-58	29	5.80	150.05	12.99	31.99	21.03	20
M-30-60	30	6.00	155.23	13.44	33.10	21.75	20

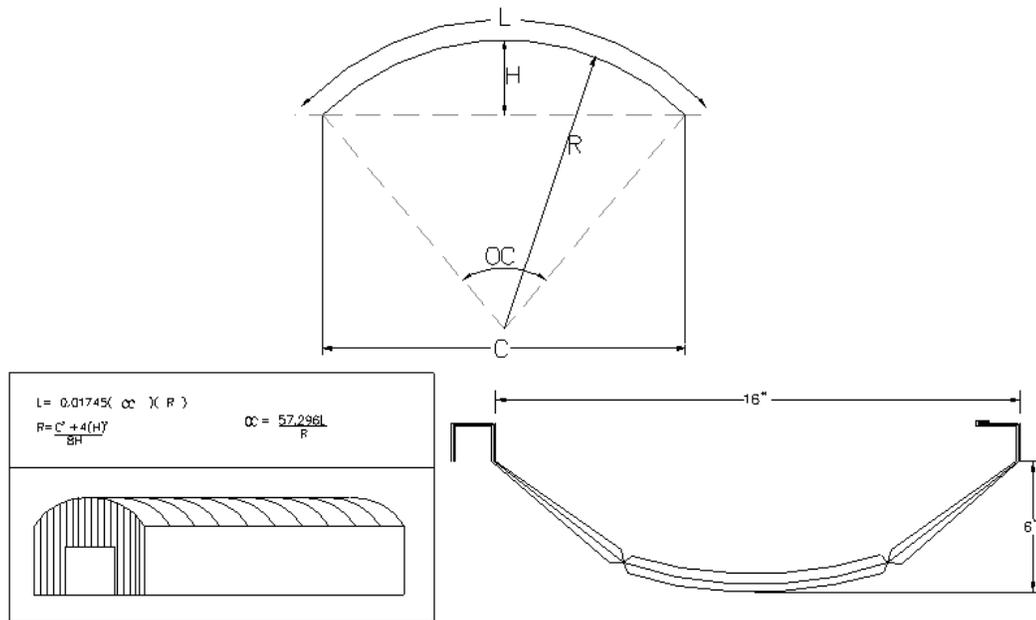


FIGURA 95.

Hoja de especificación membrana (ver anexos 1-21)

- radio: 21.75 M
- arco: 33.09 M
- claro: 30.00 M
- flecha: 6.00 M
- volumen/ml: 123.60 M³
- m² muro cabecero: 123.60 M²

Cubierta:

- 30-60
- 20%

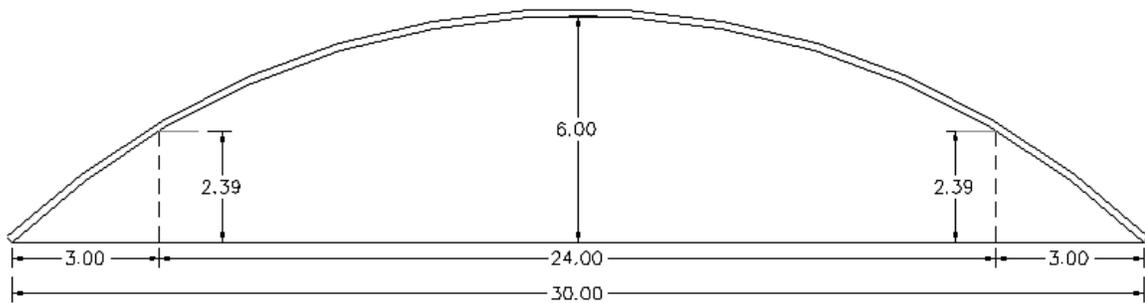


FIGURA 96. Claro de 30m.

9.16 Diseño.

9.16.1 Que es necesario para diseñar una cubierta.

- | | |
|---|----------------------------------|
| A | Tipo de cubierta. |
| B | Dimensiones |
| C | Ubicación física |
| D | Localización de la construcción. |

9.16.2 Datos que deberá tomar en cuenta. (ver anexos 22-25)

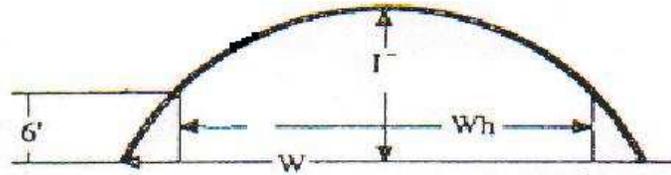


FIGURA 97.

- 1.1 Claro W : Ancho total del edificio a cubrir.
- 1.2 Flecha H : Altura máxima de la cubierta (al centro del claro)
- 1.3 Longitud : Largo total del edificio o espacio a cubrir.
(Solo para cubiertas semicirculares)
- 1.4 Espacio útil WH : Se considera para que una persona de 1.80 mts transite con libertad.

- 2.1 Membrana (Desplantada sobre vigas y/o muros es necesario un canalón)
- 2.2 Semicircular (Desplantada sobre una trabe en el suelo)

Tipo de cubiertas

3.1

En el mapa podrá usted localizar la región que le corresponde, para fines del diseño de vientos regionalización eólica. Con este dato usted podrá determinar la velocidad del viento a la región eólica que corresponde y determinar el calibre de la lámina requerido:

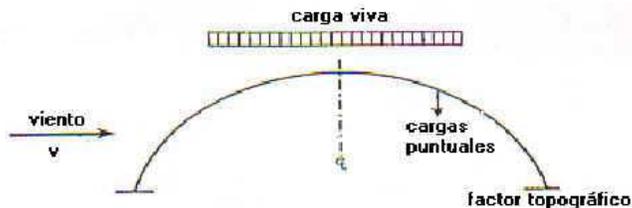


FIGURA 98.

- 4.1 Carga de viento : Se obtiene a partir de la velocidad regional de viento de acuerdo a la zona eólica y el factor topográfico:
- 4.2 Carga muerta : Se considera la carga ejercida por el peso de la lámina:
- 4.3 Cargas concentradas : Son aquellas cargas ejercidas en un punto específico del arco ubicados con respecto al centro de la Luminarias, abanicos, ventiladores ect: cubierta:

9.17 Elementos generales que conforman la estructuración de un arcotecho de un claro de 30m. para una alberca universitaria.

9.17 .1 Arcotecho.

Información

Tipo de cubierta	Membrana
Claro W	30 mts
Longitud	75.mts
Ubicación	Boca de Rio , Veracruz
Región Eólica	zona 4
Ubicación física	Zona conurbada
Cargas concentradas	no tiene

A) Flecha del 20% por ser mas económica

$$\begin{aligned} \text{Flecha} &= (\text{claro del área a cubrir}) \times (\% \text{ de flecha}) = 30\text{mts} \times 0.20 \\ &= 6\text{mts de flecha (altura)} \end{aligned}$$

B) Calibre de la lamina.

Para obtener el calibre de la lamina se consulta en la tabla correspondiente a la zona Eólica que corresponde **Zona 4** 20N calibre.

C) Longitud del arco.

Para obtener la longitud del arco se consulta en la tabla correspondiente Longitud de arco para sistemas autoportantes claro 30 mts = 20% mts largo del arco = 33.1 mts

D) Calculo de arco.

Para obtener la cantidad de arco que cubrirá la edificación. Se divide la longitud total del edificio entre lo ancho del perfil

$$0.4064 \text{ mts (24") } 75 \text{ mts} / 0.4064\text{mts} = 184.55$$

Total de arcos : 185 piezas

E) Calculo de peso por arco.

Para obtener el peso del arco se multiplica el peso por metro lineal del calibre obtenido, por la longitud total de arco peso calibre 20N, 3 ft = 6.797

Peso del arco:= 6.797 kg/ml x 33.1ml =224.98 kgs

F) **Calculo peso total de la cubierta**

Para obtener el peso total de la cubierta se multiplica el peso del arco X el total de arco necesarios

224.98 kg x 185 piezas = 41621.3 kgs

El peso de su cubierta será de **41.621 Ton.**

REQUERIMIENTOS

1.- Al fabricar la cubierta en el lugar es necesario:

- 1.-) Área para la entrada de un trailer que transportara la maquina
- 2.-) Área libre para la fabricación de su cubierta
- 3.-) Procurar que el área sea segura , a fin de evitar daños a la maquinaria
- 4.-) Área libre para almacenar los arco fabricados, evitando golpes y que se pueda maniobrar a la hora de formar los arcos.
- 5.-) Área de maniobras de grúa para el montaje de arcos.

**9.17.2 Elementos estructurales que conformarían el apoyo del arcotecho
(ver ANEXO 21, 26, 27, 28).**

Columnas c-1

Trabe extremo.

Trabe central.

Cimentación.

-Contra trabe.

-Dado.

-zapata aislada.

-Zapata corrida.

CONCLUSIONES

En este proyecto se observó que a medida que el ser humano ha ido evolucionando, sus necesidades han sido mayores desde su creación. El diseño de un techo siempre ha tenido el objetivo de cubrir un área, donde tendrá una finalidad. Cabe mencionar que han sido muchos los intentos por lograr inventar métodos estructurales que soporte cualquier tipo de cargas transmitidas sobre la cubierta, que con el paso del tiempo y la experiencia se ha ido perfeccionado.

La diversidad de techos ha sido producto del ingenio, utilizando diferentes tipos de materiales, que tras el estudio de estos se ha observado sus propiedades, para así implementarlas en una estructura con el objetivo de economizar y satisfacer la necesidad humana.

Hoy vivimos un mundo donde la tecnología ha sido el gran impulsor de grandes innovaciones y fortalecimiento de sistemas estructurales que han dado a lo largo de la historia de la construcción.

Construir o diseñar un techo lleva una serie de condiciones para elegir el sistema adecuado. El ingeniero tiene la capacidad y la libertad de elegir según las necesidades establecidas por el interesado y las características del lugar.

Uno de los mejores métodos innovadores para la construcción de techos con claros largos es el econotecho o autosoportante por su economía rapidez de instalación y ligereza con un alcance de claro hasta 30m sin estructura intermedia de apoyo. Este sistema de laminación cuenta con una gama de cálbres que se utiliza según la especificación.

El autosoportante tipo membrana para la alberca facilita la visibilidad y le da estética al lugar cumpliendo con las necesidades requeridas, siendo esta la mejor opción de construcción.

BIBLIOGRAFIA

1. Herrera, Sordo, Luis, *Agenda del constructor*, 34 a. ed., México, Agenda del abogado, 2007.
2. García, Rivero, José, Luis, *Manual técnico de construcción*, 3 a. ed., México, FOGRA, 2006.
3. Mc Cormac, Jack C., *Diseño de estructuras metálicas*, 4 a. ed., trad. De José de la Cera Alonso, Colombia, ALFAOMEGA, 2006 .
4. González, Cuevas, Óscar M. y Fernández, Villegas, Francisco, *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*, 4 a. ed., México, LIMUSA, 2006.
5. Beer, Ferdinand y Johnston, E. Russell, *Mecánica vectorial para ingenieros*, 6 a. ed., trad. De Karim Heinz Muci Kuchler y Alex Elias Zuñiga, México, Mc GRAW-HILL, 2003.
6. Beltrán, Fernando (IMAC), *Manual de construcción en acero*, 4 a. ed., México, LIMUSA, 2002.

7. Techos y muros de monterrey S.A. de C.V., *Cubiertas autosoportantes*, 2003.

ENLACES ELECTRONICOS

1. <http://www.fanosa.com/productos-fanosa/insulpanel-plus.htm>
2. <http://www.imsanet.com/imsaacero/downloads/acanalados1.pdf>
3. <http://www.econotecho.com.mx/soluciones.html>
4. <http://www.arcotecho.com.mx/>
5. <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream.pdf>
6. [http://es.wikipedia.org/wiki/Arco_\(construcci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Arco_(construcci%C3%B3n))
7. <http://www.contraloriadf.gob.mx/prontuario/vigente/741.htm>
8. <http://www.aceroslaminaytuberia.com.mx/content/view/18/19/>

GLOSARIO

- **Arriostramiento.** Estabilización que se realiza en un elemento estructural que es sometido a fuerzas laterales para reducir la longitud de pandeo.
- **Autosoportante.** Estructura con capacidad de mantenerse en si mismo apoyado solo por sus extremos.
- **Canalón.** Conducto que recibe el agua de los tejados y la conduce a tierra.
- **Celosías.** Enrejado tupido hecho con listones de madera u otro material que se pone en las ventanas o se usa para separar unos espacios de otros, especialmente para poder ver a través de él sin ser visto.
- **Chapa.** Lámina de un material duro, en especial de madera o metal.
- **Cincalum.** Aleación de Aluminio-Cinc que ofrece una óptima resistencia a la corrosión gracias a su fórmula de Aluminio 55%, Silicio 1,6% y el resto Cinc en proporción al peso.

- **Correas.** Largueros.
- **Cubierta.** Cosa que se pone encima de otra para cubrirla o taparla.
- **Dovelas.** Forma de cuña cuya yuxtaposición sirve para formar un arco, una bóveda u otras superficies arquitectónicas.
- **Electrocincado.** Son aceros laminados en frío, recubiertos con una delgada capa de Zinc, con la finalidad de incrementar la resistencia a la corrosión.
- **Engrafadora.** Tracción mecánica permite una cobertura sin solapes ni perforaciones.
- **Fibro cemento.** Compuesto de cemento y polvo de amianto(silicatos de calcio y magnesio).
- **Flecha.** Altura que hay entre el arranque de un arco o bóveda y su clave.
- **Impostas.** Faja horizontal un poco saliente que separa dos pisos en la fachada de un edificio.
- **Lucenario.** Fuente de iluminación natural.
- **Oxiasfalto.** Asfalto oxidado obtenido a partir de crudo de petróleo refinado y posteriormente sometido a un proceso de oxidación con catalizador,

mediante una corriente de aire caliente. Se utiliza en sistemas de asfalto en caliente, intercalando láminas enarenadas.

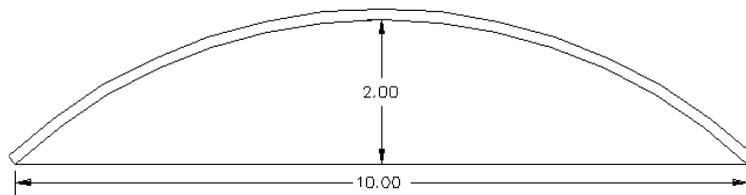
- **Poliestireno.** Plástico que se obtiene por un proceso denominado polimerización, que consiste en la unión de muchas moléculas pequeñas para lograr moléculas muy grandes.
- **Poluretano.** Resina sintética que se obtiene mediante condensación de polioles, combinándolas con poliisocianatos; se caracteriza por su baja densidad y son muy utilizados como aislantes térmicos y espumas resilientes, elástómeros durables, adhesivos y selladores de alto rendimiento.
- **Salmeres.** Primera dovela de un arco, que inicia el arranque de este.
- **Sinusoidal.** En matemáticas, curva cuya ordenada es proporcional al seno de la abscisa correspondiente.
- **Solape.** Colocar una cosa sobre otra, cubriéndola solo parcialmente.

ANEXOS

ANEXO 1. Especificación membrana claro 10 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

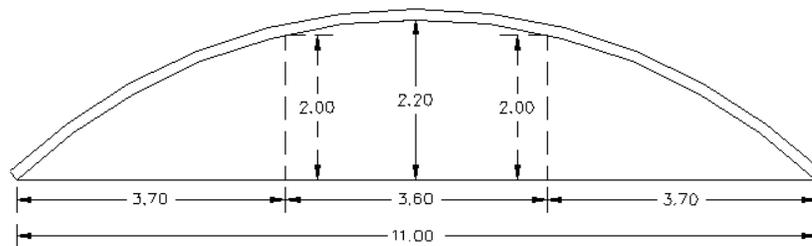
RADIO:	7.25 M	
ARCO:	11.03 M	
CLARO:	10.00 M	
FLECHA:	2.00 M	
VOLUMEN/ML:	13.734 M ³	
M ² MURO CABECERO:	13.734 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 10-20 20%



ANEXO 2. Especificación membrana claro 11 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

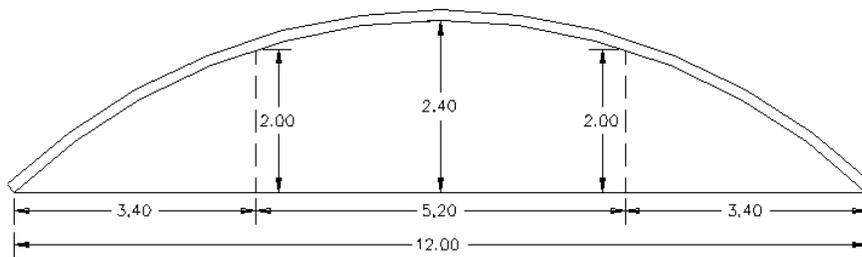
RADIO:	7.98 M	
ARCO:	12.13 M	
CLARO:	11.00 M	
FLECHA:	2.20 M	
VOLUMEN/ML:	16.61 M ³	
M ² MURO CABECERO:	16.61 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 11-22 20%



ANEXO 3. Especificación membrana claro 12 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

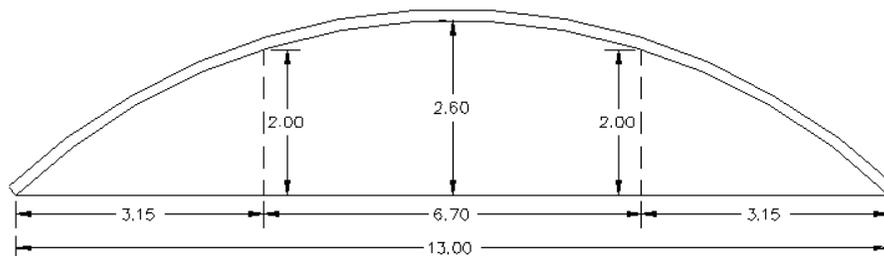
RADIO:	8.70 M	
ARCO:	13.24 M	
CLARO:	12.00 M	
FLECHA:	2.40 M	
VOLUMEN/ML:	19.794 M ³	
M ² MURO CABECERO:	19.794 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 12-24 20%



ANEXO 4. Especificación membrana claro 13 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

RADIO:	9.43 M	
ARCO:	14.34 M	
CLARO:	13.00 M	
FLECHA:	2.60 M	
VOLUMEN/ML:	23.22 M ³	
M ² MURO CABECERO:	23.22 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 13-26 20%

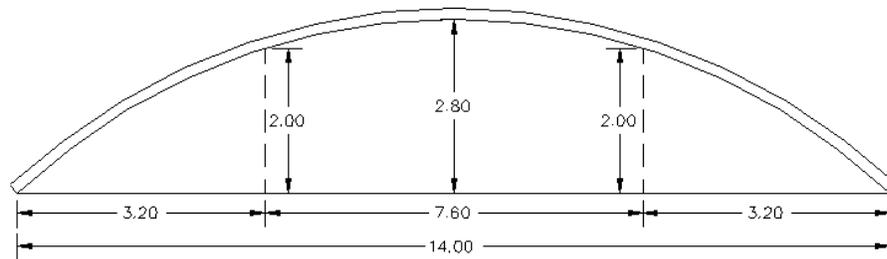


ANEXO 5. Especificación membrana claro 14 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

RADIO:	10.15 M
ARCO:	15.45 M
CLARO:	14.00 M
FLECHA:	2.80 M
VOLUMEN/ML:	26.96 M ³
M ² MURO CABECERO:	26.96 M ²
KG. LAMINA:	

CUBIERTA:
14-28
20%

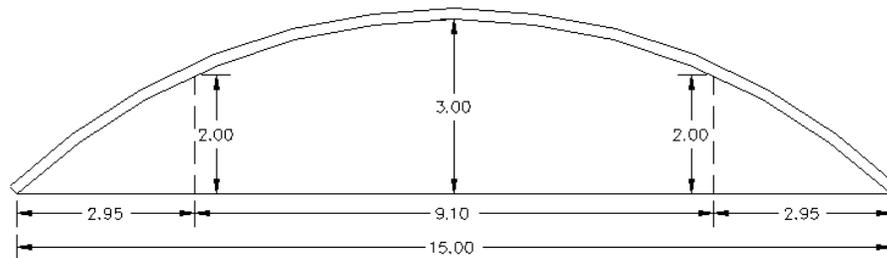


ANEXO 6. Especificación membrana claro 15 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

RADIO:	10.875 M
ARCO:	16.55 M
CLARO:	15.00 M
FLECHA:	3.00 M
VOLUMEN/ML:	30.93 M ³
M ² MURO CABECERO:	30.93 M ²
KG. LAMINA:	

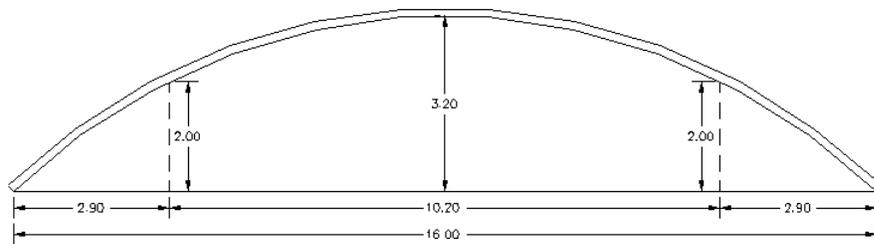
CUBIERTA:
15-30
20%



ANEXO 7. Especificación membrana claro 16 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

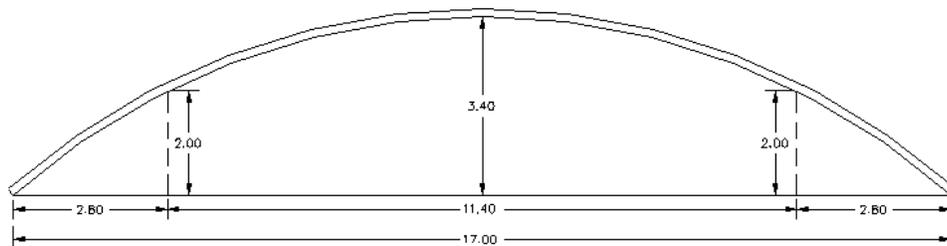
RADIO:	11.60 M	
ARCO:	17.65M	
CLARO:	16.00 M	
FLECHA:	3.20 M	
VOLUMEN/ML:	35.17 M ³	
M ² MURO CABECERO:	35.17 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 16-32 20%



ANEXO 8. Especificación membrana claro 17 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

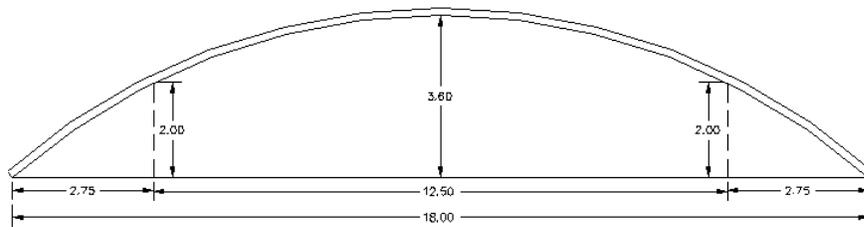
RADIO:	12.33 M	
ARCO:	18.76 M	
CLARO:	17.00 M	
FLECHA:	3.40 M	
VOLUMEN/ML:	39.75 M ³	
M ² MURO CABECERO:	39.75 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 17-34 20%



ANEXO 9. Especificación membrana claro 18 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

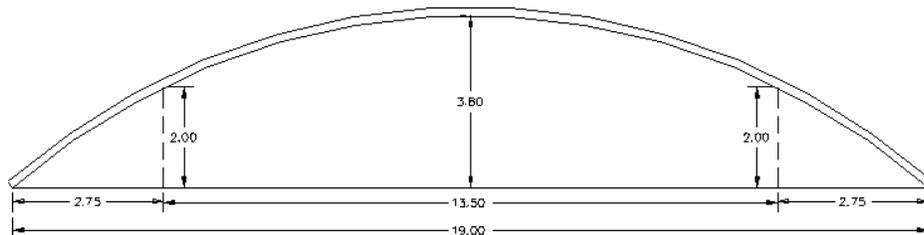
RADIO:	13.05 M	
ARCO:	19.86 M	
CLARO:	18.00 M	
FLECHA:	3.60 M	
VOLUMEN/ML:	44.54 M ³	
M ² MURO CABECERO:	44.54 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 18-36 20%



ANEXO 10. Especificación membrana claro 19 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

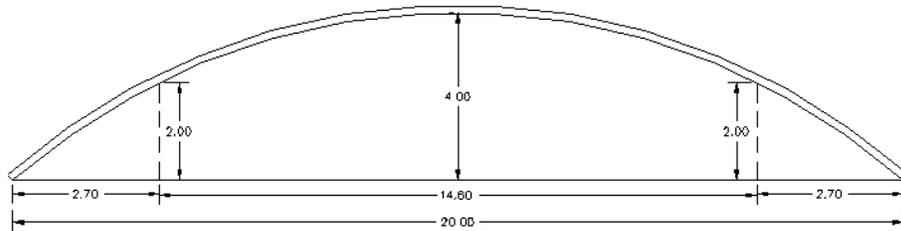
RADIO:	13.78 M	
ARCO:	20.96 M	
CLARO:	19.00 M	
FLECHA:	3.80 M	
VOLUMEN/ML:	49.604 M ³	
M ² MURO CABECERO:	49.604 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 19-38 20%



ANEXO 11. Especificación membrana claro 20 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

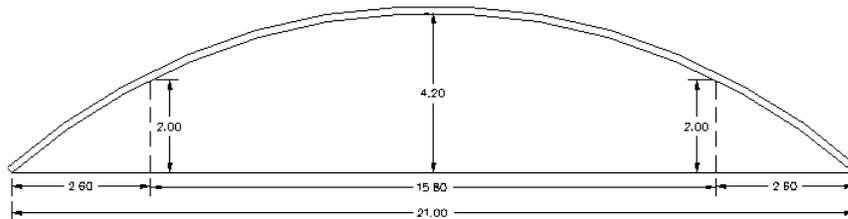
RADIO:	14.50 M	
ARCO:	222.07 M	
CLARO:	20.00 M	
FLECHA:	4.00 M	
VOLUMEN/ML:	55.00 M ³	
M ² MURO CABECERO:	55.00 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 20-40 20%



ANEXO 12. Especificación membrana claro 21 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

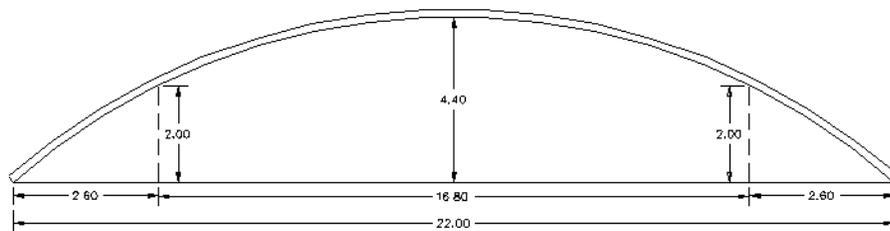
RADIO:	15.23 M	
ARCO:	23.17 M	
CLARO:	21.00 M	
FLECHA:	4.20 M	
VOLUMEN/ML:	60.624 M ³	
M ² MURO CABECERO:	60.624 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 21-42 20%



ANEXO 13. Especificación membrana claro 22 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

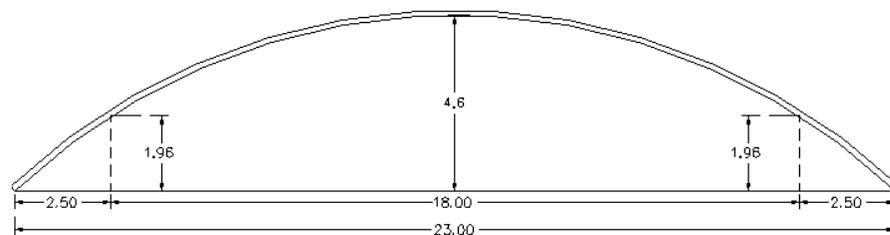
RADIO:	15.95 M	
ARCO:	24.28 M	
CLARO:	22.00 M	
FLECHA:	4.40 M	
VOLUMEN/ML:	66.583 M ³	
M ² MURO CABECERO:	66.583 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 22-44 20%



ANEXO 14. Especificación membrana claro 23 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

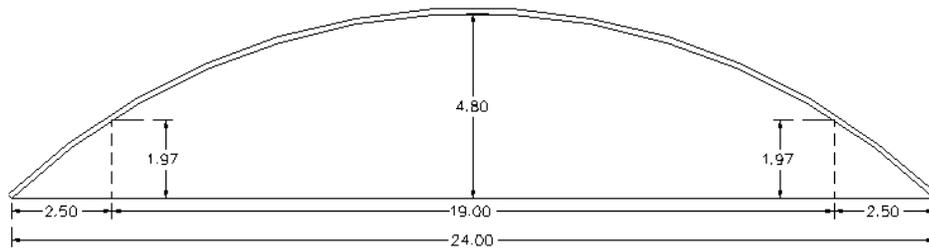
RADIO:	16.68 M	
ARCO:	25.37 M	
CLARO:	23.00 M	
FLECHA:	4.60 M	
VOLUMEN/ML:	72.66 M ³	
M ² MURO CABECERO:	72.66 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 23-46 20%



ANEXO 15. Especificación membrana claro 24 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

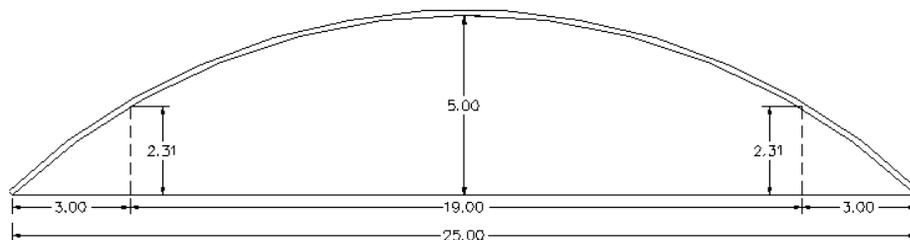
RADIO:	17.40 M	
ARCO:	26.48 M	
CLARO:	24.00 M	
FLECHA:	4.80 M	
VOLUMEN/ML:	79.18 M ³	
M ² MURO CABECERO:	79.18 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA:
		24-48
		20%



ANEXO 16. Especificación membrana claro 25 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

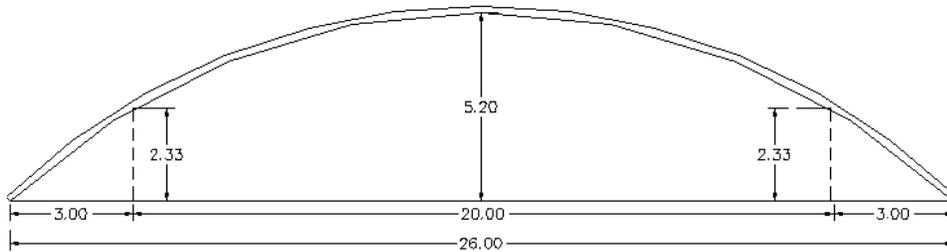
RADIO:	18.12 M	
ARCO:	28.57 M	
CLARO:	25.00 M	
FLECHA:	5.00 M	
VOLUMEN/ML:	85.87 M ³	
M ² MURO CABECERO:	85.87 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA:
		25-50
		20%



ANEXO 17. Especificación membrana claro 26 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

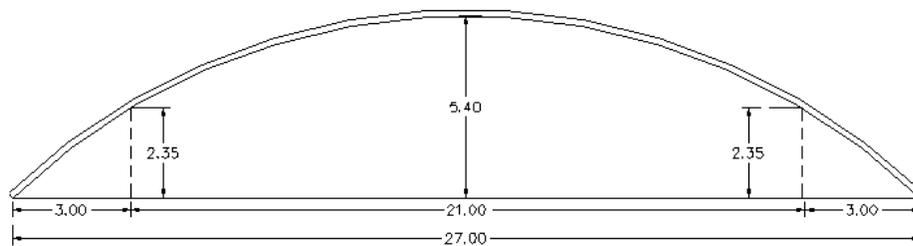
RADIO:	18.85 M	
ARCO:	28.69 M	
CLARO:	26.00 M	
FLECHA:	5.20 M	
VOLUMEN/ML:	92.45 M ³	
M ² MURO CABECERO:	92.45 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 26-52 20%



ANEXO 18. Especificación membrana claro 27 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

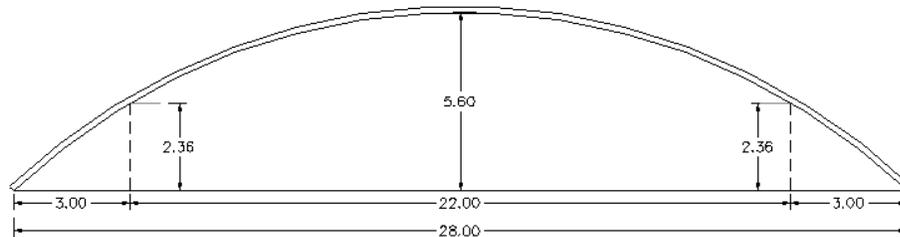
RADIO:	19.57 M	
ARCO:	29.79 M	
CLARO:	27.00 M	
FLECHA:	5.40 M	
VOLUMEN/ML:	100.20 M ³	
M ² MURO CABECERO:	100.20 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 27-54 20%



ANEXO 19. Especificación membrana claro 28 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

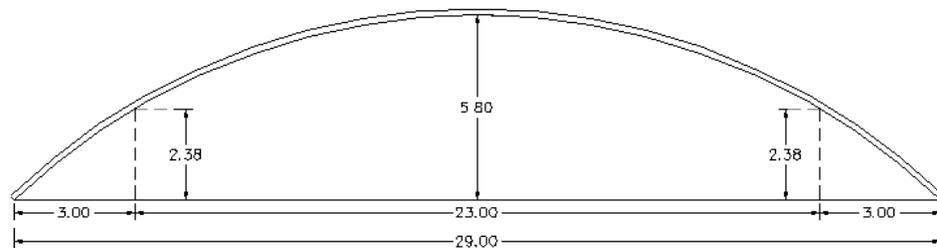
RADIO:	20.30 M	
ARCO:	30.89 M	
CLARO:	28.00 M	
FLECHA:	5.60 M	
VOLUMEN/ML:	107.73 M ³	
M ² MURO CABECERO:	107.73 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 28-56 20%



ANEXO 20. Especificación membrana claro 29 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

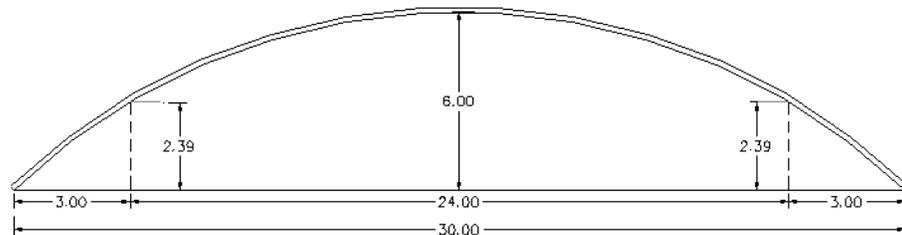
RADIO:	21.03 M	
ARCO:	31.99 M	
CLARO:	29.00 M	
FLECHA:	5.80 M	
VOLUMEN/ML:	115.53 M ³	
M ² MURO CABECERO:	115.53 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 29-58 20%



ANEXO 21. Especificación membrana claro 30 m.

HOJA DE ESPECIFICACION MEMBRANA

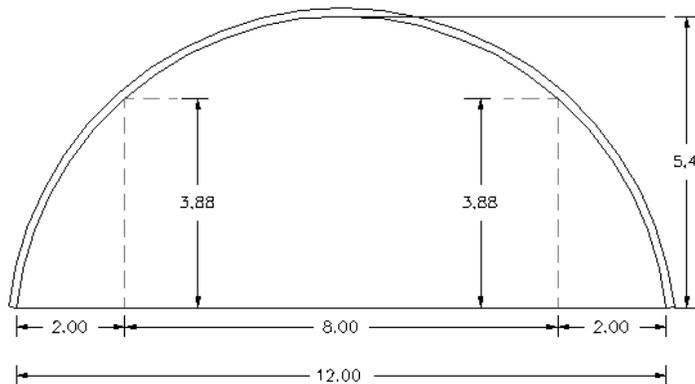
RADIO:	21.75 M	
ARCO:	33.09 M	
CLARO:	30.00 M	
FLECHA:	6.00 M	
VOLUMEN/ML:	123.60 M ³	
M ² MURO CABECERO:	123.60 M ²	
KG. LAMINA:		CUBIERTA: 30-60 20%



ANEXO 22. Especificación semicircular claro 12 m.

HOJA DE ESPECIFICACION SEMICIRCULAR

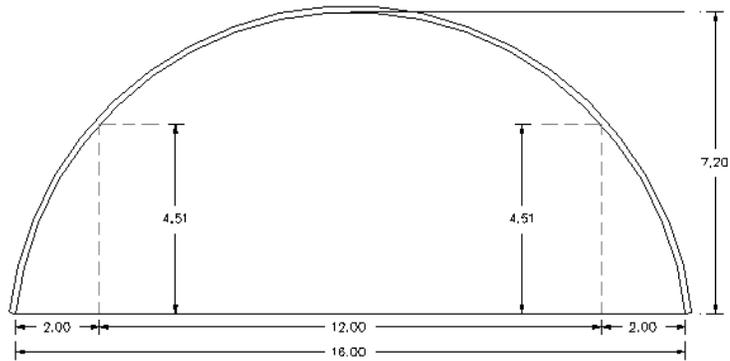
RADIO:	6.03 M	
ARCO:	17.74 M	
CLARO:	12.00 M	
FLECHA:	5.40 M	
VOLUMEN/ML:	49.70 M ³	
M ² MURO CABECERO:	49.70 M ²	CUBIERTA: 12-54 45%
KG. LAMINA:		



ANEXO 23. Especificación semicircular claro 16 m.

HOJA DE ESPECIFICACION SEMICIRCULAR

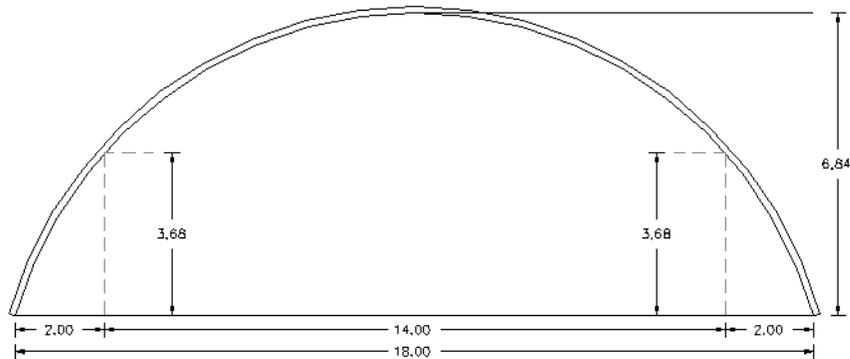
RADIO:	8.03 M	
ARCO:	23.57 M	
CLARO:	16.00 M	
FLECHA:	7.20 M	
VOLUMEN/ML:	88.03 M ³	
M ² MURO CABECERO:	88.03 M ²	CUBIERTA:
KG. LAMINA:		16-72
		45%



ANEXO 24. Especificación semicircular claro 18 m.

HOJA DE ESPECIFICACION SEMICIRCULAR

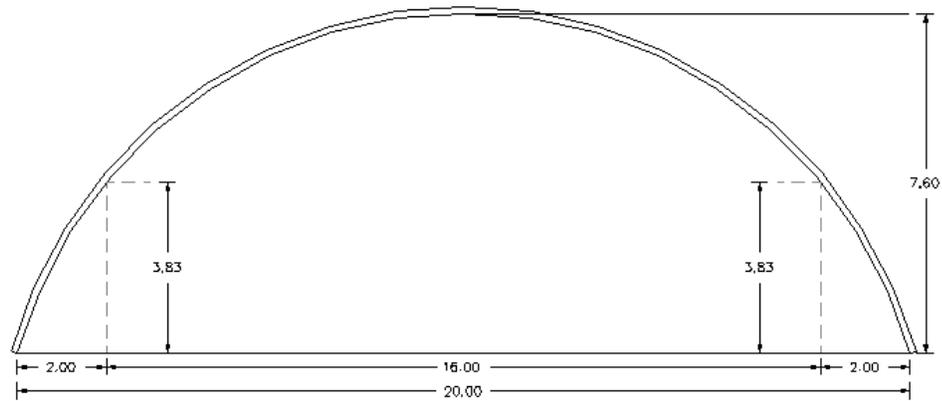
RADIO:	9.34 M	
ARCO:	24.27 M	
CLARO:	18.00 M	
FLECHA:	6.84 M	
VOLUMEN/ML:	90.84 M ³	
M ² MURO CABECERO:	90.84 M ²	CUBIERTA:
KG. LAMINA:		18-68
		38%

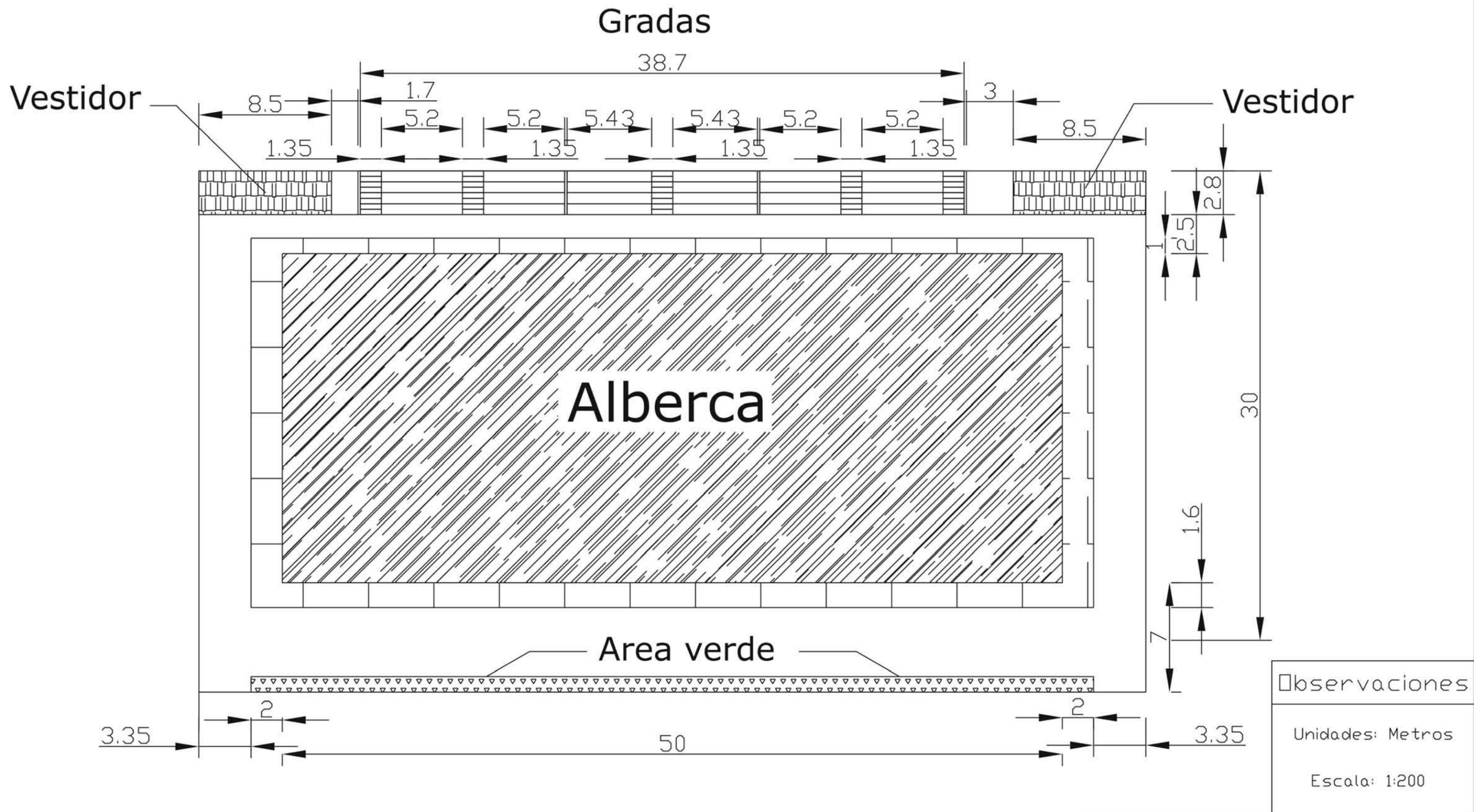


ANEXO 25. Especificación semicircular claro 20 m.

HOJA DE ESPECIFICACION SEMICIRCULAR

RADIO:	10.37 M	
ARCO:	26.96 M	
CLARO:	20.00 M	
FLECHA:	7.60 M	
VOLUMEN/ML:	112.09 M ³	
M ² MURO CABECERO:	112.09 M ²	CUBIERTA:
KG. LAMINA:		20-76
		38%

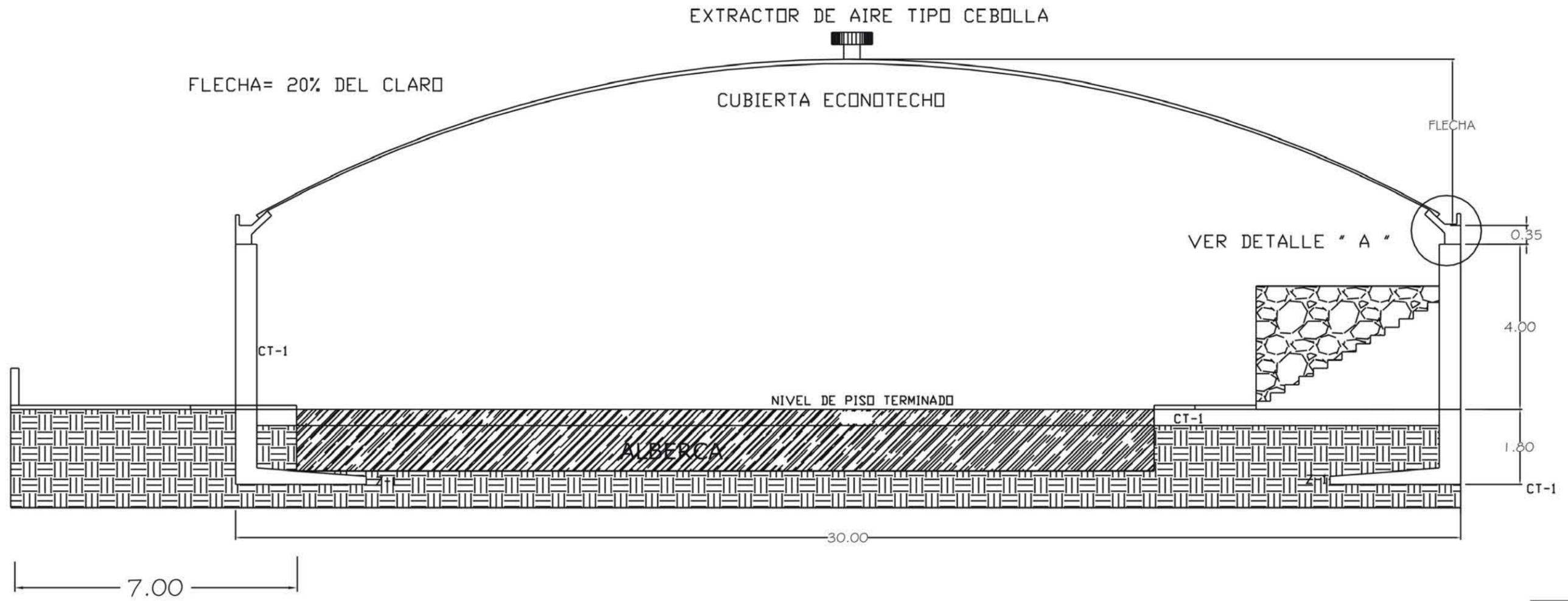




Observaciones

Unidades: Metros

Escala: 1:200

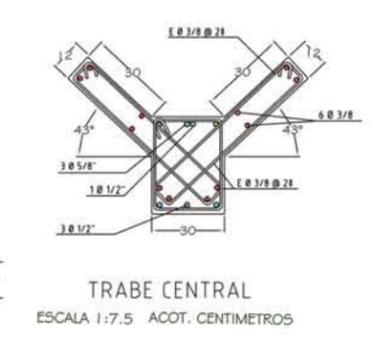
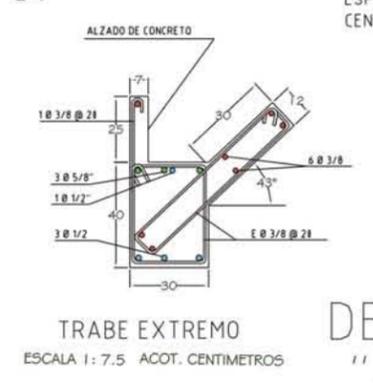
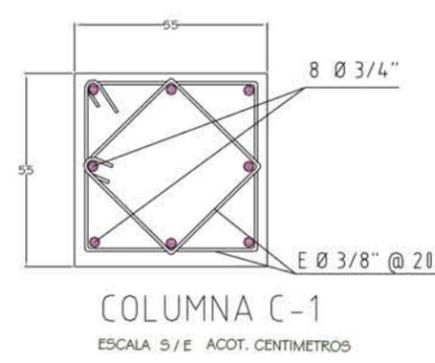
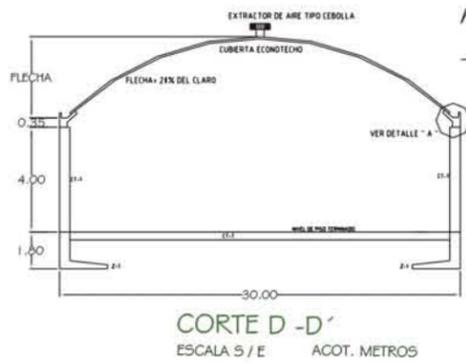
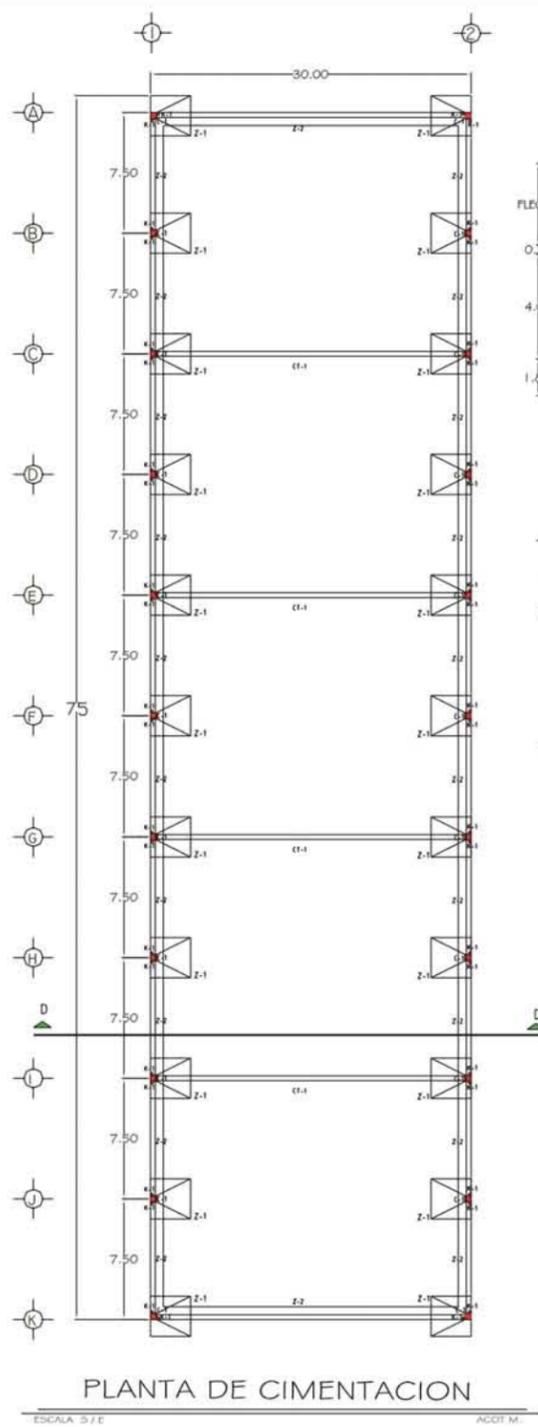


Observaciones
Unidades: Metros
Escala: 1:200

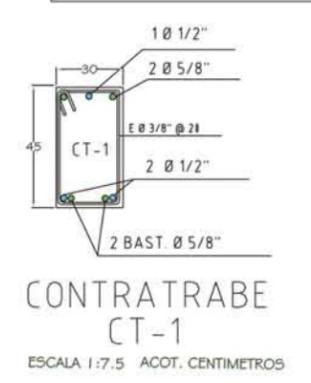
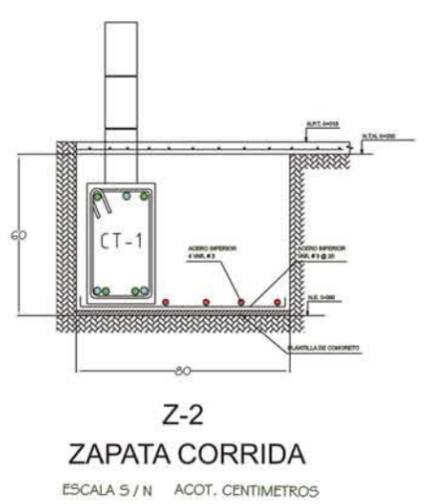
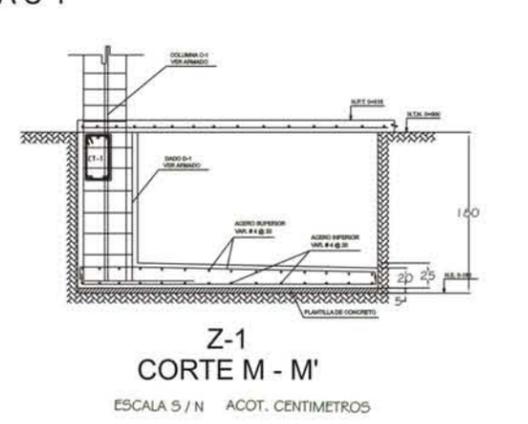
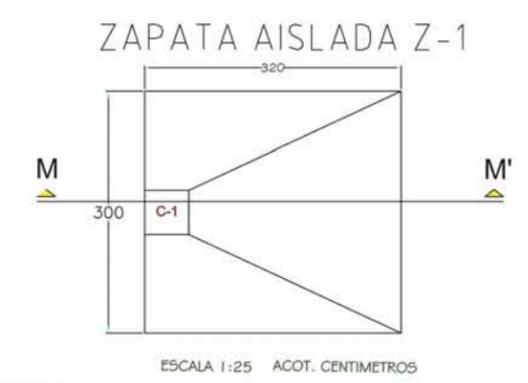
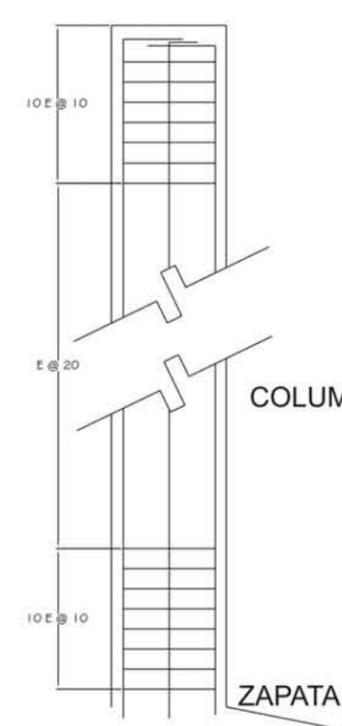
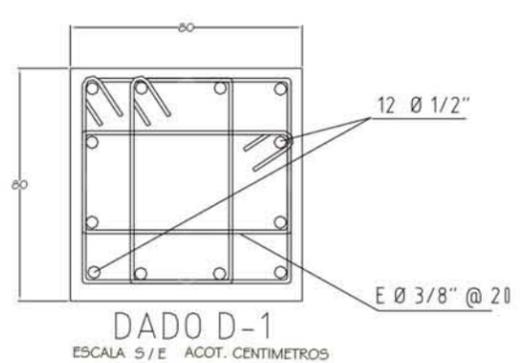
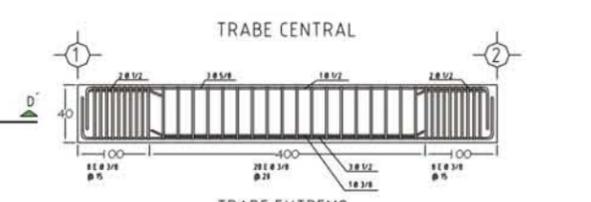
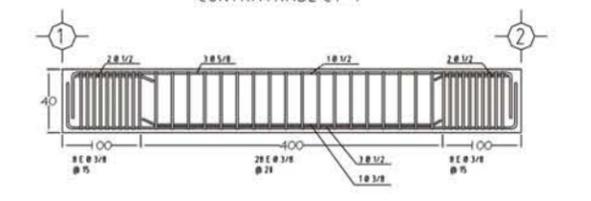
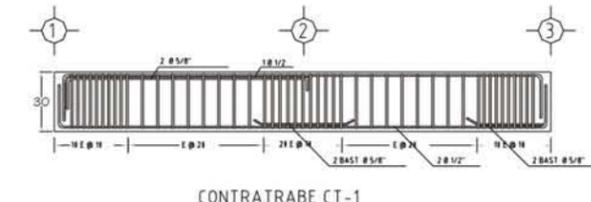
Plano perfil ejemplificado de la estructura en la alberca		
Luciano Alonso Cano.	ANEXO 27.	TESIS

CUBIERTA AUTOSOPORTANTE

T-166 DE 30.00m.



DETALLE "A"



ES NECESARIO RESPETAR LOS 439 ESPECIFICADOS EN LA TRABE EXTREMO Y CENTRAL

- ESPECIFICACIONES**
- CONCRETO:**
- 1- F'c = RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS
 - 2- F'c = 288 KG/CM² EN CIMENTACION, COLUMNAS CONTRABRABES I
 - 3- F'c = 188 KG/CM² PROP. F3.4, EN PLANTILLAS DE CIMENTACION
 - 4- F'c = 158 KG/CM² PROP. F3.5, EN CADENA Y CASTILLOS
 - 5- UTILIZAR GRAVA Ø 3/4" Y ARENA BIEN GRADUADA
 - 6- REVENIMIENTO MAX. 12 CMS PROM. 18 CMS
- ACERO DE REFUERZO**
- 7- F'y = 4288 KG/CM² RESISTENCIA A LA TENSION O FATIGA DE FLUENCIA EN KG/CM²
 - 8- F'y = 2558 KG/CM² EN VARILLA LISA "ALAMBRO" Ø 1/4"
 - 9- F'y = 5888 KG/CM² EN CADENAS Y CASTILLOS
- CUBIERTA**
- 10- LAMINA PINTRO-ALUM RESISTENCIA PINTURA HORNEADA POLIESTER-FLEX
 - 11- ACERO GRADO 37 ASTM - A 792 F'y = 2688 KG/CM² CAL. 22
 - 12- PLACA DE FIJACION LAMINA GALV. CAL. 12
 - 13- BARRENANCLA Ø 3/8" X 3 1/2" TM9-98-L



Plano de arcotecho claro 30.00m		
Luciano Alonso Cano	ANEXO 28	Tesis

ANEXO 29. Abreviaturas.

"	Pulgada.
%	Por ciento.
CM	Centimetro.
DB	Decibeles.
FT	Pies.
IN SITU	En sitio.
KG	Kilogramos.
KG/M2	Kilogramos sobre metro cuadrado.
KG/ML	Kilogramo sobre metro lineal.
KM/HR	Kilometro por hora.
KN/M²	Kilo newton por metro. Cuadrado.
M²	Metro cuadrado.
M³	Metro cubico.
ML	Metro lineal.
MM	Milímetro.
MTS	Metros.
°	Grados