

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JHIM VLADIMIR ARAUJO CAMPOS

Lima- Perú

2014

INDICE

RESUMEN	3
LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE FOTOGRAFIAS	7
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	12
1.1. DEFINICION DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS	12
1.2. TIPOS DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS	12
1.3. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL Y RECUBRIMIENTO	13
1.3.1. Acero	13
1.3.2. Recubrimiento del Acero	13
1.3.3. Aluminio	15
1.3.4. Paneles prepintados	17
1.4. PRINCIPALES SECCIONES DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS	18
1.5. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS	23
CAPÍTULO II: PROCESO CONSTRUCTIVO DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS	31
2.1. ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO	31
2.1.1. Primera etapa: Fabricación y conformado de arcos o unidades autosoportadas	31
2.1.2. Segunda etapa: Preparación de sistema de fijación de cobertura autosoportada	36
2.1.3. Tercera etapa: Montaje de cobertura autosoportada y cerramiento de típanos	43
2.2. PRINCIPALES PROYECTOS EJECUTADOS EN EL PERU	54
2.2.1. Proyectos en la costa	54
2.2.2. Proyectos en la sierra	57
2.2.3. Proyectos en la selva	59

CAPÍTULO III: CONSIDERACIONES A TENER EN LA INSTALACION DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS.....	60
3.1. CONSIDERACIONES POR CADA ETAPA.....	60
3.1.1. Consideraciones en la primera etapa.....	60
3.1.2. Consideraciones en la segunda etapa.....	66
3.1.3. Consideraciones en la tercera etapa.....	70
3.2. CONDICIONES LOCALES DETERMINANTES EN LA EJECUCION DEL PROYECTO.....	78
3.2.1. Ingreso y/o acceso.....	78
3.2.2. Condiciones del terreno y climatológicas de sitio.....	78
3.2.3. Zona de producción.....	79
3.2.4. Área de maniobra.....	80
3.2.5. Área a techar.....	81
3.3. PRUEBAS Y MEDICIONES FINALES EN LA COBERTURA.....	82
3.3.1. Prueba de impermeabilidad y escurrimiento pluvial.....	82
3.3.2. Mediciones de flecha.....	83
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
4.1. CONCLUSIONES.....	84
4.2. RECOMENDACIONES.....	85

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

RESUMEN

Las coberturas metálicas autosoportadas, son un sistema de estructuras que tienen como característica principal soportarse a sí mismas sin ningún elemento intermedio de apoyo, en una luz libre determinada. Permiten además mejorar la escorrentía de precipitaciones pluviales y evitar filtraciones al interior de acuerdo a su forma y sellado respectivamente.

Es importante conocer los procedimientos de fabricación e instalación de este sistema, a la par de conocer las experiencias de proyectos ejecutados en nuestro país dónde se optó por su instalación. Con esta información los proyectistas y profesionales tendrán una visión mucho más clara para considerar como opción a estas coberturas.

Durante el desarrollo de este trabajo, se detalló y analizó cada una de las etapas y procesos de fabricación e instalación que son contemplados en el sistema de coberturas metálicas autosoportadas empleadas en nuestro país. Se describió las principales condiciones determinantes que tienen mayor influencia en la correcta puesta en marcha de proyectos empleando estas coberturas y las consideraciones que se debe tener durante las etapas, aun optando por variaciones en los procedimientos establecidos para situaciones y casos particulares.

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1.1. Propiedades físicas del acero estructural (Referencia 7)	13
Tabla N° 1.2. Propiedades mecánicas del acero estructural (Referencia 7)	13
Tabla N° 1.3. Espesores de recubrimientos más usuales (Referencia 7)	15
Tabla N° 1.4. Propiedades físicas de la aleación (Referencia 7)	16
Tabla N° 1.5. Propiedades mecánicas de la aleación (Referencia 7)	17
Tabla N° 1.6. Información técnica del panel BC-800 (Referencia 7)	19
Tabla N° 1.7. Información técnica del panel BC-700 (Referencia 7)	20
Tabla N° 1.8. Información técnica del panel M-2 (Referencia 3)	21
Tabla N° 1.9. Información técnica del panel M-3 (Referencia 3)	22
Tabla N° 1.10. Tabla resumen para diseño geométrico (Referencia 4)	26
Tabla N° 2.1. Relación espesor viga canalón y luz entre apoyos de cobertura (Referencia 3)	46
Tabla N° 2.2. Propiedades mecánicas de la fibra de vidrio (Referencia 3)	48

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1.1. Ejemplo de colores de panel prepintado (Referencia 7)	18
Figura N° 1.2. Dimensiones del panel BC 800 – desarrollo 1200 mm. (Referencia 7)	19
Figura N° 1.3. Dimensiones del panel BC 700 – desarrollo 1000 mm. (Referencia 7)	20
Figura N° 1.4. Dimensiones del panel M-2 – Desarrollo 600 mm. (Referencia 3)	21
Figura N° 1.5. Dimensiones del panel M-3 – Desarrollo 914 mm. (Referencia 3)	22
Figura N° 1.6. Esquema de cobertura metálica autosoportada (Referencia 3)	23
Figura N° 1.7. Esquema de cargas de diseño (Referencia 3)	24
Figura N° 1.8. Esquema de fabricación de arcos (Referencia 4)	29
Figura N° 1.9. Esquema de sección autosoportada (Referencia 3)	29
Figura N° 2.1. Lado izquierdo: Viga canal metálica forma simple. Lado derecho: Viga canal metálica central o doble (Referencia 3)	37
Figura N° 2.2. Viga canal de concreto forma simple (Referencia 3)	37
Figura N° 2.3. Viga canal de concreto central o doble (Referencia 3)	38
Figura N° 2.4. Inclinación de viga canal según flecha de cobertura metálica autosoportada (Referencia 3)	39
Figura N° 2.5. Anclaje en viga de concreto (Referencia 3)	44
Figura N° 2.6. Anclaje de pernos de expansión (Referencia 3)	44
Figura N° 2.7. Vista en planta de anclaje en viga (Referencia 3)	45
Figura N° 2.8. Anclaje en viga de acero (Referencia 3)	45

	Página
Figura N° 2.9. Viga canal de acero (Referencia 3)	46
Figura N° 2.10. Esquema transversal de panel traslúcido (Referencia 3)	48
Figura N° 2.11. Esquema exterior de panel traslúcido (Referencia 3)	49
Figura N° 2.12. Sección de canal tipo U típico (Referencia 3)	50
Figura N° 2.13. Sección de botaaguas típico (Referencia 3)	51
Figura N° 2.14. Esquema de lana en luminaria (Referencia 3)	53

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Página
Fotografía N° 2.1. Ubicación de máquina conformadora (Referencia 4)	32
Fotografía N° 2.2. Nivelación de máquina conformadora y tendido de mesas de soporte (Referencia 15)	32
Fotografía N° 2.3. Izaje de bobinas (Referencia 15)	33
Fotografía N° 2.4. Alineamiento e instalación de bobinas (Referencia 4)	34
Fotografía N° 2.5. Ingreso de los 6 metros iniciales de bobina (Referencia 16)	35
Fotografía N° 2.6. Sellado de segundo arco (Referencia 16)	36
Fotografía N° 2.7. Perforación de viga metálica (Referencia 12)	40
Fotografía N° 2.8. Perforación de viga de concreto (Referencia 13)	41
Fotografía N° 2.9. Colocación de pernos y placa de fijación en viga metálica (Referencia 12)	42
Fotografía N° 2.10. Colocación de pernos de fijación en viga de concreto (Referencia 13)	42
Fotografía N° 2.11. Enganche de quarteta con pinza visegrip (Referencia 4)	47
Fotografía N° 2.12. Retiro de arcos en cobertura (Referencia 15)	49
Fotografía N° 2.13. Colocación de canal U y botaguas (Referencia 15)	51
Fotografía N° 2.14. Instalación de paneles planos en tímpano (Referencia 15)	52

	Página
Fotografía N° 2.15. Cerramiento de tímpano finalizado (Referencia 15)	52
Fotografía N° 2.16. Luminarias instaladas en cobertura (Referencia 17)	54
Fotografía N° 2.17. Vista exterior de tienda (Referencia 5)	55
Fotografía N° 2.18. Vista interior de coliseo (Referencia 5)	55
Fotografía N° 2.19. Vista exterior de hangar (Referencia 10)	56
Fotografía N° 2.20. Vista interior de piscina (Referencia 5)	56
Fotografía N° 2.21. Vista exterior de coliseo (Referencia 5)	57
Fotografía N° 2.22. Vista exterior de almacén de nitratos (Referencia 14)	58
Fotografía N° 2.23. Vista exterior de almacén (Referencia 15)	58
Fotografía N° 2.24. Vista exterior del mercado minorista (Referencia 5)	59
Fotografía N° 3.1. Motor de accionamiento de máquina conformadora (Referencia 17)	61
Fotografía N° 3.2. Traslado e izaje de bobinas (Referencia 19)	62
Fotografía N° 3.3. Ingreso de lámina en rodillos iniciales (Referencia 4)	64
Fotografía N° 3.4. Alineado de primer par de arcos (Referencia 19)	66
Fotografía N° 3.5. Angulo de inclinación de viga canal (Referencia 12)	67
Fotografía N° 3.6. Perforación en viga canal metálica (Referencia 12)	68

	Página
Fotografía N° 3.7. Pernos y placas de fijación en viga metálica (Referencia 12)	69
Figura N° 3.8. Pernos y placas de fijación en viga de concreto (Referencia 13)	70
Fotografía N° 3.9. Ascenso continuo de terceta (Referencia 20)	72
Fotografía N° 3.10. Instalación de ángulos galvanizados (Referencia 10)	73
Fotografía N° 3.11. Instalación simétrica de paneles traslúcidos (Referencia 10)	74
Fotografía N° 3.12. Colocación simultánea de canal tipo U y botaguas (Referencia 19)	75
Fotografía N° 3.13. Distribución de lanas en cobertura (Referencia 10)	77
Fotografía N° 3.14. Instalación de accesorios y luminarias (Referencia 10)	77
Fotografía N° 3.15. Acceso al área a techar (Referencia 20)	78
Fotografía N° 3.16. Condiciones locales y climatológicas (Referencia 14)	79
Fotografía N° 3.17. Acondicionamiento de zona de producción (Referencia 15)	80
Fotografía N° 3.18. Identificación del área de maniobra (Referencia 15)	81
Fotografía N° 3.19. Viga metálica de soporte en área a techar irregular (Referencia 11)	82
Fotografía N° 3.20. Prueba de impermeabilidad en cobertura (Referencia 18)	83

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

Becam S.A.:	Empresa en Uruguay especializada en la industria metalúrgica y metalmecánica.
Arcotecho Perú:	Arcotecho Perú S.A.C. Empresa peruana dedicada y especializada en el suministro e instalación de coberturas metálicas autosoportadas.
Cubytch:	Cubiertas y Techos S.A.C. Empresa peruana especializada en suministro e instalación de coberturas metálicas autosoportadas.
F1:	Fórmula N° 1 para el cálculo del peso unitario del arco en kilogramos (Kg)
F2.	Fórmula N° 2 para el cálculo de la cantidad de unidades de arcos de la cobertura.
F3:	Fórmula N° 3 para el cálculo del peso total de la cobertura, según el número de arcos (Kg)
F4:	Fórmula N° 4 para el cálculo de la longitud de arco o longitud de corte del panel recto para la fabricación (m).
F5:	Fórmula N° 5 para el cálculo del radio de curvatura (m).

INTRODUCCION

Las estructuras metálicas para coberturas tipo bóveda o arco más usadas en nuestro país a lo largo del tiempo son los sistemas constituidos por pórticos y vigas reticuladas, sobre los cuales se fijan láminas y secciones, que dan el acabado y la forma definitiva a la cobertura. La ejecución de este sistema para proyectos determinados se desarrolla en talleres especializados con personal altamente calificado y certificado.

El sistema de coberturas metálicas autosoportadas, representa de alguna manera una visión diferente a lo de otros sistemas de estructuras metálicas hasta la fecha empleados y completamente vigentes.

En los últimos 8 años en el país, el sistema de coberturas metálicas autosoportadas, ha ido en franco crecimiento respecto a su instalación. Surge como una alternativa a los sistemas convencionales de coberturas y cerramientos. Es un sistema de estructuras metálicas relativamente nuevo en nuestro territorio, no encontramos la información necesaria que nos permita realizar una adecuada descripción de cada una de sus etapas y conocer su correcta instalación. Además de las ventajas que tiene el emplear estas coberturas.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. DEFINICION DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS

Una cobertura metálica autosoportada es aquella cobertura que por su configuración y estructura se soporta a sí misma, sin apoyos intermedios. Este sistema de coberturas pueden ser planas y curvas. La materia prima constituyente del sistema es principalmente acero estructural con recubrimiento de aluminio y/o zinc.

Sus características principales son las siguientes:

- Constituyen un techo que distribuye uniformemente las tensiones recibidas hacia sus elementos de apoyo y estos a su vez a la cimentación.
- Según su geometría tipo arco mejora la escurrimiento de aguas pluviales y/o de nieve.
- Ofrece una menor resistencia superficial al empuje del viento, reduciendo los momentos en los apoyos de la estructura.

1.2. TIPOS DE COBERTURAS METÁLICAS AUTOSOPORTADAS

Las podemos clasificar en 2 grandes grupos, de acuerdo a su geometría, estas son:

- Coberturas metálicas autosoportadas planas
- Coberturas metálicas autosoportadas curvas

Para ambos tipos de cobertura metálica autosoportada se emplea la misma materia prima en su fabricación, asimismo pueden juntarse con otros materiales para cambiar su funcionalidad según se requiera, como por ejemplo aislantes térmicos y acústicos.

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL Y RECUBRIMIENTO

1.3.1. Acero

Es un acero estructural de bajo contenido de carbono, de alta resistencia y ductilidad. Este acero es fabricado cumpliendo normas internacionalmente reconocidas conforme al país de procedencia del acero (Australia, Brasil, Sudáfrica, etc.). Las características del material son las mostradas en la Tabla N° 1.1 y la Tabla N° 1.2.

Tabla N° 1.1. Propiedades físicas del acero estructural

PROPIEDADES FISICAS	
Densidad (g/cm ³)	7.85
Coefficiente de dilatación térmica (mm/m*°C)	0.01

(Referencia 7)

Debido a las propiedades físicas del acero, debe tenerse en cuenta la variación de longitud de los paneles por efecto de las variaciones de temperatura.

En el sentido transversal de las chapas, esta variación, puede ser absorbida por las ondulaciones de los paneles.

Si bien depende de diversos factores, es usual adoptar para el diseño de los elementos de cubierta una diferencia térmica de 50°C.

Tabla N° 1.2. Propiedades mecánicas del acero estructural

PROPIEDADES MECANICAS		
Valores de cálculo	Resistencia a la fluencia (Mpa)	260.00
	Resistencia a la rotura (Mpa)	360.00
Módulo de elasticidad (Mpa)		210.00

(Referencia 7)

1.3.2. Recubrimiento del acero

Se usan por lo general 2 tipos de recubrimiento metálico para los paneles, el zinc (o galvanizado) y el aluzinc (también conocido como ZINCALUME).

Con el zinc se logra una protección en dos sentidos; este metal resiste la corrosión atmosférica, evitando el contacto del acero con el oxígeno del aire y brinda también una excelente protección catódica, que evita la corrosión de los bordes expuestos y de las pequeñas rayas y hendiduras que puedan producirse durante la manipulación de los paneles.

Previamente al desarrollo del Aluzinc, se desarrollaron los paneles aluminizados; son paneles de acero en los cuales el recubrimiento es solo aluminio. El Aluminio, como recubrimiento, presenta una excelente resistencia a la corrosión, mayor a la del zinc, pero no es recomendable para techos, debido a que tiene la desventaja de no brindar protección catódica, y por consiguiente los bordes expuestos, rayas y hendiduras se corroen rápidamente. En los paneles 100% de aluminio este problema no existe, ya que siendo el núcleo también de aluminio, no se necesita protección adicional.

El Aluzinc surge de aprovechar las bondades de ambos materiales, aluminio y zinc. La aleación, en general se compone de 50 a 60 % de aluminio, 40 a 50 % de zinc, más pequeñas adiciones de elementos de control. Los numerosos ensayos han demostrado una notoria mejoría en la vida útil. Este revestimiento fue el que obtuvo mejor desempeño, lográndose mayor resistencia a la corrosión que con el galvanizado, conservando una excelente protección catódica en los bordes expuestos, rayas y hendiduras.

Los recubrimientos de Zinc se especifican con una "Z" seguida de un número (ejemplo: Z275). Dicho número indica la masa mínima del recubrimiento en gramos por metro cuadrado (g/m^2) sumando ambas caras del panel, determinado por un ensayo de triple muestreo. Cuando es necesario diferente espesor de recubrimiento en ambas caras (recubrimiento diferencial), se especifica de la forma Z x/y, donde x e y son la masa de recubrimiento de cada una de las caras del panel (ejemplo Z 275/100).

Los recubrimientos de Aluzinc, se especifican de la forma "AZ" seguida de la masa mínima de recubrimiento (ejemplo: AZ150).

En la Tabla N° 1.3 se especifica el espesor aproximado de recubrimiento correspondiente a cada una de las masas de recubrimiento usuales. Los espesores, así como las masas corresponden, a la suma de ambos lados.

Tabla N° 1.3. Espesores de recubrimientos más usuales

Espesores aproximados de recubrimientos (ambos lados), equivalentes a los valores de masa de recubrimiento usuales		
Clase de Recubrimiento	Masa de recubrimiento	Espesor aproximado de recubrimiento, suma de ambos lados
Z100	130	0.02 mm (20µm)
Z200	220	0.03 mm (30µm)
Z275	290	0.04 mm (40µm)
Z350	370	0.05 mm (50µm)
Z450	470	0.07 mm (70µm)
Z600	650 (panel ≤ 2.0mm)	0.09 mm (90µm)
	680 (panel > 2.0mm)	0.10 mm (100µm)
AZ150	170	0.05 mm (50µm)
AZ200	220	0.06 mm (60µm)

(Referencia 7)

1.3.3. Aluminio

El aluminio es altamente resistente a la corrosión atmosférica debido a que, por su gran afinidad química con el oxígeno, forma espontáneamente al aire una capa de óxido fina, impermeable, resistente y muy adherente al metal, que impide que el ataque progrese. Como resultado, el metal puro y muchas de sus aleaciones pueden ser usados sin protección de ninguna clase, ahorrándose por lo tanto el tratamiento y los gastos de mantenimiento. No obstante, es usual el uso de aleaciones en razón de su mejor comportamiento mecánico en relación al aluminio puro.

La resistencia a la corrosión de cada aleación está determinada fundamentalmente por su composición química, aunque también influye su temple en menor grado. Si la superficie es cortada o sometida a abrasivos, la película protectora de óxido se forma nuevamente en forma espontánea, mientras el oxígeno esté presente. La corrosión sólo ocurre cuando la película se rompe y no se recompone por falta de oxígeno.

En el estado de entrega y sin ninguna protección adicional, la superficie expuesta a la intemperie sólo se opacará levemente, durante un período de tiempo que depende de la polución atmosférica, siendo esto consecuencia de un ligero ataque superficial, que si bien afecta la estética del aluminio, no perjudica en lo más mínimo su estructura.

En la Tabla N° 1.4 se presentan las propiedades físicas de esta aleación.

Tabla N° 1.4. Propiedades físicas de la aleación

PROPIEDADES FISICAS	
Densidad (g/cm ³)	2.70
Coefficiente de dilatación térmica (mm/m*°C)	0.024

(Referencia 7)

El aluminio y sus aleaciones tienen un coeficiente de dilatación térmica relativamente alto, de 0.024 m/m°C.

Esta expansión, por lo tanto, debe ser tenida en cuenta en el diseño. Con una diferencia entre temperaturas extremas de 50 °C, se produce una dilatación de 1.2 mm por cada metro de longitud de panel.

La expansión y contracción de los paneles deben ser permitidas mediante agujeros de fijación sobredimensionados, sellados con elementos flexibles.

Contrariamente a la opinión generalmente difundida, el aluminio no es un metal blando que impida su uso en aplicaciones estructurales. La combinación de elementos de aleación y de tratamientos térmicos adecuados, hacen que se puedan usar aleaciones de alta resistencia mecánica en los casos que se necesiten. El aluminio empleado para la fabricación de los paneles de aluminio, es una aleación seleccionada especialmente para este uso.

En la Tabla N° 1.5 se presentan las propiedades mecánicas de esta aleación.

Tabla N° 1.5. Propiedades mecánicas de la aleación

PROPIEDADES MECANICAS	ESPESOR (mm)	
	0.60	0.80 - 1.00
Resistencia última (Mpa)	210.00	230.00
Módulo de elasticidad (Mpa)	70.00	300.00
Límite elástico al 0.2%	105.00	

(Referencia 7)

1.3.4. Paneles prepintados

Los paneles Prepintados, se trata de bobinas pintadas de origen y la denominación "Prepintada" es debido a que se le aplica la pintura antes de ser conformada. Se trata de una pintura curada en horno, con una capa de primer inhibidor de corrosión, además de otra capa convertidora. Este recubrimiento tiene una gran resistencia a los agentes atmosféricos y a la luz ultravioleta. Para evitar el deterioro de la pintura durante el almacenamiento, manipulación y montaje, algunas pueden contar con un film de polietileno adherido, que luego de finalizadas todas las tareas sobre la misma, se quita, quedando el recubrimiento en perfecto estado.

La pintura cuenta con una gran flexibilidad y elongación para permitir el plegado sin que la pintura se vea afectada.

A partir de este proceso, el panel prepintado ha logrado ser un elemento ineludible a tener en cuenta para techar viviendas, inclusive les da más valor.

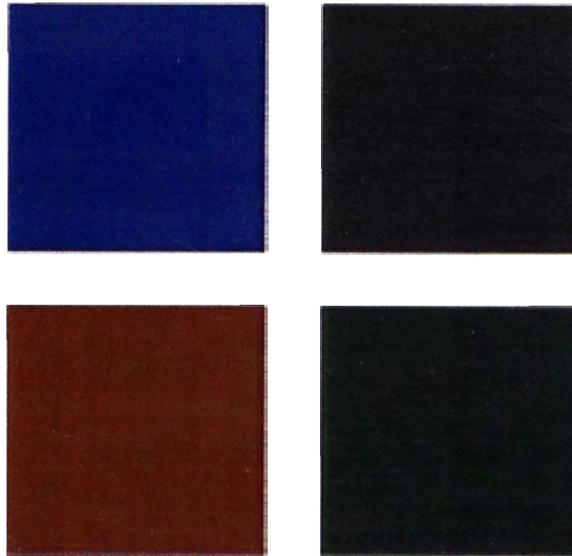


Figura N° 1.1. Ejemplo de colores del panel prepintado (Referencia 7)

1.4. PRINCIPALES SECCIONES DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS

Existen una gran variedad de perfiles metálicos autoportados ofrecidos y patentados por diferentes empresas, teniendo características especiales según sea el caso, describiremos los más utilizados:

a) Autoportante BC 800 de Becam

Con el panel autoportante BC 800, se consiguen distancias entre apoyos (dependiendo del caso) de hasta aproximadamente 18 m en forma plana, y de hasta 30 m en forma curva con desplazamientos horizontales impedidos.

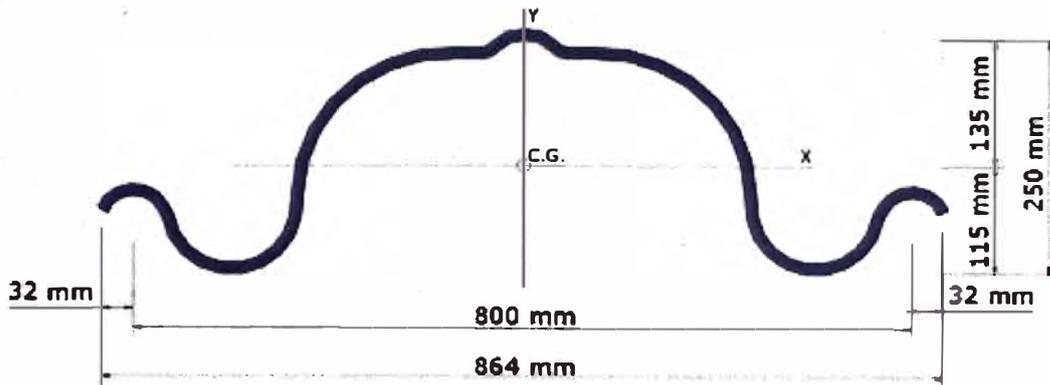


Figura N° 1.2. Dimensiones del panel BC 800 – Desarrollo 1200 mm
(Referencia 7)

Las dimensiones en el esquema son aproximadas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material, y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones.

El ancho útil tendrá variaciones dentro del rango especificado a los efectos de ajustes al proyecto. A continuación mostramos la información técnica del panel BC800:

Tabla N° 1.6. Información técnica del panel BC800

Información Técnica del Panel de Acero BC800				
Espesor (mm)	1.11	1.25	1.55	2.00
Peso (kg/m ² útil)	13.03	14.68	18.22	23.51
Peso (kg/m lineal)	10.43	11.75	14.57	18.81
Momento de Inercia (cm ⁴ /m útil)	1163.00	1309.00	1624.00	2095.00
Módulo resistente mayor (cm ³ / m útil)	101.00	114.00	141.00	182.00
Módulo resistente menor (cm ³ / m útil)	86.00	97.00	120.00	155.00

(Referencia 7)

Las propiedades han sido calculadas basándose en el perfil teórico y el espesor nominal, y por tanto son aproximadas.

Pueden no coincidir exactamente con la realidad debido a las pequeñas variaciones dimensionales.

b) Autoportante BC 700 de Becam

Con el panel autoportante BC 700, se consiguen distancias entre apoyos (dependiendo del caso) de hasta aproximadamente 9 m en forma plana, y de hasta 14 m en forma curva con apoyos impedidos.

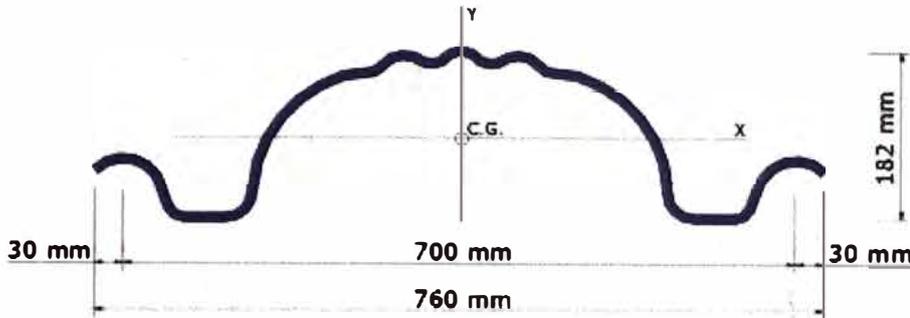


Figura N° 1.3. Dimensiones del panel BC 700 – Desarrollo 1000 mm
(Referencia 7)

Las dimensiones en el esquema son aproximadas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material, y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones.

El ancho útil tendrá variaciones dentro del rango especificado a los afectos de ajustes al proyecto. A continuación mostramos la información técnica del panel BC700:

Tabla N° 1.7. Información técnica del panel BC700

Información Técnica del Panel de Acero BC700		
Espesor (mm)	0.70	1.00
Peso (kg/m ² útil)	7.84	11.21
Peso (kg/m lineal)	5.49	7.85
Momento de Inercia (cm ⁴ /m útil)	487.00	695.00
Módulo resistente mayor (cm ³ / m útil)	56.90	81.00
Módulo resistente menor (cm ³ / m útil)	50.40	72.00

(Referencia 7)

Las propiedades han sido calculadas basándose en el perfil teórico y el espesor nominal, y por tanto son aproximadas. Pueden no coincidir exactamente con la realidad debido a las pequeñas variaciones dimensionales.

c) Autoportante M-2 de Arcotecho

Con el panel autoportante M-2, se consiguen distancias entre apoyos de hasta aproximadamente 6.50 m en forma plana (espesor de panel 0.60 mm), y de hasta 25 m en forma curva con apoyos impedidos (espesor de panel 0.80 mm).

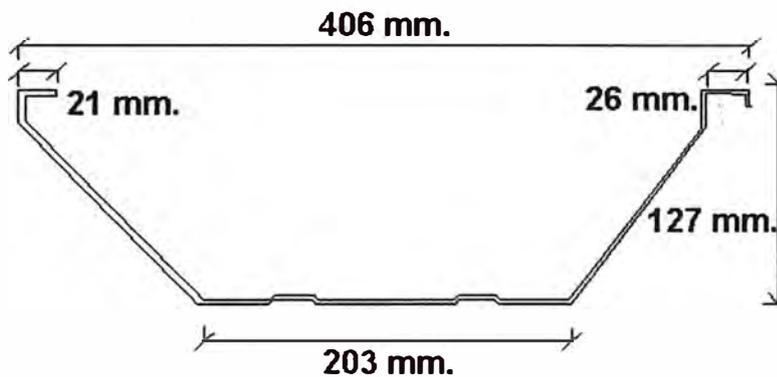


Figura N° 1.4. Dimensiones del panel M-2 – Desarrollo 610 mm (Referencia 3)

Las dimensiones en el esquema son teóricas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material, y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones. A continuación mostramos la información técnica del panel M-2 Arcotecho:

Tabla N° 1.8. Información técnica del panel M-2

Información Técnica del Panel de Acero M-2	
Espesor (mm)	0.60
Area (mm ²)	369.00
Peso (kg/m ² útil)	7.18
Peso (kg/m lineal)	2.87
Momento de Inercia (cm ⁴ /m útil)	110.00
Módulo resistente mayor (cm ³ / m útil)	23.10

(Referencia 3)

Las propiedades son calculadas basándose en el perfil teórico y espesor nominal; pudiendo variar debido a las dimensiones reales del perfil.

d) Autoportante M-3 de Arcotecho

Con el panel autoportante M-3, se consiguen distancias entre apoyos de hasta aproximadamente 7.50 m en forma plana (espesor de panel 0.60 mm), y de hasta 35 m en forma curva con apoyos impedidos (espesor de panel 1.50 mm).

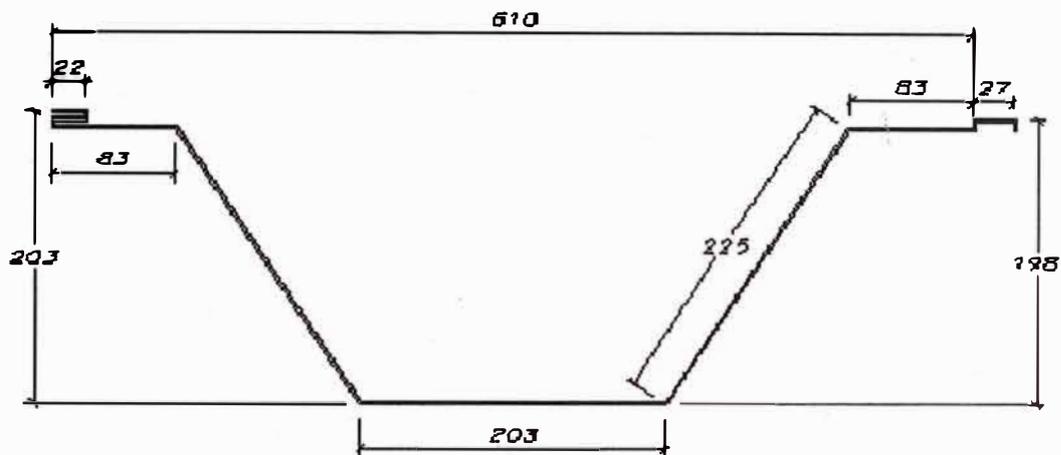


Figura N° 1.5. Dimensiones del panel M-3 – Desarrollo 914 mm (Referencia 3)

Las dimensiones en el esquema son teóricas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material, y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones. A continuación mostramos la información técnica del panel M-3 Arcotecho:

Tabla N° 1.9. Información técnica del panel M-3

Información Técnica del Panel de Acero M-3	
Espesor (mm)	0.60
Area (mm ²)	541.20
Peso (kg/m ² útil)	7.18
Peso (kg/m lineal)	4.31
Momento de Inercia (cm ⁴ /m útil)	357.00
Módulo resistente mayor (cm ³ / m útil)	43.90

(Referencia 3)

Las propiedades son calculadas basándose en el perfil teórico y espesor nominal; pudiendo variar debido a las dimensiones reales del perfil.

1.5. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS

En el diseño de una cobertura metálica autoportada, es necesario conocer principalmente los espacios, tipo de cubierta, ubicación física, estructuras existentes, entre otros. Para poder proyectar la mejor alternativa de diseño y funcionalidad al usuario final.

a) Parámetros de diseño:

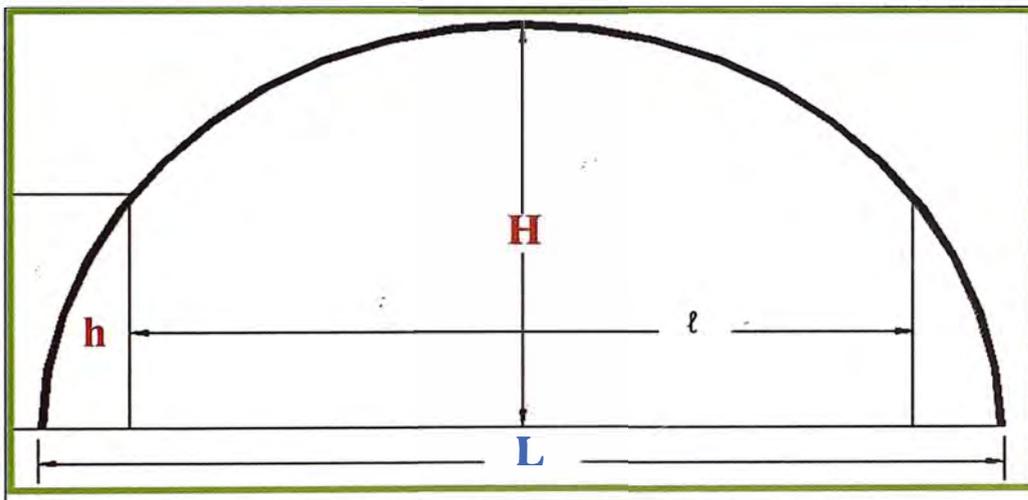


Figura N° 1.6. Esquema de cobertura metálica autoportada (Referencia 3).

- Luz (L): Distancia entre apoyos laterales.
- Flecha (H): Altura máxima de la cubierta (Medida al centro)
- Distancia (ℓ): Longitud total de la edificación
- Altura (h): Altura de la edificación

b) Cargas de diseño

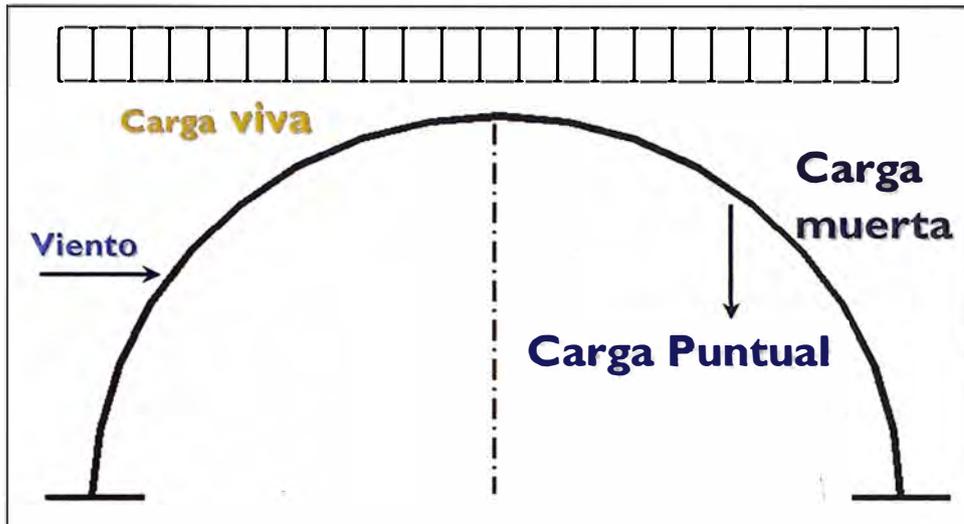


Figura N° 1.7. Esquema de cargas de diseño (Referencia 3)

- Carga muerta: Peso de la cobertura según el calibre del acero.
- Carga viva: Se considera una sobrecarga de 30 kg/m² según la Norma E.020
- Carga de nieve: Cuando el proyecto se encuentra a una altitud de más de 3000 m.s.n.m.
- Cargas concentradas (puntuales): Son aquellas ejercidas en un punto específico del arco tales como: luminarias, extractores, ventiladores, etc.
- Carga de viento: Se obtiene a partir del mapa eólico, según la ubicación de la obra.

c) Diseño geométrico típico

Para diseñar una cobertura curva o semicircular, se necesita determinar la longitud de los arcos, el radio interior y exterior, teniendo como base las siguientes fórmulas y datos:

- Fórmulas para el cálculo

Se necesitan las siguientes fórmulas básicas:

$$\text{Peso de arco} = (\text{ancho bobina}) \times (L_c) \times (e) \times (\rho_{\text{acero}}) \times (0.001): F1$$

$$\# \text{ de arcos} = \frac{\text{Largo de la Nave}}{\text{ancho efectivo de arco}}: F2$$

$$\text{Peso total cobertura} = (\# \text{ de arcos}) \times (\text{peso de arco}): F3$$

$$L_c = 2 * R * \text{Arcsen}\left(\frac{L}{2 * R}\right): F4$$

$$R = \frac{L^2}{8 * F} + \frac{F}{2}: F5$$

Dónde:

R: Radio (m).

F: Flecha (m).

L: Luz, ancho de la nave (m).

e: calibre o espesor de la plancha de acero (mm).

Lc: Longitud de arco o longitud de corte (m).

Ancho efectivo de arco: Según arcos de prueba en metros.

Ancho de bobina: Según el panel a usar en metros.

Densidad del acero (ρ): 7,850 kg/m³

Largo de la nave: Según medida de campo en metros.

- Datos para el cálculo

Según los requerimientos para el proyecto, es necesario definir estos datos.

Cuerda: Constituye el ancho que cubrirá la cobertura en metros.

Flecha: Corresponde a la altura máxima que tendrá la cobertura en metros.

Relación (flecha / cuerda): Dada por la división entre flecha y cuerda expresada en porcentaje.

- Tabla de factores para desarrollo de arco

Tabla N° 1.10. Tabla resumen para diseño geométrico

TABLA DE FACTORES PARA DESARROLLOS DE ARCOS					
RELACION (%)	FLECHA	RADIO	LONGITUD DE ARCO	ANGULO DE APOYO	CUERDA EXTERIOR
10	0.10	1.300	1.026	23	+0.14
11	0.11	1.191	1.032	25	+0.17
12	0.12	1.102	1.038	27	+0.184
13	0.13	1.027	1.044	29	+0.19
14	0.14	0.963	1.051	31	+0.20
15	0.15	0.908	1.059	33	+0.22
16	0.16	0.861	1.067	35	+0.23
17	0.17	0.820	1.075	38	+0.25
18	0.18	0.784	1.084	40	+0.26
19	0.19	0.753	1.094	42	+0.27
20	0.20	0.725	1.103	44	+0.28
21	0.21	0.700	1.114	46	+0.29
22	0.22	0.678	1.124	47	+0.296
23	0.23	0.658	1.136	49	+0.30
24	0.24	0.641	1.147	51	+0.31
25	0.25	0.625	1.159	53	+0.32
26	0.26	0.611	1.172	55	+0.33
27	0.27	0.598	1.184	57	+0.34
28	0.28	0.586	1.197	58	+0.344
29	0.29	0.576	1.211	60	+0.35
30	0.30	0.567	1.225	62	+0.36
31	0.31	0.558	1.239	64	+0.364
32	0.32	0.551	1.254	65	+0.37
33	0.33	0.544	1.269	67	+0.374
34	0.34	0.538	1.284	68	+0.376
35	0.35	0.532	1.300	70	+0.38
36	0.36	0.527	1.316	72	+0.384
37	0.37	0.523	1.332	73	+0.388
38	0.38	0.519	1.349	74	+0.39
39	0.39	0.516	1.366	76	+0.394
40	0.40	0.513	1.383	77	+0.396
41	0.41	0.510	1.401	78	+0.398
42	0.42	0.508	1.419	80	+0.40
43	0.43	0.506	1.437	81	+0.40
44	0.44	0.504	1.455	83	+0.402
45	0.45	0.503	1.474	84	+0.404
46	0.46	0.502	1.493	85	+0.4048
47	0.47	0.501	1.512	86	+0.405
48	0.48	0.500	1.531	88	+0.406
49	0.49	0.500	1.551	89	+0.406
50	0.50	0.500	1.571	90	+0.406

(Referencia 4)

- Procedimiento de cálculo

Tenemos un claro a cubrir con una flecha del 20%.

Cuerda: 20.0 metros

Relación: 20%

Procedimiento de cálculo para datos interiores:

- i) La flecha obtenemos multiplicando el claro por el valor que se encuentra en la columna flecha de la tabla de factores.

Ingresamos con la relación 20%

RELACION %	RADIO	FLECHA	DESARROLLO	ANGULO DE APOYO	CUERDA EXTERIOR
20%	0.7250	0.20	1.103	44°	+0.28

Flecha= 20m x (20%) = 4.00 metros

- ii) Para obtener el radio, multiplicaremos la cuerda por el valor de la columna radio de la tabla de factores.

Radio= 20m x (0.725) = 14.50 metros

- iii) Para obtener la longitud de arco, multiplicaremos la cuerda por el valor de la respectiva columna de la tabla de factores.

Longitud de arco = 20m x (1.103) = 22.06 metros

- iv) Verificamos en la tabla el ángulo de apoyo entre la cobertura y la viga. Para el caso de la relación 20% podemos considerar entre 44° y 45°.

Angulo de apoyo = 44°

Procedimiento de cálculo para datos exteriores (fabricación):

Las medidas y dimensiones a calcular serán las que se verifiquen durante la producción de arcos o unidades autosoportadas.

- i) Al valor de la cuerda del dato anterior, se le sumará el de la columna cuerda exterior de la tabla de factores.

$$\text{Cuerda exterior} = 20\text{m} + 0.28 = 20.28 \text{ metros}$$

- ii) La flecha obtenemos multiplicando el claro por el valor que se encuentra en la columna flecha de la tabla de factores.

Ingresamos con la relación 20%

RELACION %	RADIO	FLECHA	DESARROLLO	ANGULO DE APOYO	CUERDA EXTERIOR
20%	0.7250	0.20	1.103	44°	+0.28

$$\text{Flecha} = 20.28\text{m} \times (20\%) = 4.056 \text{ metros}$$

- iii) Para obtener el radio, multiplicaremos la cuerda por el valor de la columna radio de la tabla de factores.

$$\text{Radio} = 20.28\text{m} \times (0.725) = 14.703 \text{ metros}$$

- iv) Para obtener la longitud de arco, multiplicaremos la cuerda por el valor de la respectiva columna de la tabla de factores.

$$\text{Longitud de arco} = 20.28\text{m} \times (1.103) = 22.369 \text{ metros}$$

- v) Verificamos en la tabla el ángulo de apoyo entre la cobertura y la viga. Para el caso de la relación 20% podemos considerar entre 44° y 45°.

$$\text{Angulo de apoyo} = 44^\circ \text{ (para ser verificado en campo)}$$

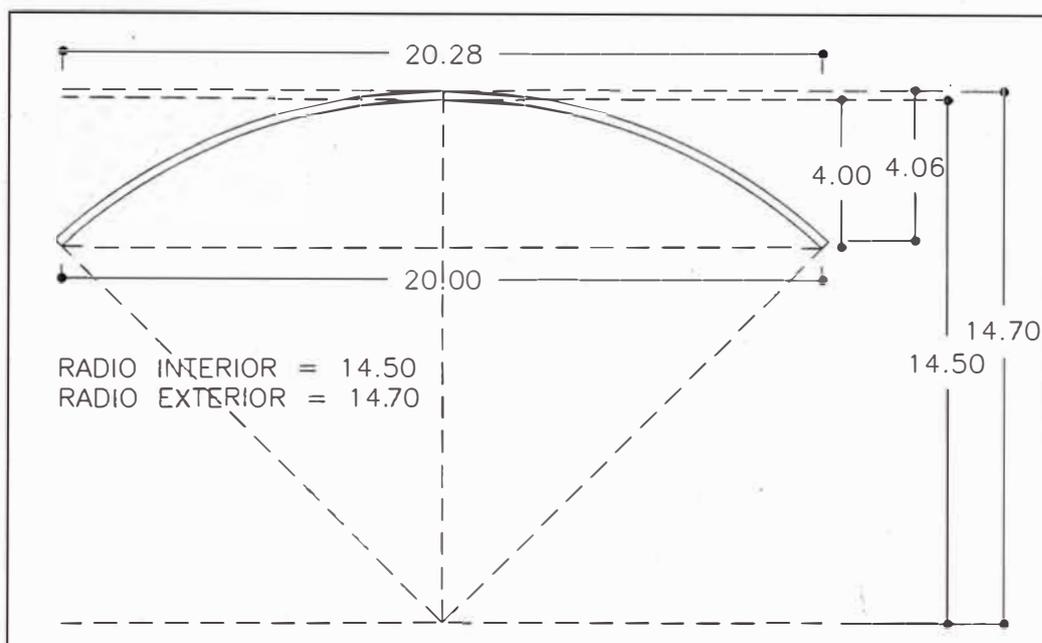


Figura N° 1.8. Esquema de fabricación de arcos (Referencia 4)

Para complementar el diseño geométrico, se realizará el análisis de la cobertura según los parámetros y las cargas de diseño detalladas anteriormente; con esto determinaremos el calibre o espesor del panel para el proyecto.

d) Características generales de perfiles atosoportados



Figura N° 1.9. Esquema de sección atosoportada (Referencia 3)

La capacidad de carga de una sección determinada puede aumentarse apreciablemente utilizando atiesadores intermedios o atiesadores de borde.

La función de un atiesador en un miembro a compresión es la de aumentar el área efectiva de la sección transversal, suministrando refuerzo a un ancho grande, reduciendo en esta forma su relación de ancho a espesor y aumentando el esfuerzo crítico.

CAPITULO II: PROCESO CONSTRUCTIVO DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS

2.1. ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo que se considerará para el presente desarrollo, será el empleado por la empresa Arcotecho Perú S.A.C. Asimismo los procesos usados por otras empresas en el país son similares.

De acuerdo a la experiencia, se dividirá el proceso constructivo en tres etapas.

2.1.1. Primera etapa: Fabricación y conformado de arcos o unidades autosoportadas

a) Proceso de Fabricación

Para este proceso identificamos subprocesos, los cuales detallamos a continuación:

- **Instalación de máquina conformadora**

Se deberá estudiar la zona de trabajo para situar la maquina en un área que facilite el trabajo de conformado y curvado de los paneles, así como la sujeción y el montaje de las mismas; también se deberá ubicar el área de maniobra para el montacargas y la grúa posteriormente. Las medidas de largo y ancho de la máquina conformadora son 7.0 metros y 1.70 metros en promedio respectivamente.

Es importante que el terreno esté nivelado pues facilita la nivelación de la máquina conformadora; el terreno debe ser lo suficiente amplio y extenso para evitar que los arcos sufran doblamiento por manipulación excesiva o maniobras manuales inapropiadas en su traslado y acopio.

Luego de posicionar la máquina conformadora, se procede con su nivelación y el tendido de mesas en la parte posterior, que sirven de soporte al panel durante la fabricación y curvado.



Fotografía N° 2.1. Ubicación de máquina conformadora (Referencia 4)



Fotografía N° 2.2. Nivelación de máquina conformadora y tendido de mesas de soporte (Referencia 15)

- Instalación de bobinas en desbobinador

Primero se deberá ubicar el portatecle móvil sobre la bobina que se izará. Las bobinas a emplear deberán alinearse una tras otra.

Previamente se verificará las condiciones del tecle manual y su respectiva cadena de izaje. Debido a que la bobina tiene embalaje de acero se deberá quitar la envoltura de protección. El portabobina deberá estar alineado de acuerdo al ingreso de la máquina conformadora.

Seguidamente por el diámetro interior de la bobina ingresará el tambor, el cual deberá ser ajustado, centrado y alineado al portabobina.

Finalmente se engancha la bobina con el tecle. Jalando la cadena que levanta al tecle de costado y alineada con el tambor del tecle manual para descender lentamente hasta acomodar en el portabobina.

En caso no se emplee el portatecle se instalarán las bobinas mediante un montacargas, grúa o cargador frontal; el procedimiento es el mismo detallado anteriormente.

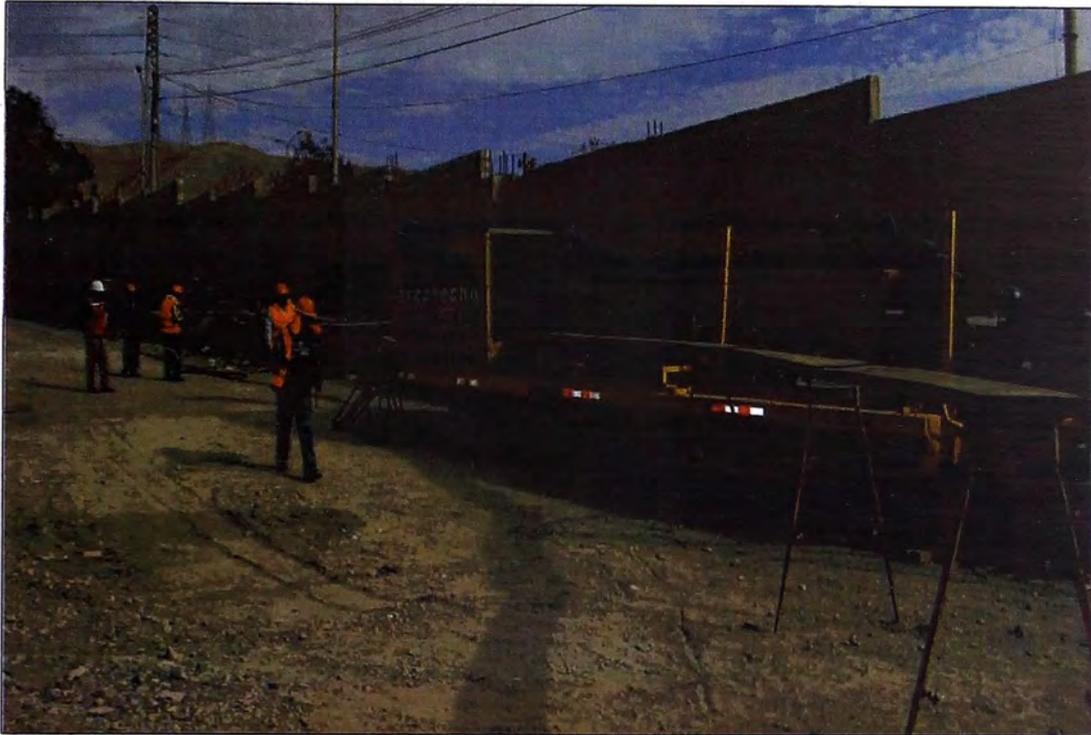


Fotografía N° 2.3. Izaje de bobinas (Referencia 15)



Fotografía N° 2.4. Alineamiento e instalación de bobinas (Referencia 4)

- Producción de arcos o unidades autosoportadas
Se verifica que todas las partes móviles de la máquina conformadora estén en la cabina cerrada al ingresar los 6 metros iniciales de la bobina (largo de máquina conformadora), para ello se destapa un lado de la máquina conformadora y se observará que el ingreso de la lámina sea correcto y no halla un atasco o doblez del panel en los rodillos.
Se deberá asegurar y alinear en todo momento las mesas tanto para la producción del panel recto como para los arcos rolados.
Seguidamente colocar el panel recto de lado (vertical) de tal modo que encaje en la guía de entrada de la máquina conformadora.
El extremo del panel curvo deberá ser guiado de manera manual.
Finalmente la producción de arcos, se colocará en un suelo nivelado y compactado sobre listones de madera como base cuidando evitar deformar el arco. La cantidad de arcos se determinará por la longitud en campo de ambas vigas de apoyo y el ancho efectivo promedio de los arcos, descontándose la cantidad de paneles traslúcidos contemplados.
Para la producción del panel recto, la cantidad deberá ser calculada previamente, correspondiente a cerramiento de tímpanos.



Fotografía N° 2.5. Ingreso de los 6 metros iniciales de bobina
(Referencia 16)

b) Proceso de sellado de arcos

Según el perfil del panel, este presenta en ambos extremos un sistema macho – hembra, por lo cual se sellan los arcos uno al otro en una cantidad igual a tres (tercetas) o cuatro (cuartetos).

Se empieza a emparejar los arcos cuidando que cada uno de los extremos del arco estén alineados respecto del otro con ayuda de las pinzas de presión distribuidas a lo largo del arco separadas 1.50 metros aproximadamente, seguidamente se sellará los arcos con las engargoladoras (selladora manual). Podrá emplearse selladoras eléctricas que tengan la configuración del extremo del panel (macho – hembra).

Finalmente conformada una terceta o cuarteta, éstas serán trasladadas a una posición adecuada para su posterior izaje e instalación.



Fotografía N° 2.6. Sellado de segundo arco (Referencia 16)

2.1.2. Segunda etapa: Preparación de sistema de fijación de cobertura autoportada.

a) Proceso de trazo en viga canal

Se procede a armar los andamios en los lados opuestos de la viga canal. Asimismo la viga canal puede ser metálica o de concreto.

La viga canal no debe presentar pendientes considerables en su longitud (no mayores a 1% dividida en tramos con su respectivo drenaje pluvial). También se debe verificar el ángulo de inclinación de la sección de la viga (para arcos con flechas de 20% y 50%, la inclinación es de 45° y 90° respectivamente).

El trazo consiste en calcular una medida promedio del ancho efectivo de las tercetas o cuartetas (aproximadamente 0.615m ó 0.415m según sea el caso), luego tomando como referencia el nivel teórico de anclaje (0.25 m debajo del extremo inclinado de la viga) se marcará a lo largo de la viga canal con una placa galvanizada cuadrada de anclaje de 4 huecos (medidas de 15cmx15cm y espesor 1/8") las probables ubicaciones de los arcos.

Una vez hecho el trazo horizontal se procede a trazar los ejes de cada arco. Se traza los puntos en donde luego se perforará para colocar los pernos de anclaje y/o expansión según corresponda ($3/8'' \times 1\ 1/2''$ o expansión de $3/8'' \times 3''$).

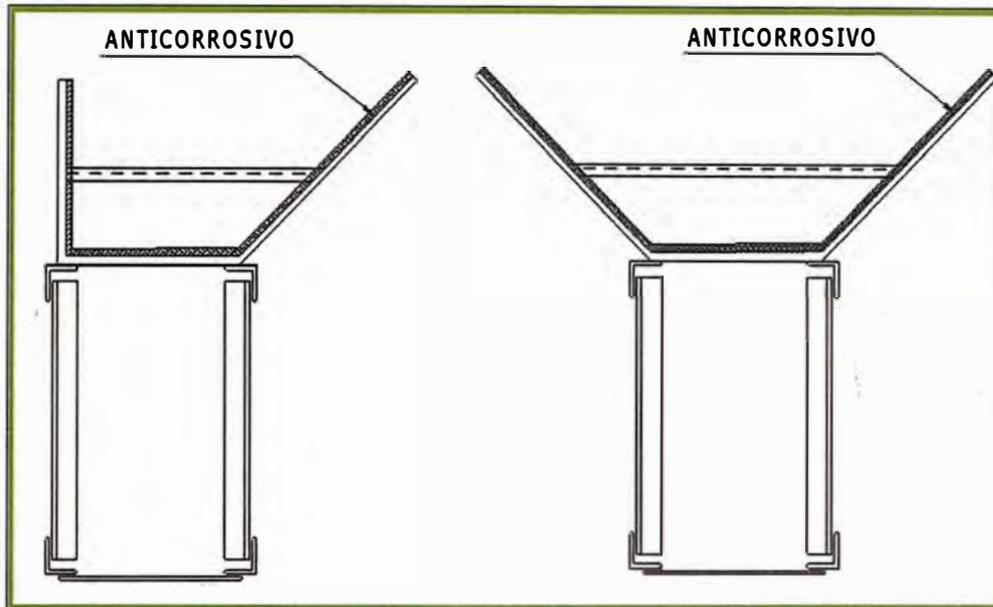


Figura N° 2.1. Lado izquierdo: Viga canal metálica forma simple. Lado derecho: Viga canal metálica central o doble (Referencia 3)

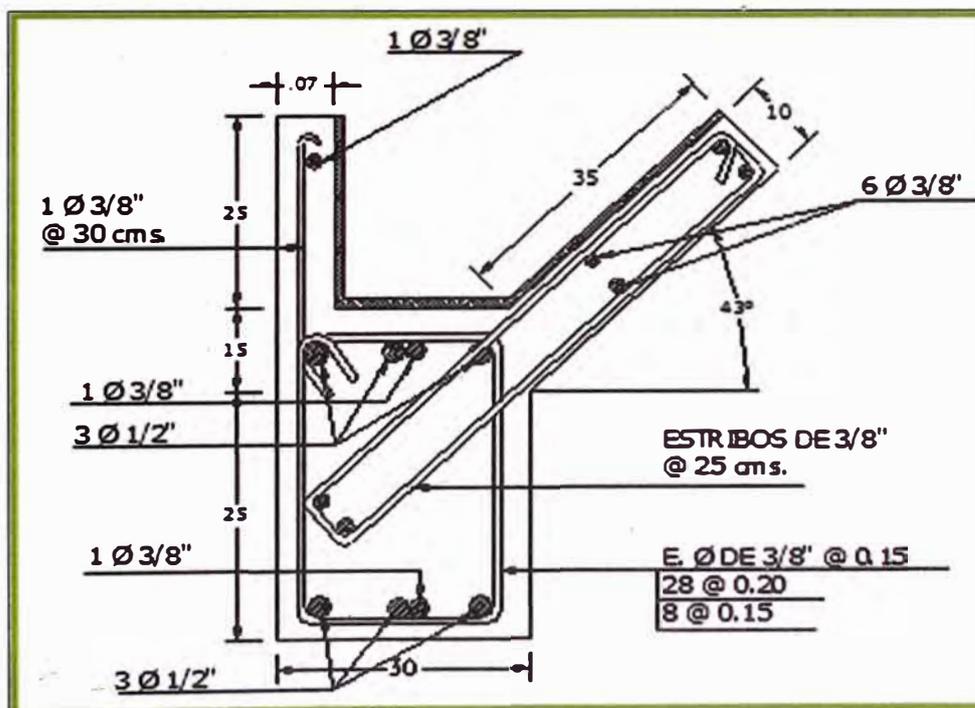


Figura N° 2.2. Viga canal de concreto forma simple (Referencia 3)

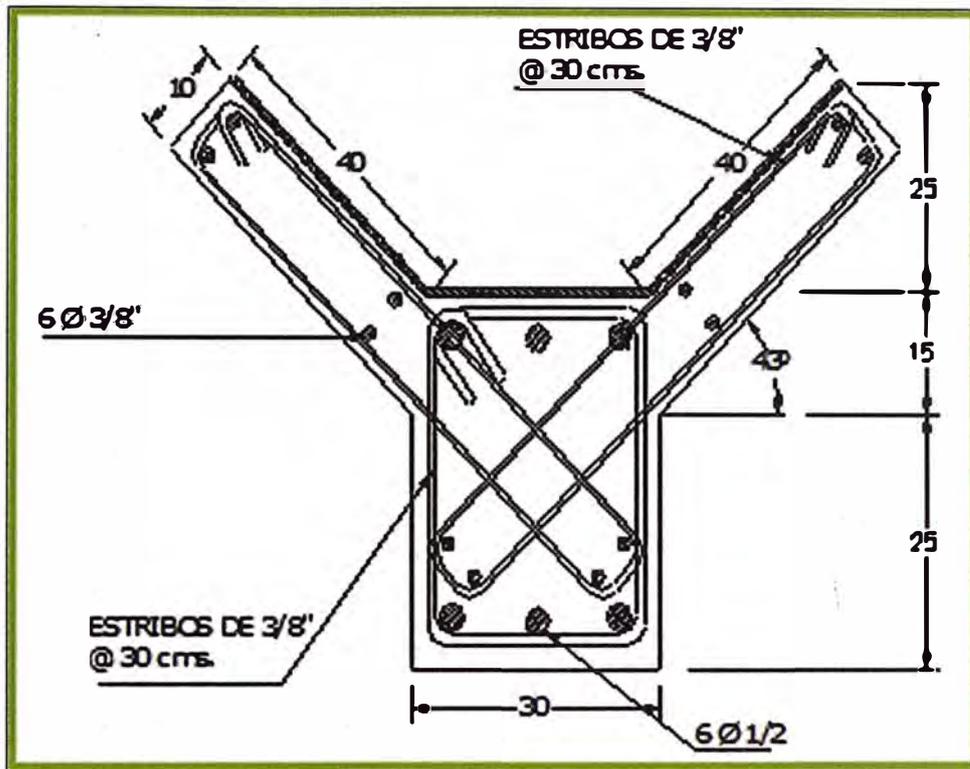


Figura N° 2.3. Viga canal de concreto central o doble (Referencia 3)

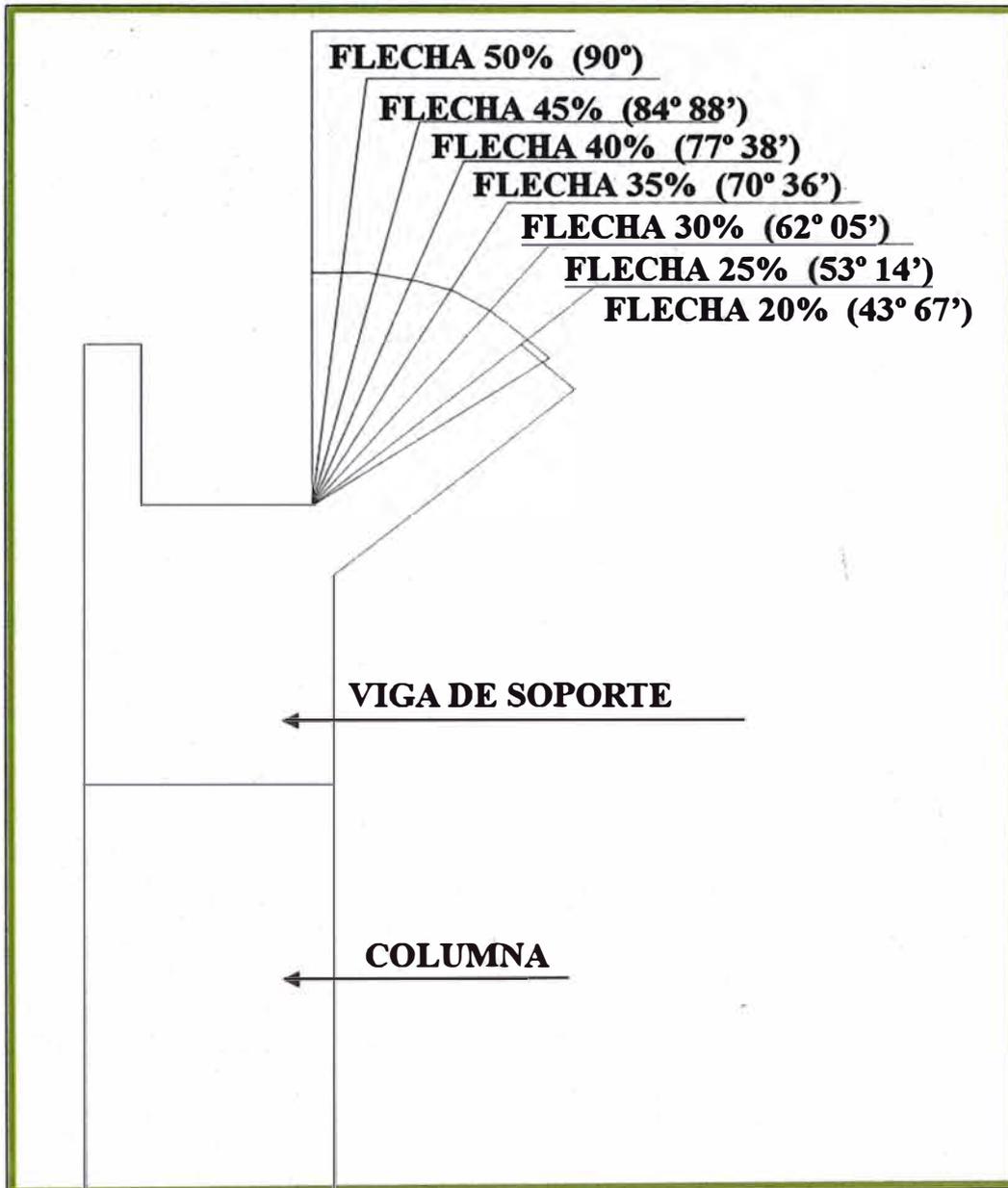


Figura N° 2.4. Inclínación de viga canal según flecha de cobertura metálica autosoportada (Referencia 3)

b) Proceso de perforación en viga canal

Luego de realizar el trazo que servirá como guía, se procede a perforar la viga canal (utilizando como molde la placa cuadrada de anclaje).

La perforación de la viga se realizará empleando taladros de rotación o taladros de percusión con broca de $\frac{1}{2}$ " , según sea acero o concreto respectivamente. Se coloca la broca en posición vertical con respecto al alero de la viga canal y luego se perfora los puntos ya trazados anteriormente (4 puntos marcados con el molde de la placa de anclaje) hasta una profundidad equivalente al 75% de la longitud del perno de anclaje en concreto y la totalidad del espesor de la viga en el caso de acero.

El procedimiento es repetitivo a lo largo de la viga y en ambas vigas. En el caso de vigas metálicas deberá previamente usarse como guía una broca de $\frac{1}{4}$ " en el taladro.



Fotografía N° 2.7. Perforación de viga metálica (Referencia 12)



Fotografía N° 2.8. Perforación de viga de concreto (Referencia 13)

c) Colocación de pernos y placas de fijación

Finalizada la perforación de ambas vigas de anclaje, se iniciará la colocación de pernos de fijación, según sea el caso pernos hexagonales galvanizados de 3/8" x 1 1/2" con doble tuerca o pernos expansivos galvanizados de 3/8" x 3" para viga de acero y concreto respectivamente.

Los pernos hexagonales de 3/8" x 1 1/2" con doble tuerca se ajustaran con dos llaves de boca de 14mm a manera de contra tuerca, quedando fijo sobre el alero de la viga metálica; luego de asegurar los pernos se colocará su respectiva placa de fijación con 4 huecos de 1/2" y espesor de 1/8" (se empleará doble placa de fijación).

En el caso de los pernos expansivos se introducirán aproximadamente el 75% de su longitud total, pudiendo ser estos de 3/8" x 3" o 1/2" x 4"; en este la placa de fijación se colocará durante el montaje de la cobertura (se empleará solo una placa de fijación).

El procedimiento será repetitivo a lo largo de la viga y en ambas vigas.



Fotografía N° 2.9. Colocación de pernos y placa de fijación en viga metálica
(Referencia 12)



Fotografía N° 2.10. Colocación de pernos de fijación en viga de concreto
(Referencia 13)

2.1.3. Tercera etapa: Montaje de cobertura autoportada y cerramiento de tímpanos

a) Montaje de cobertura autoportada

Previo a la maniobra de montaje, se deberá marcar cada terceta o cuarteta de manera simétrica respecto a su eje en la mitad de la longitud correspondiente (cuarta parte de la longitud total de la terceta o cuarteta). Asimismo deberá articularse el balancín de izaje que según sea necesario se podrá regular su longitud (considerando la luz libre del área a techar). El balancín de izaje tendrá como mínimo una longitud equivalente a la mitad de la luz libre a techar.

Seguidamente se colocarán los alicates visegrip y/o pinzas de izaje en los tres puntos marcados (incluyendo el eje de la terceta o cuarteta). Previamente se instalará eslingas en los extremos del balancín y conectados a las pinzas de izaje; además se instalará guías de viento en la terceta (ayudarán a guiar la carga suspendida). Luego de asegurar las pinzas de izaje, se inicia la maniobra, levantando de manera continua la terceta del suelo y colocándola de manera vertical para asegurar las guías de viento (la maniobra se realiza con grúa). Antes de iniciar la maniobra se debe realizar el cálculo de capacidad de carga de la grúa de acuerdo con su tabla correspondiente (relación alcance, altura y carga de la grúa)

Finalmente la terceta se ubicará en la posición adecuada para su anclaje (considerando el trazo realizado y el sistema de fijación). Se fijarán mediante las placas de anclaje galvanizadas de 15cmx15cm, espesor 1/8", y los pernos hexagonales de 3/8" x 1 1/2" o pernos expansivos de 3/8" x 3" colocados previamente en viga metálica o concreto respectivamente. Cada arco de la terceta deberá introducir los 4 pernos respectivos con la ayuda de un tubo metálico hueco de 3/4" y mediante golpeo con comba. El procedimiento será repetitivo sucesivamente hasta la instalación de todas las tercetas (sellando manualmente las tercetas sobre la cobertura).

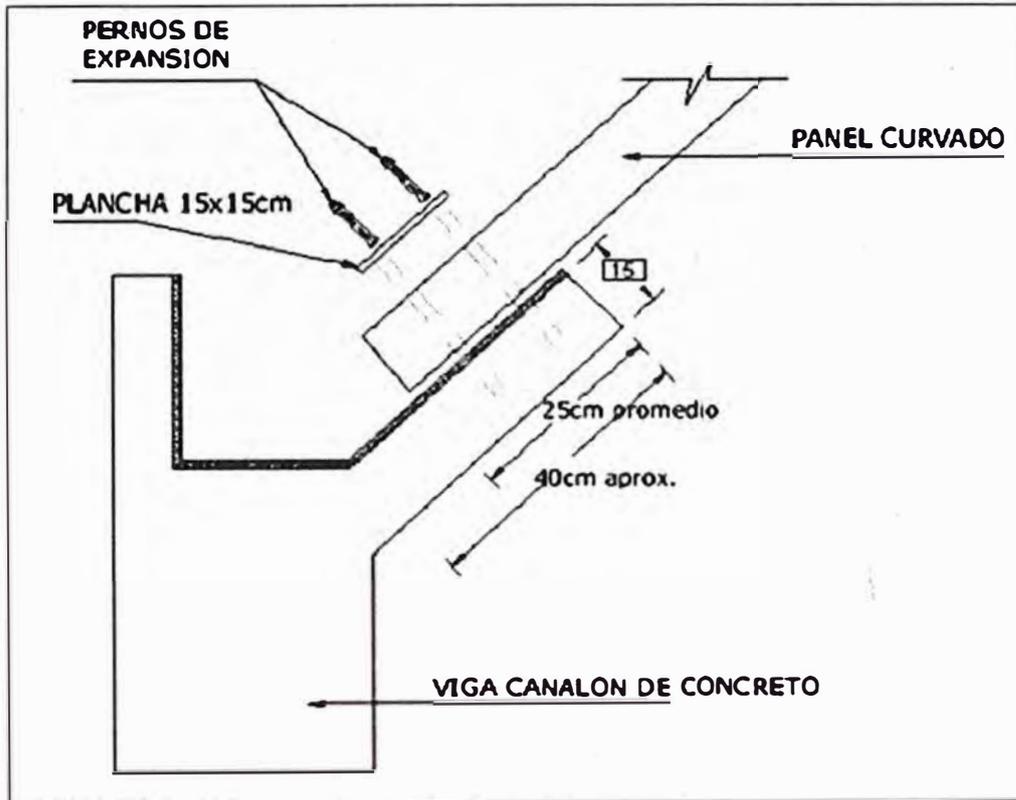


Figura N° 2.5. Anclaje en viga de concreto (Referencia 3)

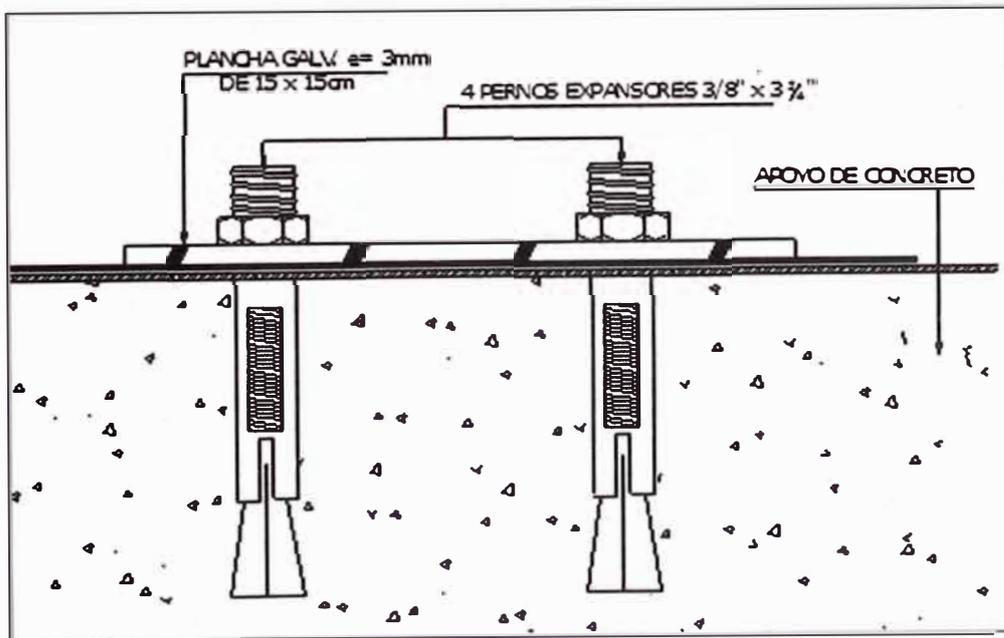


Figura N° 2.6. Anclaje de pernos de expansión (Referencia 3)

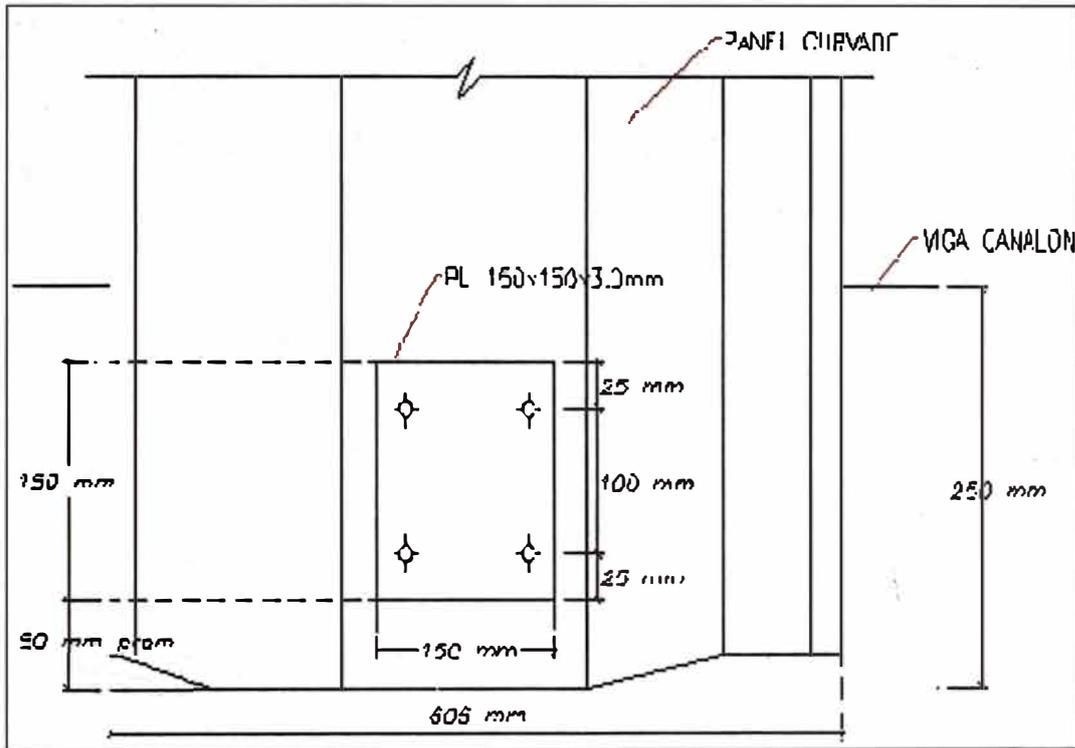


Figura N° 2.7. Vista en planta de anclaje en viga (Referencia 3)

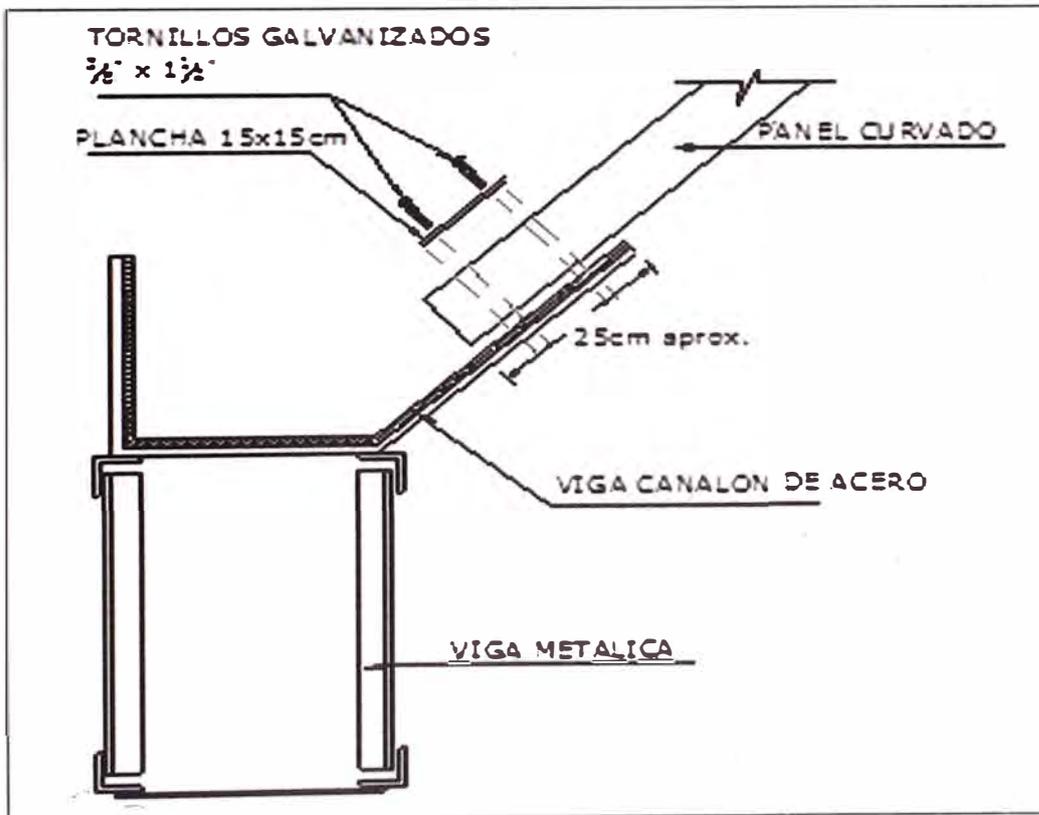


Figura N° 2.8. Anclaje en viga de acero (Referencia 3)

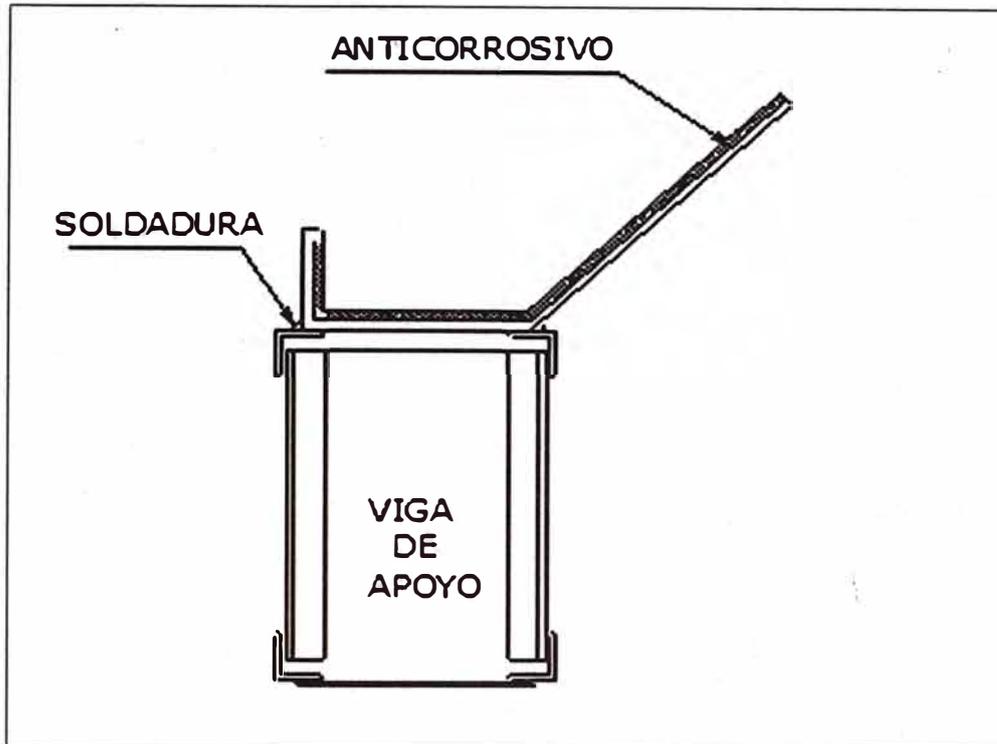


Figura N° 2.9. Viga canal de acero (Referencia 3)

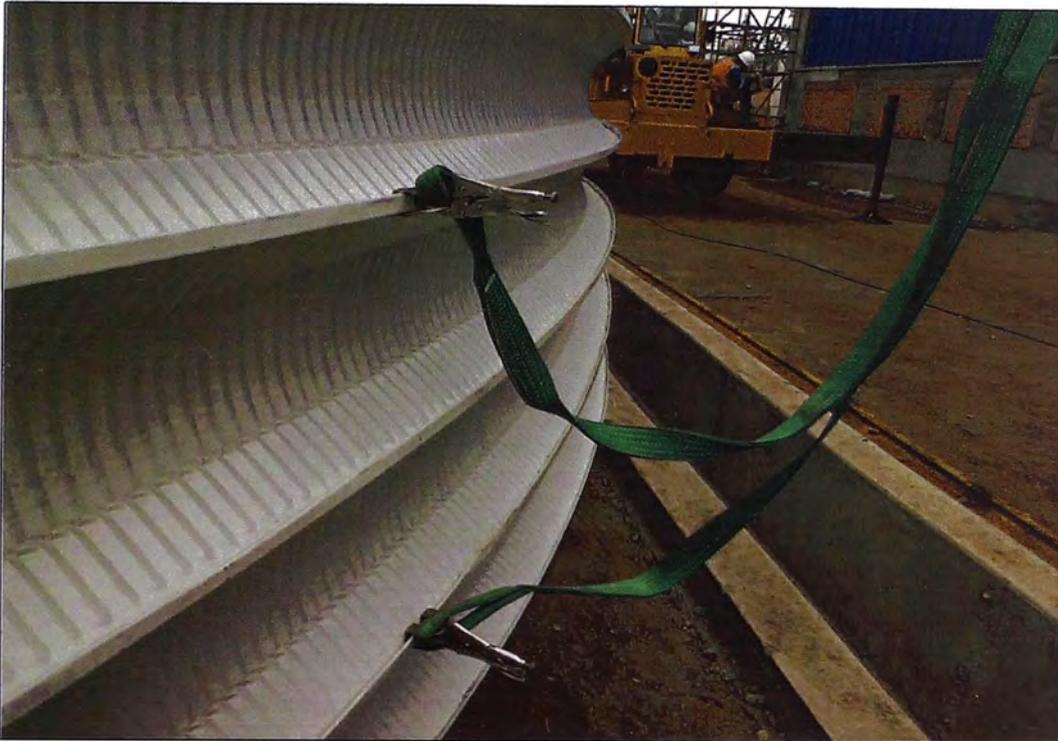
Para el caso de la viga canal de acero estructural, el canalón deberá estar protegido con pintura anticorrosiva (pintura epóxica).

En la tabla se muestra la relación entre el espesor de la viga canal de acero y la luz entre apoyos correspondientes, sin embargo son referenciales debiendo verificarse para cada proyecto determinado.

Tabla N° 2.1. Relación espesor viga canalón y luz entre apoyos de cobertura

Espesor del Canalón		Luz de la Cobertura
mm	Pulg	(m)
4.50	3/16"	0 - 12
6.35	1/4"	12 - 25

(Referencia 3)



Fotografía N° 2.11. Enganche de cuarteta con pinza visegrip (Referencia 4)

b) Instalación de paneles traslúcidos

Previo al montaje se tiene la cantidad y distribución de paneles traslúcidos del proyecto, que por lo general representa un 5% del área techada.

Culminado el montaje de la cobertura autosoportada, se procederá a retirar los arcos que se encuentren en la ubicación de los paneles traslúcidos (proyectados en la cobertura). Estos arcos se instalarán en la parte extrema de manera manual (extremo proyectado para completar el área techada).

Retirados los arcos, en el espacio dejado por el arco, se fijarán horizontalmente y alineados a la cobertura ángulos galvanizados de 1"x1"x1/8" separados entre sí 1 metro, que a su vez rigidizan el espacio dejado por el arco (alinearse de acuerdo al eje de la cobertura de manera simétrica). Los tornillos a emplearse son autorroscantes galvanizados n° 14 x 1" con arandela de neoprene o en su defecto pernos hexagonales de 1/4" x 1" con tuerca.

Luego de fijado los ángulos galvanizados, se procede a instalar los paneles traslúcidos (láminas de fibra de vidrio) sobre estos; debiendo atornillarse y sellando los empalmes entre paneles usando silicona transparente.

Los tornillos a emplearse son autoperforantes galvanizados n° 14 x 1" con arandela plana de neoprene.

Finalmente se deberá sellar los lados laterales entre el panel traslúcido y los arcos adyacentes para evitar filtraciones usando silicona transparente.

Las características de los paneles traslúcidos son láminas de fibra de vidrio de 1 mm de espesor y tendrá un ancho estándar de 0.60m, 0.80m o 0.90m. A continuación presentamos sus propiedades mecánicas:

Tabla N° 2.2. Propiedades mecánicas de la fibra de vidrio

Propiedades mecánicas de la fibra de vidrio	
Peso Específico (g/cm ³)	1.40
Contenido de vidrio (%)	25 - 45
Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	1,500 - 1,800
Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	2,400 - 2,600
Módulo de elasticidad (x10 kg/cm ²)	0.8 - 1.0
Resistencia al impacto (kg/cm/cm ²)	95 - 100
Resistencia al desgarre (kg)	45 - 50
Dureza Barcol (mín.)	45.0
Estabilidad térmica (°C)	(-)40 a (+)130

(Referencia 3)

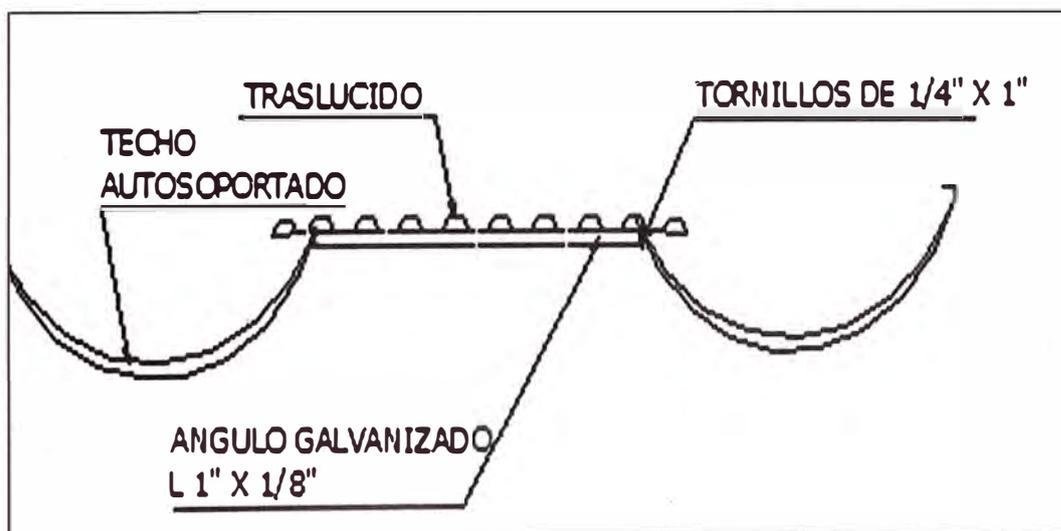


Figura N°2.10. Esquema transversal de panel traslúcido (Referencia 3)

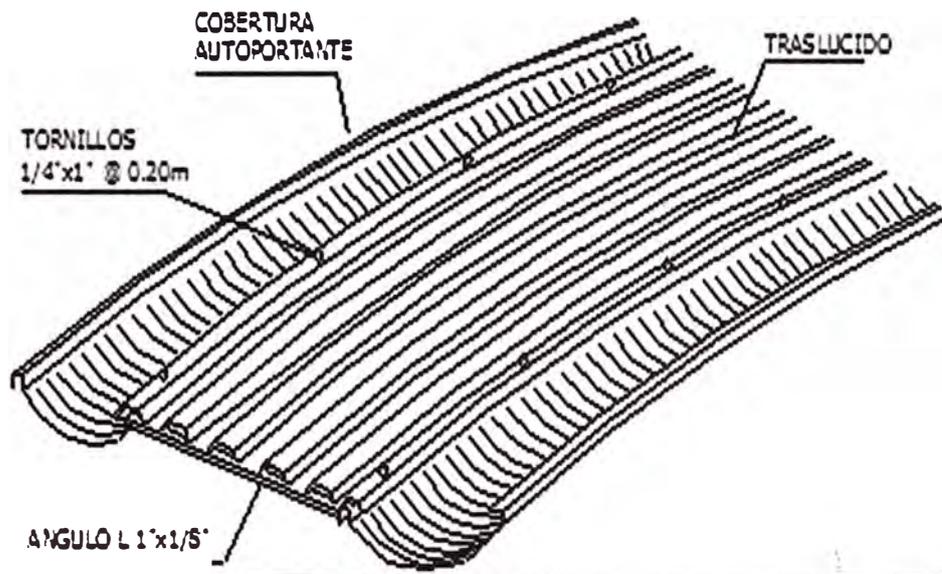
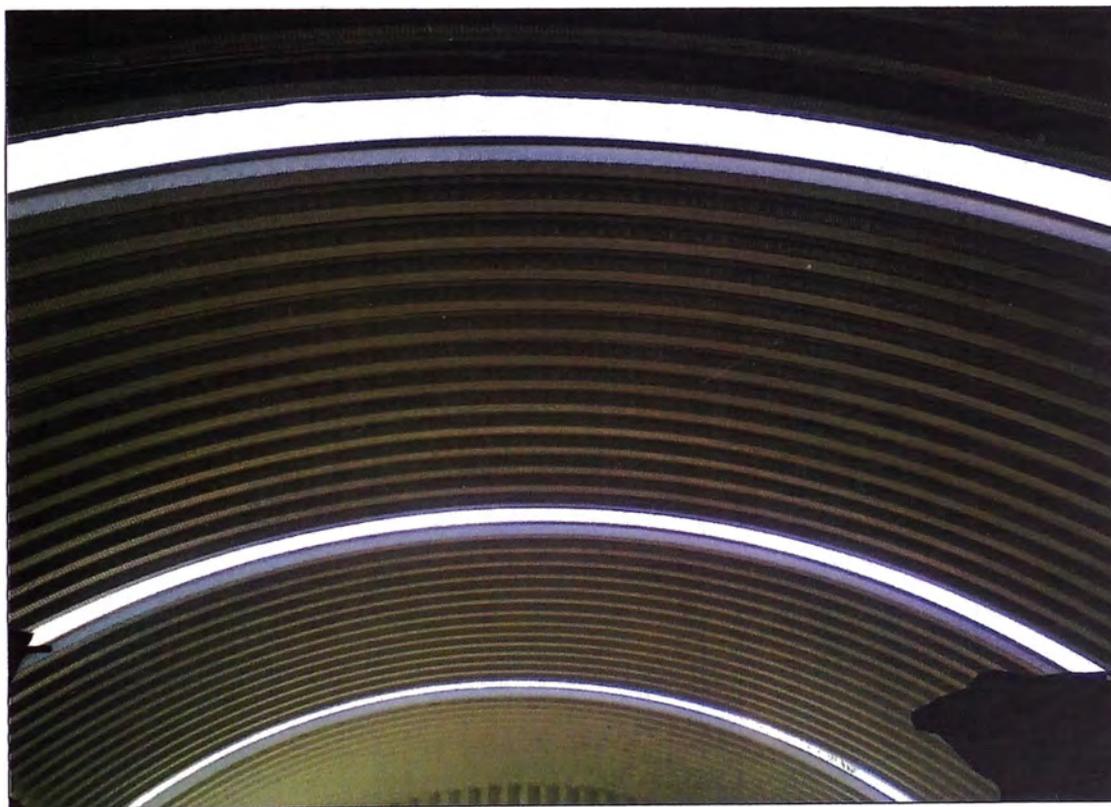


Figura N° 2.11. Esquema exterior de panel traslúcido (Referencia 3)



Fotografía N° 2.12. Retiro de arcos en cubierta (Referencia 15)

c) Cerramiento de tímpanos

Entiéndase como tímpano al área transversal comprendida entre los arcos extremos de la cobertura y la viga horizontal u horizontal imaginaria donde se realizará el cerramiento.

Se procederá primero con la fijación de canales tipo U sobre el valle del arco extremo, la distancia de fijación sobre el valle dependerá del alineamiento (plomada) entre el arco y la viga horizontal. Se fijaran los canales U con tornillos autorroscantes galvanizados n° 14 x 1" con arandela de neoprene, así como sus empalmes (piezas de 3 metros) y las brechas serán selladas con silicona blanca. Simultáneamente se fijarán los botaaguas en la viga horizontal, estos ayudan a la descarga pluvial en el tímpano. La fijación se realizará con tornillos autorroscantes galvanizados n°14 x 2", así como sus empalmes (piezas de 3 metros) y las brechas selladas con silicona blanca. Tanto los canales tipo U y los botaaguas tienen un espesor de 0.60mm o calibre 24 y son fabricados con material de las mismas características que la cobertura.

Tomando como referencia el ancho efectivo promedio del panel plano, se trazará en los canales U instalados (partiendo de uno de los lados del arco extremo) y a su vez aplomado al botaguas para luego proceder a medir la altura que deberá tener el panel plano (recortar uno de los extremos dando la forma del arco). Los paneles serán fijados al canal u en la parte superior y al botaaguas en la parte inferior mediante tornillos autorroscantes galvanizados n°14 x 1". El procedimiento es sucesivo para cada panel plano, hasta cerrar por completo el tímpano; el sellado entre cada panel se realizará manualmente.

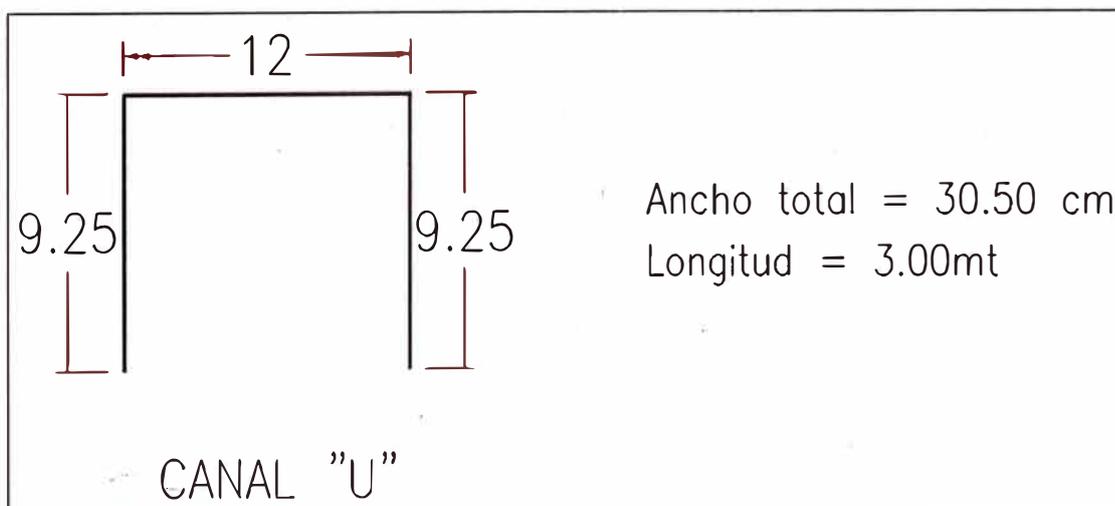


Figura N° 2.12. Sección de canal tipo U típico (Referencia 3)

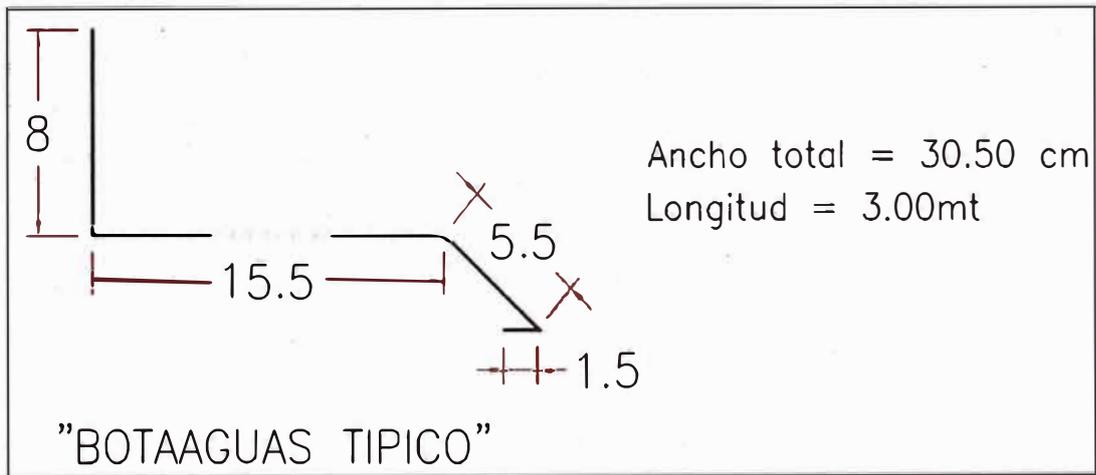


Figura N° 2.13. Sección de botaaguas típico (Referencia 3)



Fotografía N° 2.13. Colocación de canal U y botaguas (Referencia 15)



Fotografía N° 2.14. Instalación de paneles planos en tímpano (Referencia 15)



Fotografía N° 2.15. Cerramiento de tímpano finalizado (Referencia 15)

d) Instalación de laines para luminarias

Las laines o ganchos son fijadas en la cobertura (entre el macho – hembra de paneles consecutivos) y tienen por función sostener y cargar los aparatos de iluminación y su respectivo sistema eléctrico constituido por tubería de pvc, cables, cajas cuadradas de pase y otros. Estas laines tienen espesor de 0.60 mm o calibre 24 y son fabricadas con material de las mismas características que la cobertura. Las laines tienen en un extremo la forma del lado macho del panel. Se realiza el trazo de la ubicación de las laines a lo largo del arco, así como la respectiva trayectoria del circuito. Las laines que soportarán al aparato de iluminación tienen mayor longitud que el que soporta el circuito de cable, son 10cm y 7cm respectivamente ambas de 3cm de ancho.

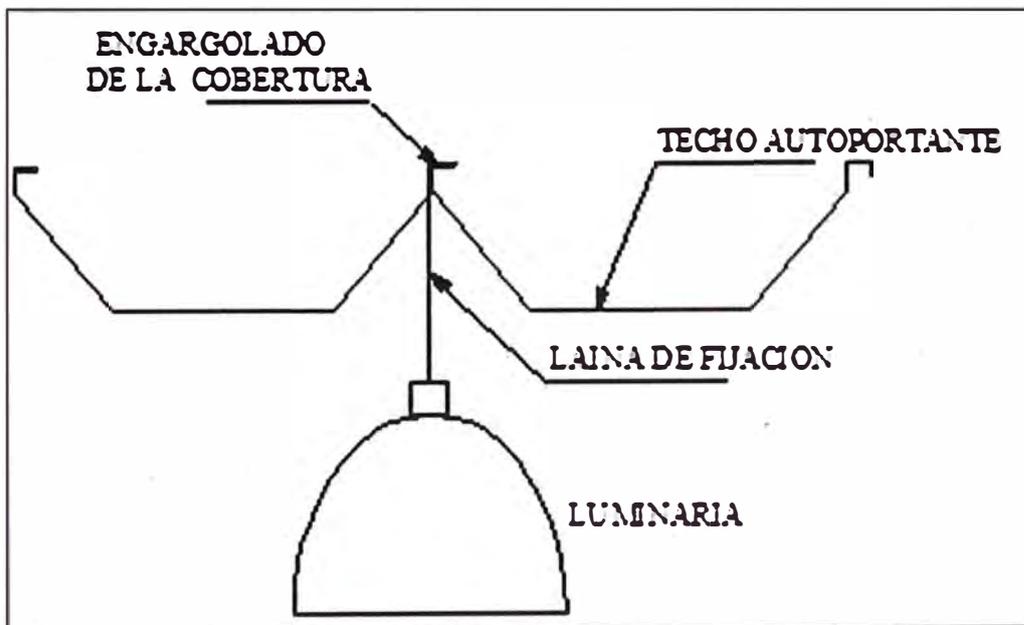


Figura N° 2.14. Esquema de laina en luminaria (Referencia 3)



Fotografía N° 2.16. Luminarias instaladas en cobertura (Referencia 17)

2.2. PRINCIPALES PROYECTOS EJECUTADOS EN EL PERU

2.2.1. Proyectos en la costa

La costa del Perú, se caracteriza principalmente por tener un clima subtropical árido con muy pocas precipitaciones al año.

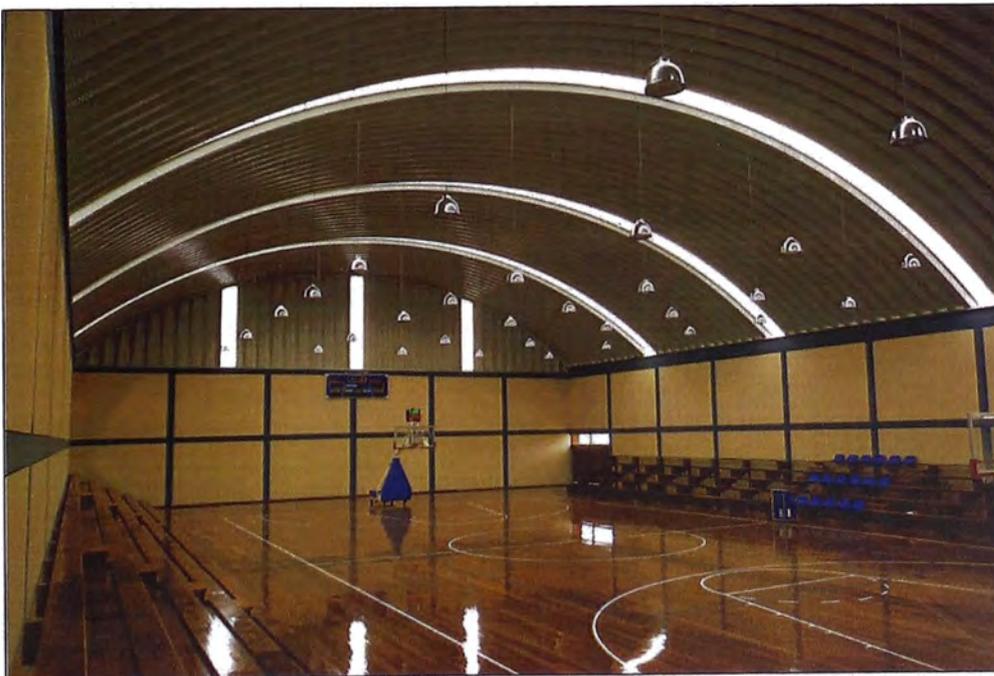
Los principales proyectos de coberturas metálicas autosoportadas desarrollados en la costa de nuestro país, son los siguientes:

- Tienda especializada: Sodimac Constructor – Chinchá, Ica.



Fotografía N° 2.17. Vista exterior de tienda (Referencia 5)

- Coliseo de la marina de guerra del Perú – La Perla, Callao



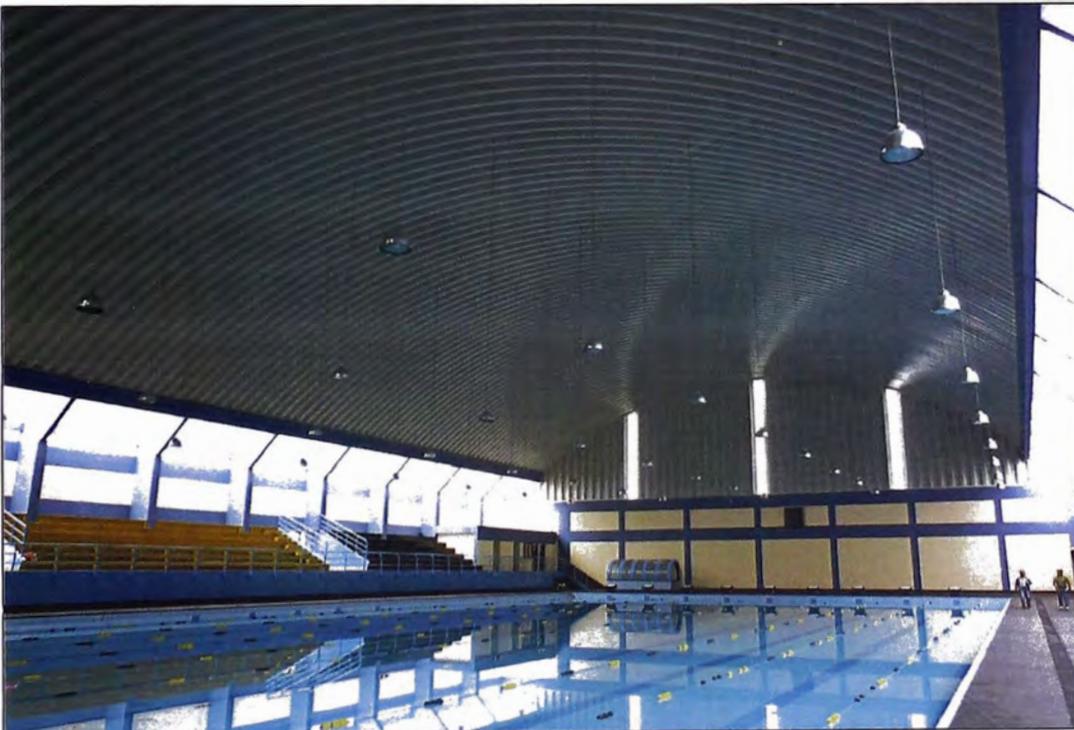
Fotografía N° 2.18. Vista interior de coliseo (Referencia 5)

- Hangar del grupo aéreo N° 8 – Base FAP, Callao.



Fotografía N° 2.19. Vista exterior de hangar (Referencia 10)

- Piscina olímpica de la marina de guerra del Perú – La Perla, Callao



Fotografía N° 2.20. Vista interior de piscina (Referencia 5)

2.2.2. Proyectos en la sierra

La sierra del Perú, se caracteriza por tener un clima subtropical a frío según aumenta la altitud y latitud. Tiene temporadas muy marcadas de intensa lluvia y temporada seca durante el año.

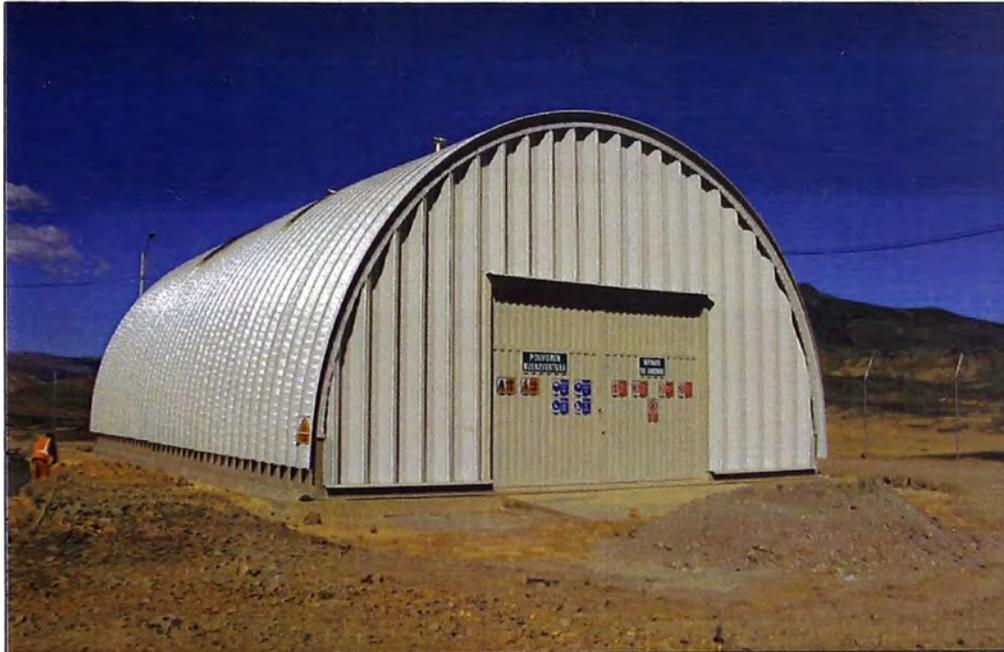
Los principales proyectos desarrollados en la sierra de nuestro país, son los siguientes:

- Coliseo de la universidad católica de Santa María – Umacollo, Arequipa



Fotografía N° 2.21. Vista exterior de coliseo (Referencia 5)

- Almacén de Nitratos: Unidad Breapampa, Cía. De Minas Buenaventura S.A.– Parinacochas, Ayacucho



Fotografía N° 2.22. Vista exterior de almacén de nitratos (Referencia 14)

- Almacén N° 2: Cementos Yura S.A. – Yura, Arequipa



Fotografía N° 2.23. Vista exterior de almacén (Referencia 15)

2.2.3. Proyectos en la selva

La selva del Perú, se caracteriza por tener un clima tropical húmedo, con intensas lluvias durante todo el año.

Los principales proyectos desarrollados en la selva de nuestro país, son los siguientes:

- Mercado Minorista: Municipalidad provincial de coronel portillo – Callarúa, Ucayali



Fotografía N° 2.24. Vista exterior del mercado minorista (Referencia 5)

CAPITULO III: CONSIDERACIONES A TENER EN LA INSTALACION DE COBERTURAS METALICAS AUTOSOPORTADAS

Las consideraciones que se presentan a continuación, han sido elaboradas de acuerdo a la experiencia en los proyectos desarrollados y por lo general son las que condicionan la correcta ejecución de los mismos.

3.1. CONSIDERACIONES POR CADA ETAPA

Para la identificación de los procesos críticos se consideró criterios de funcionalidad y estado físico final del panel metálico. Se detallará las consideraciones a tener durante el desarrollo del procedimiento ya establecido.

3.1.1. Consideraciones en la primera etapa

a) Fabricación de unidades autosoportadas

La fabricación contempla subprocesos y en los cuales indicaremos las consideraciones o variaciones recomendadas.

- Instalación de máquina conformadora

El transporte de la máquina conformadora hacia la obra es realizado mediante carguero o de manera rodante impulsada por otro vehículo. En ambos casos la máquina conformadora sufre descalibraciones debido a las vibraciones y/o maniobras originadas durante el traslado.

Se deberá verificar el estado del motor de accionamiento, así mismo identificar fugas de combustible o lubricantes. El motor estará acoplado o no a la máquina conformadora según sea el modelo o fabricación de la misma, pudiendo variar también las características de este.

Previo a la ubicación de la máquina conformadora, el área destinada para la producción deberá ser lo suficientemente extensa de tal forma permita el acopio de arcos y paneles rectos metálicos autosoportados. La extensión del terreno deberá tener como mínimo de largo la longitud de la máquina conformadora, sumado la longitud de corte del panel calculado en el diseño geométrico, más la longitud de la ubicación en la parte frontal de las bobinas ha instalar. De ancho como mínimo será la luz a cubrir por la cobertura.

Si el terreno está húmedo por lluvias o es un suelo inminentemente arcilloso o limoso, se recomienda hacer un capeado con material de préstamo como grava o afirmado. Esto evitará la impregnación de lodo en la cobertura y ralladuras excesivas durante la producción.

La máquina conformadora deberá nivelarse rigiendo en todo momento la dirección de salida del panel recto ausotoportado, aun si el terreno presenta pendiente constante o variable. Para esto las mesas de soporte deberán colocarse alineadas, manteniendo el mismo nivel entre sí y estos a la vez con la salida del panel recto.

La ubicación y la dirección en la que se dispondrá la máquina conformadora determinarán el sentido en el que se realizará la producción de arcos y así mismo la complejidad del montaje.



Fotografía N° 3.1. Motor de accionamiento de máquina conformadora
(Referencia 17)

- Instalación de bobinas en desbobinador

El transporte de las bobinas a obra es mediante carguero, las bobinas van con sus parihuelas en posición vertical respecto al orificio central, y deberán ser trasladadas al área de producción donde se ubicará la máquina conformadora empleando un montacargas o cargador frontal.

En la maniobra de izaje y su traslado se usará eslingas, las cuáles ingresarán por el orificio central a manera equidistante respecto a los extremos de la eslinga, la bobina se izará y descargará de manera lenta para evitar deformarla o achatarla. De lo contrario no podrá ingresar en el tambor y dificultará la producción.

El portabobina se alineará perfectamente en la dirección del ingreso de los rodillos iniciales de la máquina conformadora.

El tambor será ingresado por la parte del orificio central de la bobina una vez esté liberada del sellado de protección. Se deberá aceitar los extremos del tambor, los cuáles giran sobre su eje. Para esto empleamos el tecele manual.

Se instalarán tantas bobinas como cantidad de desbobinadores se tenga, y las bobinas restantes se deberán colocar en fila recta para su posterior relevo en la producción. Se iniciará por las bobinas de mayor calibre o el calibre correspondiente a la cobertura curva dejando al final las bobinas del cerramiento de tímpano o cobertura recta.



Fotografía N° 3.2. Traslado e izaje de bobinas (Referencia 19)

- Producción de arcos o unidades autosoportadas.

Previamente se realizará el diseño geométrico con las medidas reales de obra así mismo calculará la cantidad de unidades autosoportadas a producir (Luz y longitud medidas de campo). No obstante se verificará la inclinación de ambas vigas canal a lo largo de su longitud, pues con esto se determinará si aumentamos o disminuimos la medida de la flecha en el diseño geométrico, pudiendo ser el caso que se elija producciones parciales. Se inicia el proceso con el ingreso de la bobina instalada en los rodillos iniciales de la máquina conformadora. Si la bobina en el desbobinador no ha sido bien alineada a los rodillos, estos desgastaran y friccionarán los extremos de su ancho. Para corregir se tendrá que detener la máquina y volver a alinear.

Luego de pasar por los rodillos iniciales, ingresará a los rodillos moldeadores de la sección, los cuales van distribuidos en serie y transforman por fases al material, aprovechando su maleabilidad. Se deberá verificar si los rodillos se han desplazado puesto que podría producir atascamiento, esto dependerá del calibre de la lámina a trabajar. Para láminas de mayor espesor los rodillos deberán ajustarse lo necesario para que la lámina se deslice a través de estos. El desplazamiento de los rodillos sólo es en sentido vertical. La sección ya formada saldrá por el lado correspondiente a la ubicación de las mesas de soporte para el panel recto. Ahí se debe verificar si la sección está conforme a las características teóricas, considerando en los extremos el sistema macho – hembra, las ralladuras, abolladuras o dobleces que presente el panel recto.

Verificado ya el panel recto, se iniciará el curvado, el cuál ingresará en los rodillos verticales que darán la configuración de corrugaciones a la sección. Se realizarán como mínimo 3 arcos de prueba de 3 metros de longitud, para verificar ralladuras, ancho efectivo de la sección, abolladuras producto del curvado y el radio de curvatura del diseño geométrico. De ser el caso se accionarán tanto en sentido horario o antihorario los calibradores de los rodillos verticales para poder llegar al ancho efectivo esperado.

Adicionalmente se deberá realizar un arco de prueba con la medida de longitud de corte, en el cual se verificará el ancho efectivo de la sección, la luz, y la flecha correspondientes al diseño geométrico. Si no cumpliera o

estaría muy alejado de lo que se espera, se aumentará o disminuirá la longitud de corte y procederá a producir otro arco.

Seguidamente luego de verificado por completo el diseño geométrico esperado se dará por iniciado el proceso de producción de las unidades autoportadas. La verificación del diseño geométrico deberá realizarse cada que se alterne una bobina o cada 5 unidades producidas. Teniendo en cuenta las vibraciones constantes de la máquina conformadora en su accionamiento ya que puede originar un desplazamiento de sus rodillos.

Se deberá tener un especial cuidado con las verificaciones en las unidades producidas con láminas de mayor espesor.

Para las coberturas planas, se verificará ralladuras, abolladuras y la sección del panel.

Culminada la producción de unidades autoportadas, se cortará la lámina a la altura del rodillo inicial y se enrollará en la bobina. Así mismo lo restante que se encuentra en la máquina conformadora deberá retirarse.



Fotografía N° 3.3. Ingreso de lámina en rodillos iniciales (Referencia 4)

b) Proceso de sellado de arcos

Las unidades autosoportadas ya producidas y verificadas, se agrupan de 3 o de 4 (tercetas o cuartetos respectivamente), considerando como mínimo que podrán agruparse en pares, según la cantidad de unidades a instalar.

Si en caso, se requiera emplear arcos que han sido producidos con una ligera variación en la flecha, se podrá considerar una desviación de ± 5 centímetros como máximo; de lo contrario afectará el proceso de instalación de toda la terceta donde esté contenido.

Previo al inicio del sellado se deberá limpiar los extremos macho – hembra de la sección, pues son zonas de acumulación de partículas de suelo. Esto se realizará en cada arco y así garantizar que el sellado sea completo.

Se deberá estimar el espacio necesario, para realizar el sellado hasta terminar con la totalidad de arcos a instalar. Asimismo se establecerá el orden de izaje de las tercetas, si hubiese un cambio de ubicación de los arcos por razones de maniobra o alcance de la grúa, estos deberán darse antes de iniciado el sellado. Posteriormente el desplazamiento de tercetas tiene mayor dificultad por el peso de las mismas.

El sellado de arcos se regirá desde uno de los extremos longitudinales, estos deben coincidir entre sí, para ello se emplearán pinzas visagrip que den la fijación necesaria en todo el desarrollo del arco, éstas deberán distribuirse como mínimo a 1.50 metros y como máximo 2.0 metros entre sí. De esta manera evitamos el deslizamiento o desplome entre los arcos a sellar.

Luego de fijadas las posiciones del primer par de arcos, se iniciará con el sellado que podrá ser manual o empleando selladora eléctrica.

El orden de sellado se regirá por la disposición de los arcos producidos, a manera de adentro hacia fuera, pudiéndose alterar el orden al emplearse arcos que estén en ubicaciones no consecutivas y/o arcos con variaciones de flecha permitidas.

Se tomarán las medidas de ancho de cada terceta o agrupación predominante y se calculará un ancho promedio que luego servirá para el trazo en las vigas canal.



Fotografía N° 3.4. Alineado de primer par de arcos (Referencia 19)

3.1.2. Consideraciones en la segunda etapa

a) Proceso de trazo en viga canal

El ancho promedio de terceta se dividirá entre 3 para estimar un ancho efectivo de trazo del arco, el cual será el guía para realizar el trazo en la viga canal. Obtenida la longitud real de cada viga canal se estimará la cantidad de arcos a instalar, considerando que hacia ambos extremos de la viga canal deberá tener un volado de cobertura no menor a 10 centímetros (en algunos casos excepcionales podrá ser hasta 20 centímetros). De no cumplirse esta condición deberá determinarse si se instalará un arco adicional o disminuirá un arco, a la vez cabe la posibilidad de disminuir o aumentar el ancho efectivo de trazo del arco.

Definida la cantidad de arcos se procederá a realizar el trazo, considerando que en los extremos de las vigas canal deberá disminuirse el volado de la cobertura, es así que en el trazo del primer arco deberá verificarse que se encuentre alineado con la viga horizontal perpendicular a la viga canal (desviado los 10 centímetros o más del volado)

Para el trazo en la viga canal, la medida que se marcará será la mitad del ancho efectivo de trazo del arco, es decir la medida entre cada eje de arcos; se apoyará de la placa cuadrada de 15cmx15cmx1/8", con cuatro huecos del diámetro según sea perno de anclaje (3/8" ó 1/2"). El nivel horizontal al que se realizará el trazo debe ser 12.50 centímetros, medidos del borde de la viga canal hasta el eje de la placa cuadrada, se trazará una paralela adicional a 25cm para visualizar el nivel de anclaje de la cobertura, pudiera darse el caso de aumentar o disminuir este nivel horizontal de anclaje, dependiendo de la longitud del arco a instalar o con la finalidad de alcanzar la altura de flecha estimada.

El trazo en la viga canal constituye un procedimiento muy importante para el montaje de la cobertura, ya que de ello dependerá el acabo final en cuanto a la altura esperada de flecha y posibles ondulaciones en la parte superior de los arcos.



Fotografía N° 3.5. Angulo de inclinación de viga canal (Referencia 12)

b) Proceso de perforación en viga canal

Realizado el trazo en ambas vigas, se iniciará la perforación en las ubicaciones marcadas por la placa de 15cmx15cm.

La perforación se realizará con un taladro y la broca respectiva, según el diámetro del perno a emplearse.

Cuando la viga canal es metálica se deberá tener mayor cuidado, pues los pernos son pasantes y cualquier error origina perforaciones que son puntos de filtración de agua. Así mismo deberá revisarse por última vez el trazo. No deberá perforarse en las juntas o uniones soldadas.

En viga canal de concreto, se deberá previamente hacer perforaciones de prueba en 3 puntos a lo largo de la viga para identificar la dureza del concreto. La viga canal de concreto da la facilidad de realizar replanteos en el trazo durante el montaje de la cobertura. Se perforará una profundidad equivalente al 75% de la longitud total del perno a usarse.

En ambos casos se utilizará una placa de fijación de 15cmx15cm como guía, el proceso culminará con la perforación de todos los puntos marcados.



Fotografía N° 3.6. Perforación en viga canal metálica (Referencia 12)

c) Colocación de pernos y placas de fijación

Culminada la perforación de las vigas canal de soporte, se instalaran los pernos de fijación.

En viga metálica los pernos se fijarán a esta con una primera placa de fijación, la cual deberá coincidir exactamente con los 4 pernos, en caso no coincidan deberá reemplazarse con otra placa. En el montaje de la cobertura se colocará la otra placa de fijación en cada arco. Deberá evitarse colocar pernos en juntas o uniones soldadas, de ser el caso deberá moverse el perno. En este tipo de viga no podrá replantear o corregir trazos durante el montaje de cobertura

En viga de concreto se introducirá el perno de anclaje un 75% de su longitud, así mismo deberá impactarse el perno de manera central para no abollar el extremo donde ingresará la tuerca. Los pernos deben estar en posición perpendicular a la superficie. Para términos prácticos y/o corregir trazos durante el proceso de montaje, se instalarán como mínimo 2 pernos por cada arco, los restantes se fijará durante o posterior al montaje de la cobertura.

Como mínimo la cobertura durante el proceso de montaje, tendrá 3 pernos de fijación ajustados en cada arco.



Fotografía N° 3.7. Pernos y placas de fijación en viga metálica (Referencia 12)



Fotografía N° 3.8. Pernos y placas de fijación en viga de concreto
(Referencia 13)

3.1.3. Consideraciones en la tercera etapa

a) Montaje de cobertura autosoportada

Previo al montaje deberá verificarse los accesos y el área necesaria para la ubicación de la grúa. Además la tabla de cargas de la grúa, los alcances y zonas de influencia de la maniobra. Se designará las mejores ubicaciones de la grúa de tal manera permita instalar la totalidad de tercetas.

Al iniciar el montaje de cobertura, se marcarán las tercetas de manera simétrica respecto de su eje vertical en 4 partes iguales (en forma longitudinal), según el orden establecido para el montaje. Las medidas marcadas servirán como guía para las demás tercetas, sin embargo deberán ser verificadas para cada terceta durante el montaje.

El balancín de montaje permitirá estabilizar la carga suspendida y facilitar la maniobra, este tendrá como longitud mínima el 50% del valor de la luz real a cubrir y como máximo el 75% de la misma. El balancín será diseñado de acuerdo a la carga máxima a izar y dar seguridad durante la operación.

Se engancharán las tercetas para su izaje en los puntos marcados anteriormente, emplearemos pinzas visegrip, si el peso de las tercetas no excede los 500 kilogramos hasta un espesor de lámina 0.93 milímetros. Para los demás casos se empleará las pinzas de izaje y las pinzas visegrip serán usadas para fijar los controles de viento y guías de carga. Podrá omitirse el enganche central de la terceta si los arcos cubren una luz menor a 20 metros, con un espesor hasta 0.93 milímetros. Se tomarán como referencia los puntos de enganche marcados para adicionalmente y de manera longitudinal al arco central pasar de entre extremos una driza que servirá de línea de vida para el personal. Las tercetas, inicialmente ascenderán de manera continua en una maniobra rápida para evitar las deformaciones excesivas que lleven a un estado de fatiga del material, sólo hasta ubicarlas en posición vertical ligeramente sobre la superficie. Llegado a este punto se aseguran las drizas de viento y guías de carga, que a su vez deben tener una longitud que permita el desplazamiento controlado de la carga y a la vez no se enrede en alguna estructura.

Las tercetas se desplazaran de manera suspendida hasta la ubicación de fijación.

En el caso de la primera terceta, que será la guía para el montaje, iniciará con un extremo exterior hembra y continuará el orden posterior hembra-macho; lo cual será necesario para el sellado de las tercetas siguientes. Se deberá fijar cada arco de la terceta en ambos extremos y de manera simultánea ser sostenida por la grúa. Al culminar la fijación, se desengancha la terceta y se procederá a izar la siguiente según el orden establecido sucesivamente.

El descenso del balancín deberá guiarse de manera similar a la terceta, de tal manera se disponga a la posición de izaje correspondiente. Cada vez que descienda el balancín deberá revisarse el ajuste de los pernos en sus piezas.

Para un primer avance en el montaje, como mínimo deberán instalarse 3 tercetas, de esta forma se asegura la estabilidad entre sí como sistema.

El sellado entre tercetas se realizará iniciando desde la parte más alta (mayor flecha) hacia los extremos de manera simultánea. En este punto se podrá replantear o corregir el trazo realizado, sólo si se presentan problemas con el ancho de las tercetas. Finalizado el sellado de las tercetas entre sí, se desengancha la terceta y se realizará la instalación hasta que culmine con la totalidad de tercetas.



Fotografía N° 3.9. Ascenso continuo de terceta (Referencia 20)

b) Instalación de paneles traslúcidos

La cantidad de líneas traslúcidas serán determinadas previamente, generalmente representan un 5% respecto de la cantidad de arcos. Este porcentaje es referencial, se trabajará con valores enteros y cercanos.

En coberturas cuya luz a cubrir sea menor a 20 metros y el espesor de lámina menores a 0.80 milímetros se distribuirán las líneas traslúcidas como mínimo en intervalos de cada 10 arcos. Considerando flechas menores al 30% de la luz a cubrir; para flechas superiores se deberá aumentar el intervalo de arcos como mínimo a 12 arcos.

Las coberturas cuya luz a cubrir sea mayores a los 20 metros y espesor de lámina mayores a 0.80 milímetros se distribuirán las líneas traslúcidas como mínimo en intervalos de cada 15 arcos. Podría darse el caso en coberturas cuya flecha sea mayor al 30% de la luz a cubrir el intervalo de arcos sería como mínimo 18 arcos, para espesores de lámina igual o superiores a 0.93 milímetros. Al liberarse la posición del arco donde se instalará las líneas traslúcidas, deberá asegurarse con pinzas visegrip y ángulos galvanizados para evitar el efecto de cierre en la parte superior y ensanchamiento en la parte baja, como mínimo

deberán fijarse 3 posiciones (una central y dos en ambos extremos opuestos). Este efecto tiene mayor incidencia en las coberturas con láminas de espesor 1.20 y 1.50 milímetros, cuyas flechas sean superiores al 20% de la luz a cubrir. Para la instalación de ángulos galvanizados, se debe precisar la horizontalidad respecto a la cobertura, trazando las medidas referenciadas partiendo desde los ejes centrales de cada lado hasta los extremos opuestos. Así mismo mediante un nivel de mano y la visualización desde la parte inferior se podrá tener mejores resultados. Se debe cuidar en todo momento la simetría. En coberturas cuyo espesor de lámina sean 1.20 y 1.50 milímetros los ángulos se fijarán con tornillos autopercutores zincados N° 14 x 1", pues el procedimiento será más rápido y práctico.

Al instalar los paneles traslúcidos, se debe iniciar desde el eje central del arco hacia los extremos opuestos de forma simétrica, el empalme de paneles debe realizarse sobre o cerca a los ángulos galvanizados y ser sellados con silicona transparente. La manipulación de los paneles traslúcidos debe ser cuidadosa por su fragilidad.

Terminada la instalación de paneles traslúcidos deberá verificarse el sellado de arcos para evitar filtraciones de agua.



Fotografía N° 3.10. Instalación de ángulos galvanizados (Referencia 10)



Fotografía N° 3.11. Instalación simétrica de paneles traslúcidos (Referencia 10)

c) Cerramiento de tímpanos

La fijación de los canales tipo U para el cerramiento de tímpanos, se instalará después de realizado el montaje en las coberturas cuyo espesor de lámina sea menor a 0.93 milímetros. Las coberturas cuya lámina sea 1.20 y 1.50 milímetros los canales tipo U se fijarán en la primera terceta antes de iniciar el montaje.

Los canales tipo U, se fijarán en el valle de la sección del arco, alineado con el extremo del lado frontal de la cobertura.

Las piezas del canal tipo U, deberán ser doblados ligeramente cada 0.50 centímetros, para adaptarse a la forma curva del arco, empleando para ello una tijera hojalatera. Los empalmes entre canales tipo U serán como máximo 10 centímetros, deberán ser atornillados y sellados con sikasil I-A blanco.

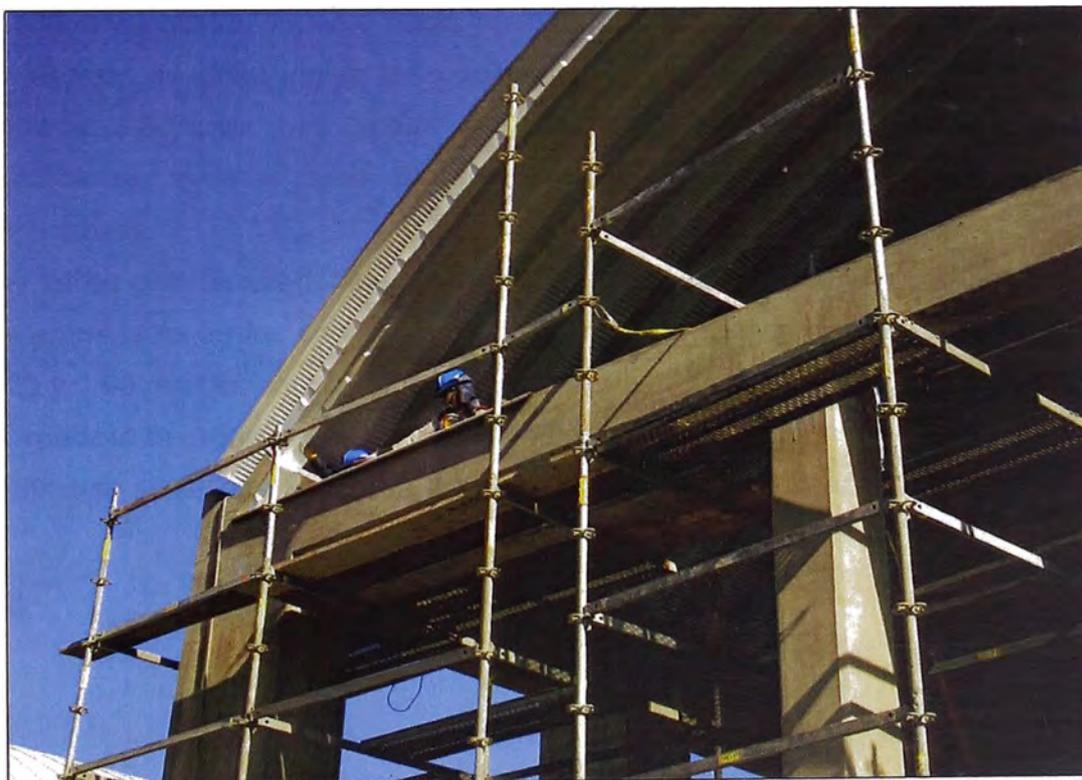
Las intersecciones entre viga canal y viga de apoyo para el cerramiento, serán medidas y se realizará los cortes necesarios al canal tipo U.

La fijación de botaguas se realizará alineada al borde exterior frontal de la viga de apoyo. Los empalmes serán como máximo 10 centímetros, atornillados y sellados con sikasil I-A blanco.

Para asegurar el alineamiento y aplomo de los paneles planos que constituyen los tímpanos, deberá instalarse en simultaneo los canales tipo U y los botaguas, verificándose con la plomada, en caso haya una desviación, para corregir se tendrá que modificar la dirección del canal tipo U, podemos considerar desviaciones a lo largo del arco de hasta 5 centímetros como máximo. Para las desviaciones mayores, se tendrá que diseñar o adaptar un perfil de botaguas que permita dar verticalidad al panel plano, esto conlleva en algunos casos a instalar soportes adicionales como escuadras o ángulos.

En coberturas cuya láminas tengan espesores de 1.20 y 1.50 milímetros, los canales tipo U deberán fijarse de manera descendente, es decir en la dirección de afuera hacia adentro. Todos los tornillos sobre la cobertura posteriormente deberán sellarse con sikasil I-A blanco y recubiertos con pintura epóxica.

El sellado de los paneles planos puede darse exteriormente o interiormente a la cobertura, esto dependerá de las condiciones del terreno en la zona de ambos tímpanos. Finalmente se revisará el sellado de cada panel plano entre sí, para evitar filtraciones.



Fotografía N° 3.12. Colocación simultánea de canal tipo U y botaguas
(Referencia 19)

d) Instalación de laines para luminarias

Previo a la instalación de laines, se deberá tener el plano de instalaciones eléctricas, en especial la ubicación y distribución de equipos y luminarias fijados o sostenidos por la cobertura. Se incluirá además cielos rasos o falsos cielos.

La distribución de la carga que soportará cada laina en la cobertura, deberá verificarse según el espesor de la lámina que por lo general es 0.60 milímetros. Sin embargo deberán verificarse las cargas puntuales en la cobertura originado por otros equipos. Podremos distribuir una carga puntual en varios puntos con laines y que su vez sean simétricas.

Se proyectará las luminarias sobre la cobertura para ubicar su posición tomando como referencia el eje central del arco, a manera que las proyecciones de la cobertura en planta coincidan lo mayor posible con el plano dado. Sin embargo se ubicarán cerca a las posiciones iniciales, por lo que se realiza una nueva distribución en planta para ser revisada por el proyectista correspondiente.

El trazado de la ubicación de las laines, iniciará una vez verificado y aprobado el plano eléctrico replanteado. Se iniciará el trazo buscando un mismo nivel horizontal en todos los arcos, establecido el nivel se inicia el trazo partiendo desde el eje central del arco hacia los extremos opuestos.

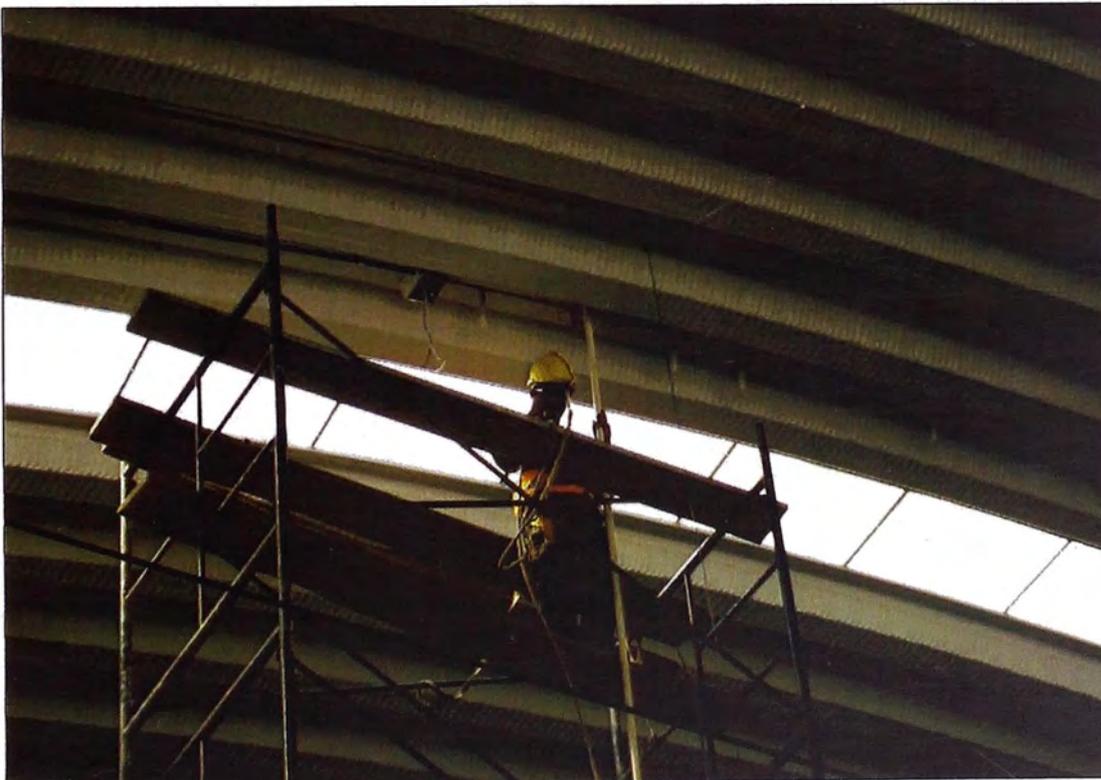
En el trazo se debe incluir las posiciones de los conductores, alimentadores y equipos eléctricos. Las laines en este caso tendrán una medida de 10 centímetros; para el caso de luminarias tendrán una longitud de 15 a 20 centímetros.

Las laines podrán asegurarse siendo atornilladas con la unión macho-hembra de los arcos, sólo en los casos donde el espesor de la lámina de la cobertura sea 1.20 y 1.50 milímetros.

Al realizar la apertura de las uniones hembra-macho de los arcos, deberá verificarse su sellado final para evitar filtraciones hacia el interior.



Fotografía N° 3.13. Distribución de laines en cobertura (Referencia 10)



Fotografía N° 3.14. Instalación de accesorios y luminarias (Referencia 10)

3.2. CONDICIONES LOCALES DETERMINANTES EN LA EJECUCION DEL PROYECTO

3.2.1. Ingresos y/o accesos

En los accesos al área donde se realizará el techado, deberá contemplarse el ingreso de los arcos, de la grúa y la máquina conformadora eventualmente. Considerando que la maniobra se realizará según sea el caso desde el interior del área a techar.

Loa accesos contemplan las vías o calles de ingreso al lugar, se deberá elaborar un plan con su respectivo plano de rutas de acceso, así como indicarse las dificultades existentes según las condiciones de las vías.



Fotografía N° 3.15. Acceso al área a techar (Referencia 19)

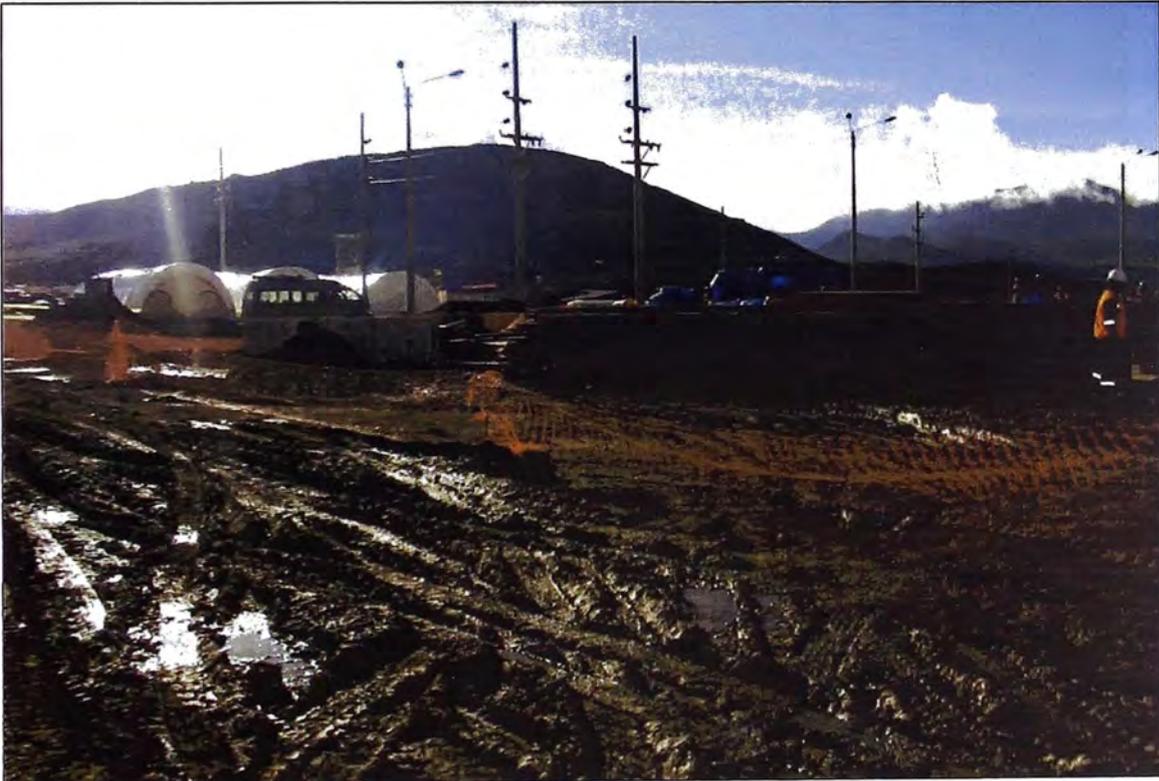
3.2.2. Condiciones climatológicas y de sitio

El clima tiene una gran influencia en el desarrollo de cada etapa, juntándose con las condiciones del suelo circundante, afecta de sobremanera y resulta imprescindible contemplarlas en el cronograma del proyecto.

Es así que en el caso de lluvias, no podrá realizarse ninguna operación fuera o en la cobertura, relacionadas a procesos de las tres etapas, exceptuando aquellas que se realicen una vez techada el área.

La presencia de vientos fuertes en el sitio, dificultan las operaciones que se realicen a altura, incluyendo el montaje de la cobertura.

Se deberá consultar con los lugareños, además alguna fuente oficial sobre datos climatológicos durante periodos similares al que se ejecutará el proyecto.



Fotografía N° 3.16. Condiciones locales y climatológicas (Referencia 14)

3.2.3. Zona de producción

Se deberá elegir la zona donde se realizará la producción de las unidades autosoportadas, de tal manera que permita tener un tránsito fluido en el traslado de arcos hacia su acopio; además la máquina conformadora tenga un acceso simple y pueda desmovilizarse.

Se realizará mejoras en la zona de producción según las condiciones locales presentes, antes de iniciar las operaciones con los equipos necesarios.



Fotografía N° 3.17. Acondicionamiento de zona de producción (Referencia 15)

3.2.4. Área de maniobra

El área de maniobra para el montaje estará comprendida tanto en el interior del área a techar como el exterior, según se disponga y sea necesario para las ubicaciones de la grúa.

El área de maniobra deberá estar completamente identificada y despejada previo al inicio de operaciones.

El área de maniobra estará influenciada por la presencia de postes eléctricos, cables de baja, media y alta tensión, los cuales deberán ser desenergizados y protegidos con mangas dieléctricas.

Se deberá considerar los riesgos eléctricos inherentes a la maniobra con grúa, además de dotar al personal de operaciones de equipos de protección personal dieléctricos.



Fotografía N° 3.18. Identificación del área de maniobra (Referencia 15)

3.2.5. Área a techar

Corresponde al área donde se instalará la cobertura metálica autosoportada, además se considera las características de su terreno de fundación, que puede ser suelo natural, pavimento rígido o flexible.

La características del área a techar que más influye sobre las etapas del proceso es la irregularidad, es decir cuando no es específicamente rectangular o cuadrado, sino de otra forma poligonal.

La irregularidad conlleva a variaciones en las etapas como fabricación de arcos con diferentes fechas, cortes forzados de arcos (para uniones o terminaciones de tímpanos), cambios parciales en el trazo de las vigas canal (aumentando o disminuyendo el ancho efectivo real del arco), además de estructuras de apoyo adicionales como vigas o escuadras.



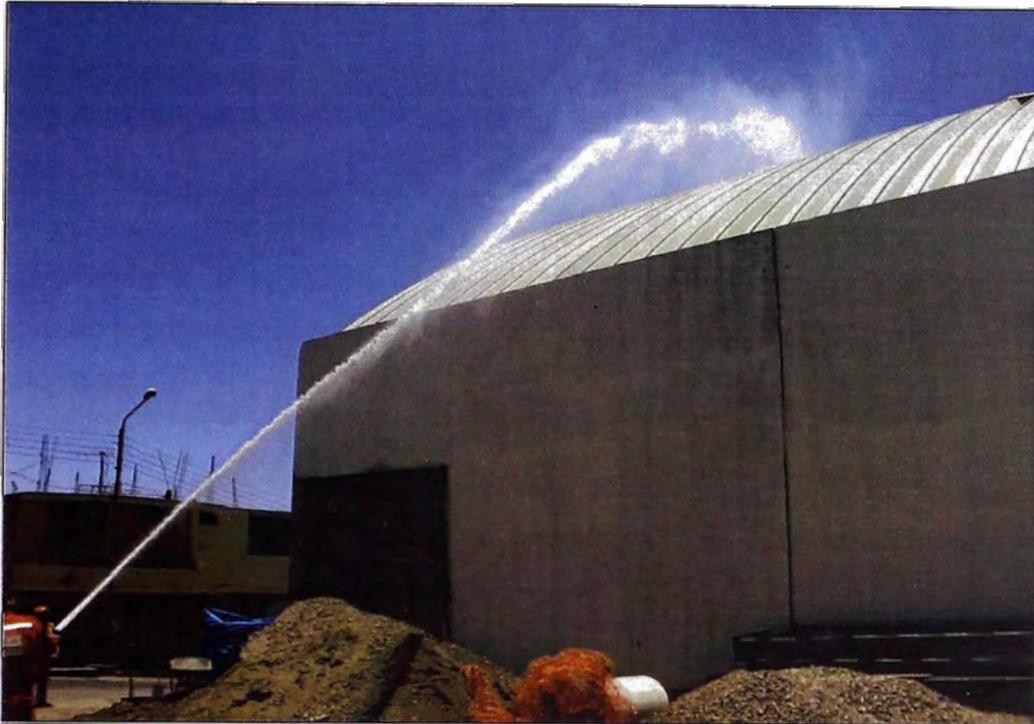
Fotografía N° 3.19. Viga metálica de soporte en área a techar irregular
(Referencia 11)

3.3. PRUEBAS Y MEDICIONES FINALES EN LA COBERTURA

3.3.1. Prueba de impermeabilidad y escurrimiento pluvial

Esta prueba se dará una vez terminado por completo la instalación de las laines y verificado el sellado final de arcos, consiste en simular por 2 horas una lluvia sobre la cobertura a lo largo del área techada,

Se verificará el escurrimiento del agua a través de las vigas canal y estos hacia su sistema de desagüe, así como identificar los puntos donde se presente alguna filtración hacia el interior.



Fotografía N° 3.20. Prueba de impermeabilidad en cobertura (Referencia 18)

3.3.2. Mediciones de Flecha

Las mediciones de flecha consisten en realizar muestreos de distancias mediante un distanciometro laser en por lo menos 4 puntos de la cobertura desde el interior (extremos cercanos a los tímpanos y 2 en el interior) hacia la altura máxima de cada arco.

Con esto se verificará la altura total de la cobertura hasta su flecha máxima, que tiene que coincidir con la indicada en el proyecto. Además deben verificarse las alturas de los extremos cercanos a las vigas canal.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Al proyectar una cobertura autosoportada, se debe definir con precisión la geometría de la estructura. Esto es debido a que no es un sistema a base de piezas fabricadas previamente, sino específicamente y a medida para cada proyecto.
- Las cargas de diseño para la cobertura deberán analizarse de acuerdo a las características y requerimientos específicos del proyecto, no se puede generalizar el diseño de la misma.
- Reducen notablemente el número de uniones transversales, disminuyendo el número de elementos mecánicos de fijación que tradicionalmente son agujeros y juntas de goma; al reducir estos posibles puntos de entrada de agua son menos necesarios remates o solapes. Además reducen considerablemente las patologías de obra reduciendo su mantenimiento y de la restante construcción.
- Las coberturas autosoportadas, al carecer de vigas y también de correas, constituyen una forma constructiva mucho más rápida, muy sencilla y funcionan totalmente como una membrana continua. Podría decirse que el tiempo de colocación es 50% menor que el de cualquier otro sistema convencional, reduciendo el número de procesos cooperantes, simplificándose la obra y su control.
- Este sistema se considera más económico ya que no genera residuos en obra, dado que se realiza totalmente a medida, directamente, a pie de obra y se monta, sin restos de recortes sobrantes de material.
- Los paneles autosoportados poseen una gran elasticidad, por lo que permiten adoptar formas diversas en su acabado final, variando la luz y su fecha máxima según sea necesario.

- El sistema permite instalar sobre la superficie de la cobertura, extractores de aire que funcionen con la energía del viento y succionen el aire caliente debajo de la misma, de esta forma el ambiente tenga una adecuada circulación de aire.
- Para mejorar los niveles de iluminación natural hacia el interior del ambiente, se podrá instalar paneles traslúcidos en ubicaciones estratégicas dentro de los cerramientos de tímpanos. De la misma forma se podrán alternar con estructuras que permitan el ingreso de aire al ambiente para facilitar su circulación y ventilación.

4.2. RECOMENDACIONES

- Los bordes de la cobertura han de ser paralelos entre sí, ya que todos los paneles que componen el sistema tienen la misma longitud. Las variaciones de longitud entre paneles es mínima.
- El sistema no permite recortes significativos de la continuidad de su superficie. Es un sistema continuo por su sellado entre paneles.
- Las coberturas autosoportadas, se pueden proyectar a cualquier área de techado, sea regular o irregular considerando estructuras de soporte adicionales.
- El sellado de paneles tipo hembra-macho, hacen impermeable al sistema, por lo tanto el sistema es ideal para lugares lluviosos. Por su altura se reduce el ruido producido por la lluvia en la cobertura.
- La altura a la cual se proyecta la cobertura, permite tener mayor espacio vertical y de maniobra para los equipos que se desplacen en su interior. Podrá tener un sistema de almacenamiento tipo racks de mayor altura.
- Los paneles que conforman la cobertura son reemplazables y sustituibles, en caso presenten deterioro por accidentes. Se podrá fabricar el panel curvo o plano con las mismas características y especificaciones anteriores.

- Eventualmente la cobertura será desmontable en su totalidad, empleando el procedimiento inverso al detallado. Se podrá instalar la misma cobertura en otro lugar donde pueda ser trasladada.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Instituto de la Construcción y Gerencia - ICG. "*Construcción y Supervisión de Obras*". Primera edición. Fondo editorial ICG, Lima , 2001.
- (2) Heino Engel. "Sistemas de Estructuras". Primera edición. Editorial Gustavo Gili S.L, Barcelona, 2006.
- (3) Arcotecho Perú S.A.C. "*Especificaciones técnicas en fabricación e instalación de coberturas autosoportadas*". Lima, 2011.
- (4) Arcotecho Perú S.A.C. "Procedimiento de calidad para coberturas autosoportadas". Lima, 2011.
- (5) <http://www.arcotechoperu.com/>. 15 de Agosto del 2013, 4:30 pm.
- (6) <http://curvoteco.blogspot.com/p/especificaciones-tecnicas.html>. 15 de Agosto del 2013, 4:00 pm.
- (7) <http://www.becam.com.uy/>. 15 de Agosto del 2013, 5:00 pm.
- (8) Ministerio De Vivienda Construcción Y Saneamiento De Perú. Norma G.050: Seguridad durante la Construcción. Reglamento Nacional de Edificaciones. Diario Oficial El Peruano. Lima. Junio de 2006.
- (9) Ministerio De Vivienda Construcción Y Saneamiento De Perú. Norma Técnica E-020: Cargas. Reglamento Nacional de Edificaciones. Diario Oficial El Peruano. Lima. Junio de 2006.
- (10) Cubiertas y Techos S.A.C. Proyecto: "Hangares del Grupo Aéreo N° 08 – Fuerza Aérea del Perú". Callao, 2011.
- (11) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto" Mejoramiento de infraestructura de I.E.P. Cesar Vallejo Mendoza". Santiago de Chuco, La Libertad, 2011.
- (12) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Almacenes de Tejeduría – Tejidos San Jacinto". Ate, Lima 2011.
- (13) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Coliseo de I.E.P. San Miguel de Piura". Piura, 2011.
- (14) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Almacenes de producción – Unidad Breapampa, Compañía de Minas Buena Ventura". Parinacochas, Ayacucho, 2012.

- (15) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Almacén N° 02 – Fábrica de Cementos Yura". Yura, Arequipa, 2012.
- (16) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Mejoramiento de la infraestructura del I.S.T.P. José Carlos Mariátegui". Samegua, Moquegua, 2012.
- (17) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Planta Industrial Rio Seco – Compañía de Minas Buena Ventura". Huaral, Lima, 2012.
- (18) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Mejoramiento de infraestructura del Coliseo Miguel Zevallos Málaga". Samegua, Moquegua, 2012.
- (19) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Almacén N° 03 – Fábrica de Cementos Yura". Yura, Arequipa, 2013.
- (20) Arcotecho Perú S.A.C. Proyecto: "Almacenes de Tejeduría segunda etapa – Tejidos San Jacinto". Ate, Lima 2013.

ANEXOS

CONTENIDO:

ANEXO A: CERTIFICADOS DE ORIGEN Y DE CALIDAD DE MATERIALES

ANEXO B: FOTOGRAFIAS DE LAS REFERENCIAS

ANEXO C: PLANOS DE PROYECTOS EJECUTADOS

ANEXOS

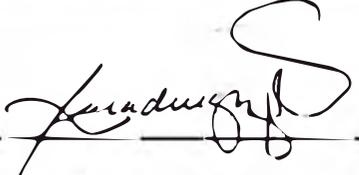
ANEXO A: CERTIFICADOS DE ORIGEN Y DE CALIDAD DE MATERIALES

- Certificado de calidad del acero en bobinas

<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">CLIENTE / CUSTOMER</th> </tr> <tr> <td style="height: 80px;"></td> </tr> </table>	CLIENTE / CUSTOMER		<h2 style="margin: 0;">CERTIFICADO DE CALIDAD</h2> <h3 style="margin: 0;">QUALITY CERTIFICATE</h3>	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">FACTURA# / INVOICE #</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10001230</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">FECHA / DATE</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">07/03/2011</td> </tr> </table>	FACTURA# / INVOICE #	10001230	FECHA / DATE	07/03/2011	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">SEG. MERCADO / APLICATION</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">COMERCIAL</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">CERTIFICADO # / MILL REPORT #</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8783 T</td> </tr> </table>	SEG. MERCADO / APLICATION	COMERCIAL	CERTIFICADO # / MILL REPORT #	8783 T
CLIENTE / CUSTOMER													
FACTURA# / INVOICE #													
10001230													
FECHA / DATE													
07/03/2011													
SEG. MERCADO / APLICATION													
COMERCIAL													
CERTIFICADO # / MILL REPORT #													
8783 T													

Calidad de Acero / Steel Quality																				
ID	ESPESOR/ THICKNESS	CALIBRE/ GAUGE	ANCHO/ WIDTH	LARGO/ LENGHT	PESO/ WEIGHT	PIEZAS/ PIECES	CAPA/ COATING	ACABADO/ FINISHED	DOBLEZ/ BEND	IMPACTO/ IMPACT	DUREZA/ HARDNESS	ELONG	LE	RT	COMP QUIMICA				NORMA /ASTM	GRADO /GRADE
	mm / in		mm / in	mt / ft	kg		OZ/FT ²			in / lbf	HRB	%	KSI	KSI	%C	%Mn	%P	%S		
70036237	0.5986/0.0237	24	1,231.90/48.500	N/A	2.637.00	1	G 90 FM	Cro	2T	140 / 140	70	24	56	64	0.050	0.380	0.008	0.002	A-653	1008
70036238	0.5986/0.0237	24	1,231.90/48.500	N/A	2.637.00	1	G 90 FM	Cro	2T	140 / 140	70	24	56	64	0.050	0.380	0.008	0.002	A-653	1008
70036233	0.5986/0.0237	24	1,231.90/48.500	N/A	2.334.00	1	G 98 FM	Cro	2T	140 / 140	70	24	54	62	0.050	0.380	0.008	0.002	A-653	1008
70036234	0.5986/0.0237	24	1,231.90/48.500	N/A	2.334.00	1	G 98 FM	Cro	2T	140 / 140	70	24	54	62	0.050	0.380	0.008	0.002	A-653	1008
70036235	0.5986/0.0237	24	1,231.90/48.500	N/A	2,490.00	1	G 98 FM	Cro	2T	140 / 140	70	24	54	62	0.050	0.380	0.008	0.002	A-653	1008
70036236	0.5986/0.0237	24	1,231.90/48.500	N/A	2,490.00	1	G 98 FM	Cro	2T	140 / 140	70	24	54	62	0.050	0.380	0.008	0.002	A-653	1008
70036239	0.5986/0.0237	24	1,231.90/48.500	N/A	2,791.00	1	G 90 FM	Cro	2T	140 / 140	70	24	56	64	0.050	0.380	0.008	0.002	A-653	1008
70036240	0.5986/0.0237	24	1,231.90/48.500	N/A	2,791.00	1	G 90 FM	Cro	2T	140 / 140	70	24	56	64	0.050	0.380	0.008	0.002	A-653	1008

FM: Flor Mínima FR: Flor Regular BNZ: Barnizado PAS: Pasivado AC: Aceitado Acr: Acrilico PasAc: Pasivado Aceitado Acr: Acrilico Cro:Cromatado G:Galvanizado Az:Aluminio Zinc



Jefe de Gestion de Calidad
Quality Assurance

Figura N° 4.1. Certificado de calidad de bobinas (Referencia 4)

- Certificado de calidad de pernos

TEST CERTIFICATE													
CUSTOMER NAME:							CONTRACT NUMBER. : I000002						
CUSTOMER'S ADDRESS: Calle Omicron No. 551-556 Peru-Lima I							INVOICE NUMBER: WS10-084						
Parque Internacional de la Industria y comercio Callao-Peru-Lima							PART NUMBER:						
PRODUCT DESCRIPTION: GRADE 2 HEX CAP SCREW							REPORT DATE: 24-OCTOBER-10						
SIZE: 3/8-16X1-1/2				HEAD MARK: MSK				BATCH QTY: 56700 PCS					
SURFACE FINISH : BLACK <input type="checkbox"/> ZP(CR6+) <input type="checkbox"/> ZP(CR3+) <input type="checkbox"/> YZP <input type="checkbox"/> HDG <input type="checkbox"/> PLAIN <input type="checkbox"/>													
1: CHEMICAL ANALYSIS OF THE RAW MATERIAL (%)													
HEAT NO: 09614893							MATERIAL: Q235						
CHEMICAL COMPOSITION													
TEST REPORT	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Cu	Mo	Al	As	V	
	0.180	0.550	0.200	0.190	0.210	-	-	-	-	-	-	-	-
2: MECHANICAL PROPERTIES OF THE PRODUCTS													
SPECIFICATION : SAE J429 JAN1999							SAMPLING STANDARD : ASME B18.18.2M-1987						
TEST ITEM	TENSILE STRENGTH MIN (ksi)	YIELD STRENGTH MIN (ksi)	PROOF LOAD ksi	CORE HARDNESS ROCKWELL	SURFACE HARDNESS ROCKWELL 30N MAX								
STANDARD	74	57	55	B80-B100	-								
TEST RESULTS	75-77	59-62	PASS	B84-B87	-								
SAMPLING QTY	4	4	1	8	8								
ACCEPT	4	4	1	8	8								
REJECT	0	0	0	0	0								
3. DIMENSIONAL INSPECTIONS													
SPECIFICATION : ASME B18.2.1-1996							SAMPLING STANDARD : ASME B18.18.2M-1987						
TEST ITEM	STANDARD	UNIT	TEST RESULTS	SAMPLING QTY	ACC	REJ							
BODY DIA	FT	mm	FT	8	8	0							
WIDTH ACROSS FLATS	14.27-14	mm	14.14-14.09	8	8	0							
HEAD HEIGHT	6.17-5.74	mm	6.01-5.94	8	8	0							
THREAD LENGTH	FT	mm	FT	8	8	0							
NOMINAL LENGTH	38.1-37.09	mm	37.99-37.22	8	8	0							
GO GAUGE	3A	N/A	PASS	32	32	0							
NO-GO GAUGE	2A	N/A	NO PASS	32	32	0							
4. APPEARANCE INSPECTIONS													
SPECIFICATION : SAE J1061 MAY98							SAMPLING STANDARD : ASME B18.18.2M-1987						
TEST ITEM	TEST METHOD	TEST RESULTS		SAMPLING QTY	ACC	REJ							
APPEARANCE	VISION	PASS		100	100	0							
5. FINISH INSPECTIONS													
SPECIFICATION : ASTM F1941-00							SAMPLING STANDARD : ASME B18.18.2M-1987						
TEST ITEM	STANDARD	UNIT	TEST RESULTS	SAMPLING QTY	ACC	REJ							
PLATING THICKNESS	5min	um	5-7	4	4	-							
6. DECARBURIZATION													
SPECIFICATION : SAE J121 APR97							SAMPLING STANDARD : ASME B18.18.2M-1987						
TEST ITEM	STANDARD	UNIT	TEST RESULTS	SAMPLING QTY	ACC	REJ							
DECARBURIZED	-	N/A	-	1	1	0							
We hereby certify that all the above results are original from our actual testing, and the products have proved to comply with the relevant standards.													
 <hr style="width: 100%;"/>													

Figura N° 4.2. Certificado de calidad de pernos (Referencia 4)

- Certificado de calidad de paneles traslúcidos

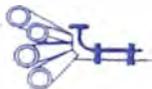
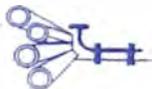
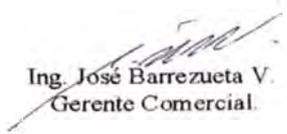
<u>CERTIFICADO DE CALIDAD</u>	
	PRODUCTO : 100 Planchas traslúcidas, lisas ambos lados, con doblez en los extremos, fabricadas íntegramente con resina poliéster, reforzada con fibra de vidrio.
	DIMENSIONES : 0.70 x 2.25m.
	ESPESOR : 2.0 mm.
	ORDEN DE COMPRA : 001-0809-10
	CERTIFICAMOS : Que el producto mencionado ha sido fabricado bajo las siguientes Normas:
	Peso específico : 1.4 gr/cm ³ UNE 53020
	Contenido de vidrio : 25 - 45% UNE 53269
	Resistencia a la flexión : 1,500-1,800 kg/cm ² UNE 53189 PIV
	Resistencia a la compresión : 2,400 – 2,600 kg/cm ² UNE 53189 PIV
	Módulo de elasticidad : 0.8- 1.0 x 10 ⁴ kg/cm ² UNE 53228
	Resistencia al impacto : 95-100 kg/cm/cm ² UNE 53292
	Resistencia al desgarre : 45-50 kg UNE 53301
	Dureza Barcol : 45 mínimo UNE 53210
	Estabilidad térmica : -40, + 130 °C
	GARANTÍA : Esta garantía cubre un periodo de 24 meses por defecto de fabricación, no así el manipuleo y uso incorrecto.
Lima, 30 de Diciembre de 2010	
 Ing. José Barrezuela V. Gerente Comercial.	
"LA CALIDAD DE NUESTROS PRODUCTOS, ES LA DIFERENCIA"	

Figura N° 4.3. Certificado de calidad de paneles traslúcidos (Referencia 4)

• Registro de control de galvanizado de ángulos – ASTM A123

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD				CALPROREG-02						
REGISTRO				Rev :	0					
CONTROL DE ESPESORES				Fecha:	01.08.2007					
				Pag:	1 de 1					
FECHA: 15-03-2011		CLIENTE: ARCO TECHO PERU TURNO: NOCHE			REFERENCIA: Guia 001-002025					
RACK	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	CONTROL SUPERFICIAL	CONTROL DE ESPESORES					(g/m ²)	RESULTADO
	ANGULOS 1 x 1 x 1/8 x .6 MT	S/C	C A	106.0	141.0	108.0	171.0	131.5	929.31	C
	200 UNIDADES	S/C	C.A	115.0	106.0	117.0	125.0	115.8	818.01	C
		S/C	C.A	108.0	111.0	131.0	122.0	118.0	833.91	C
		S/C	C A	104.0	99.0	118.0	127.0	112.0	791.50	C
<p>LEYENDA S/C SIN CODIGO CONFORM NC NO CONFORME CA CON ADHERENCIA SA SIN ADHERENCIA</p> <p>Todos los elementos que presentan la denominación C Conforme pueden continuar con el siguiente proceso</p> <p>NOTA : La inspección de Galvanizado es según norma ASTM A-123</p>										
 INSPECTOR DE CALIDAD			Tecnicas Metalicas Ingenieros S.A.C				 JEFE DE PLANTA			

Figura N° 4.4. Registro de galvanizado para ángulos (Referencia 4)

• Registro de control de galvanizado de placas de fijación – ASTM A123

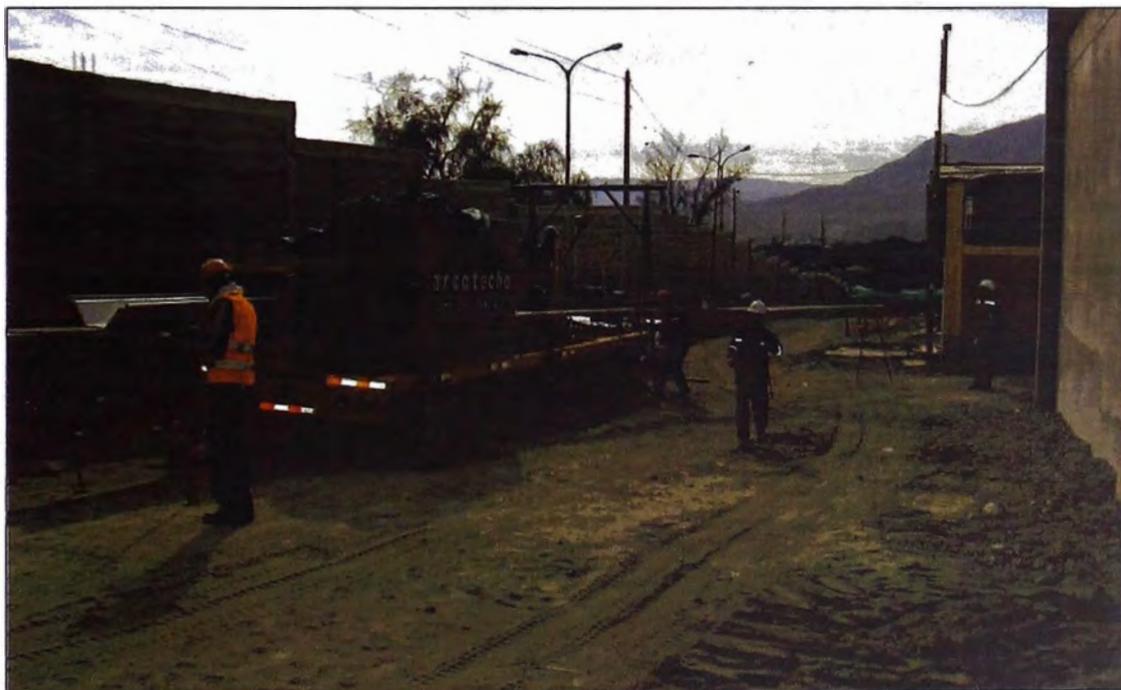
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD				CALPROREG-02						
REGISTRO				Rev :	0					
CONTROL DE ESPESORES				Fecha:	01.08.2007					
				Pag:	1 de 1					
FECHA: 15-03-2011		CLIENTE: ARCO TECHO PERU TURNO: NOCHE			REFERENCIA: Guia 001-002012					
RACK	DESCRIPCIÓN	CODIGO	CONTROL SUPERFICIAL	CONTROL DE ESPESORES					(g/m ²)	RESULTADO
	PLANCHAS 1400 UNIDADES	S/C	C A	85.0	89.0	77.0	88.0	84.3	598.93	C
		S/C	C A	102.0	92.0	87.0	79.0	90.0	636.03	C
		S/C	C A	82.0	88.0	90.0	99.0	89.8	634.26	C
		S/C	C A	78.0	87.0	92.0	89.0	86.5	611.30	C
<p>LEYENDA S/C SIN CODIGO C CONFORME NC NO CONFORME CA CON ADHERENCIA SA SIN ADHERENCIA</p> <p>Todos los elementos que presentan la denominación C Conforme pueden continuar con el siguiente proceso</p> <p>NOTA : La inspección de Galvanizado es según norma ASTM A-123</p>										
 INSPECTOR DE CALIDAD			Tecnicas Metalicas Ingenieros S.A.C				 JEFE DE PLANTA			

Figura N° 4.5. Registro de galvanizado para placas de fijación (Referencia 4)

ANEXO B: FOTOGRAFIAS DE LAS REFERENCIAS



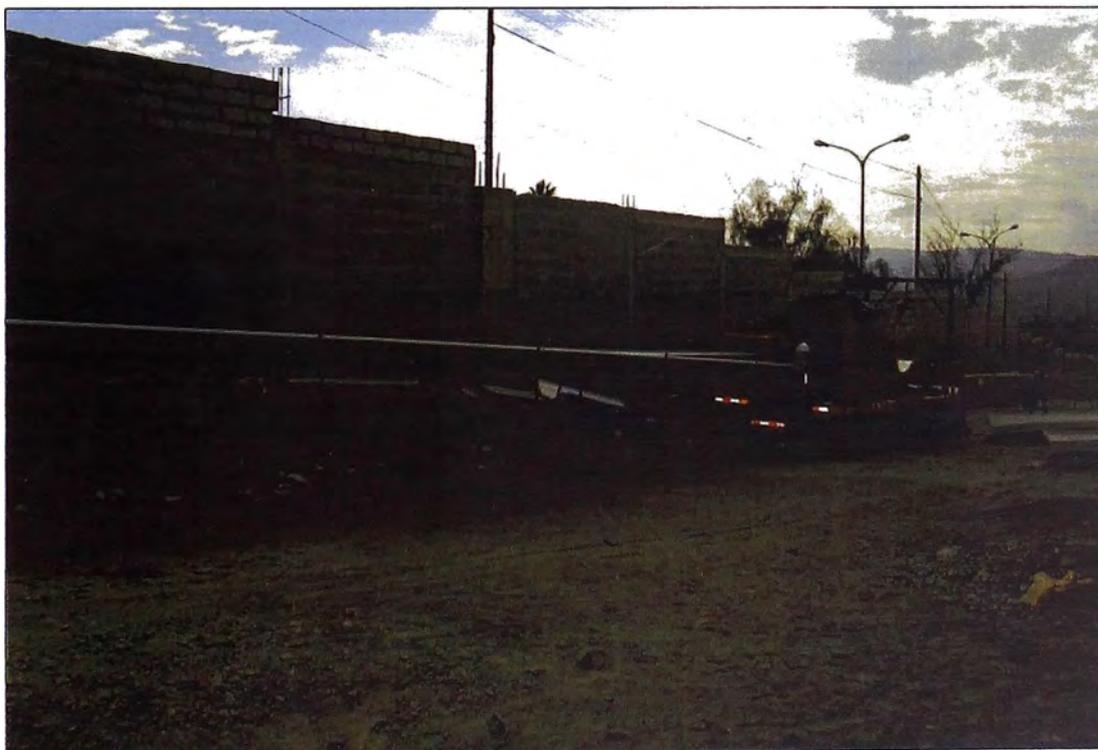
Fotografía N° 4.1. Instante del doblado del panel (Referencia 17)



Fotografía N° 4.2. Salida de panel plano para pruebas de producción
(Referencia 16)



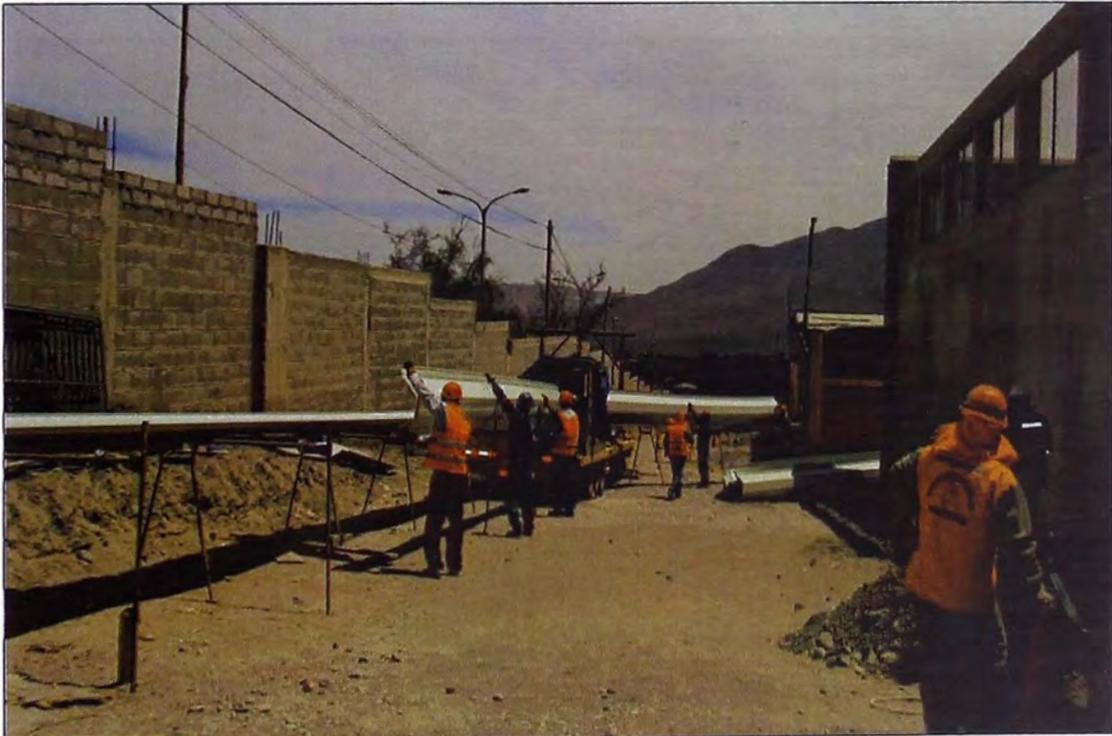
Fotografía N° 4.3. Arco de prueba para verificación (Referencia 16)



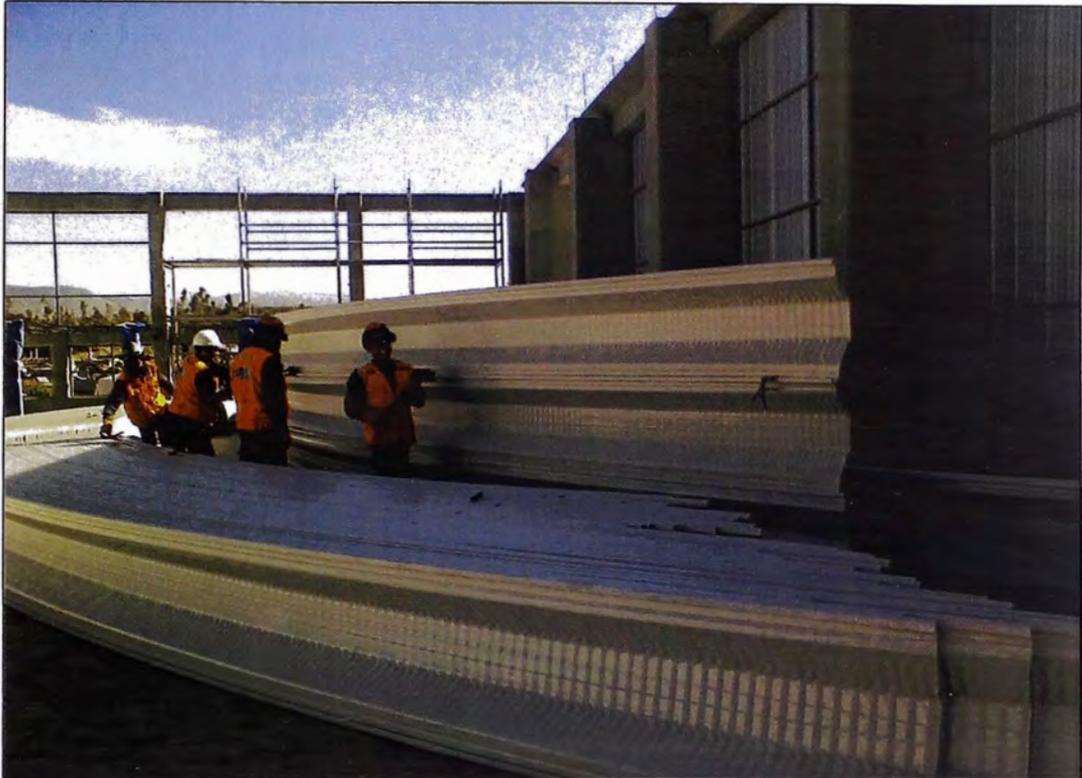
Fotografía N° 4.4. Panel plano previo al curvado (Referencia 16)



Fotografía N° 4.5. Panel plano ingresando para el curvado (Referencia 16)



Fotografía N° 4.6. Panel curvado saliente (Referencia 16)



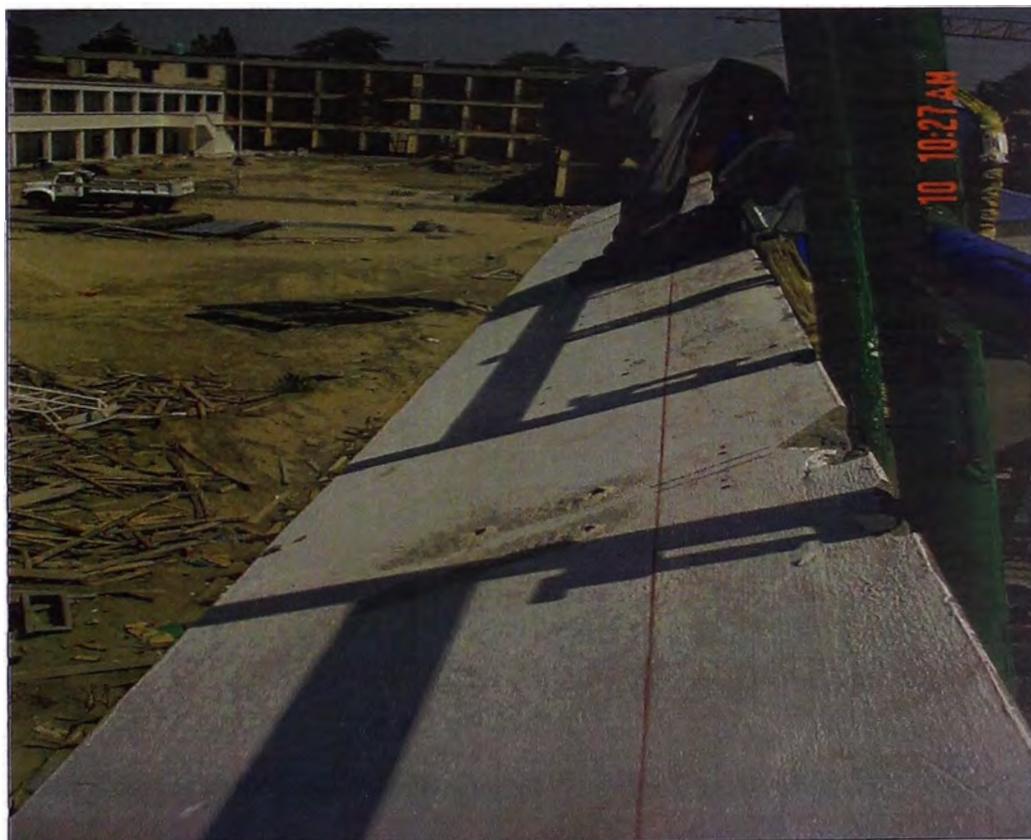
Fotografía N° 4.7. Sellado final de tercer arco (Referencia 15)



Fotografía N° 4.8. Conformado de tercetas (Referencia 15)



Fotografía N° 4.9. Trazado en viga canal metálica (Referencia 12)



Fotografía N° 4.10. Trazado en viga de concreto (Referencia 13)



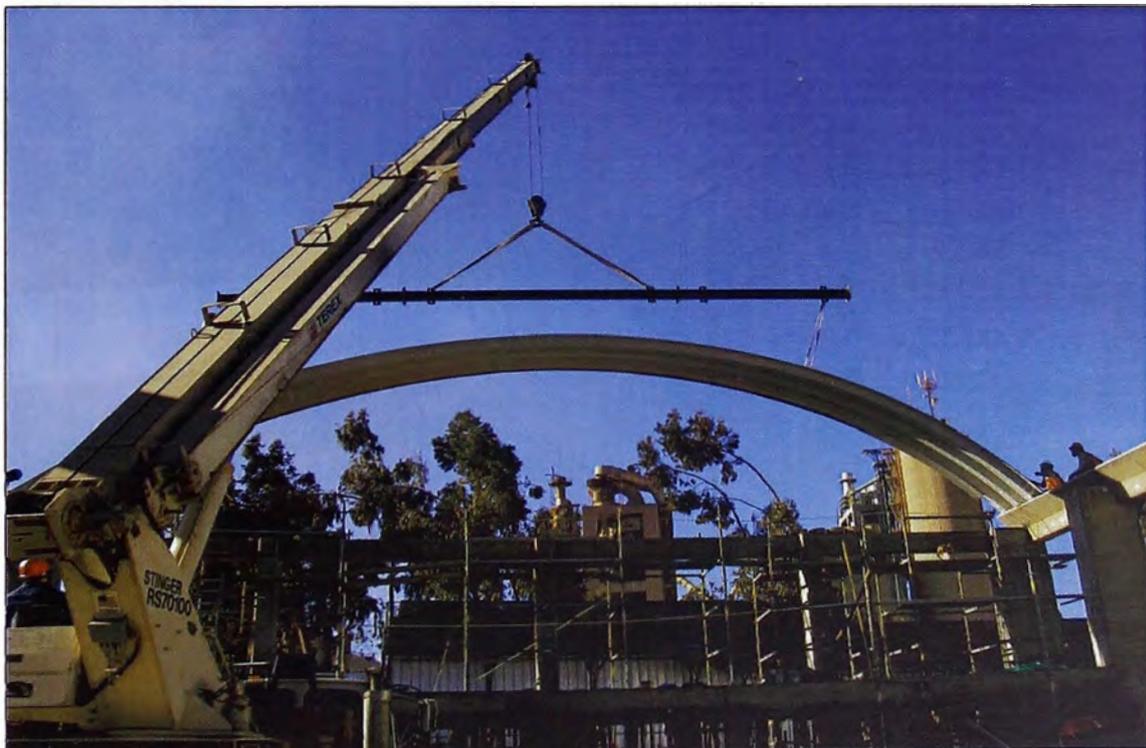
Fotografía N° 4.11. Enganche de terceta con pinza de izaje (Referencia 11)



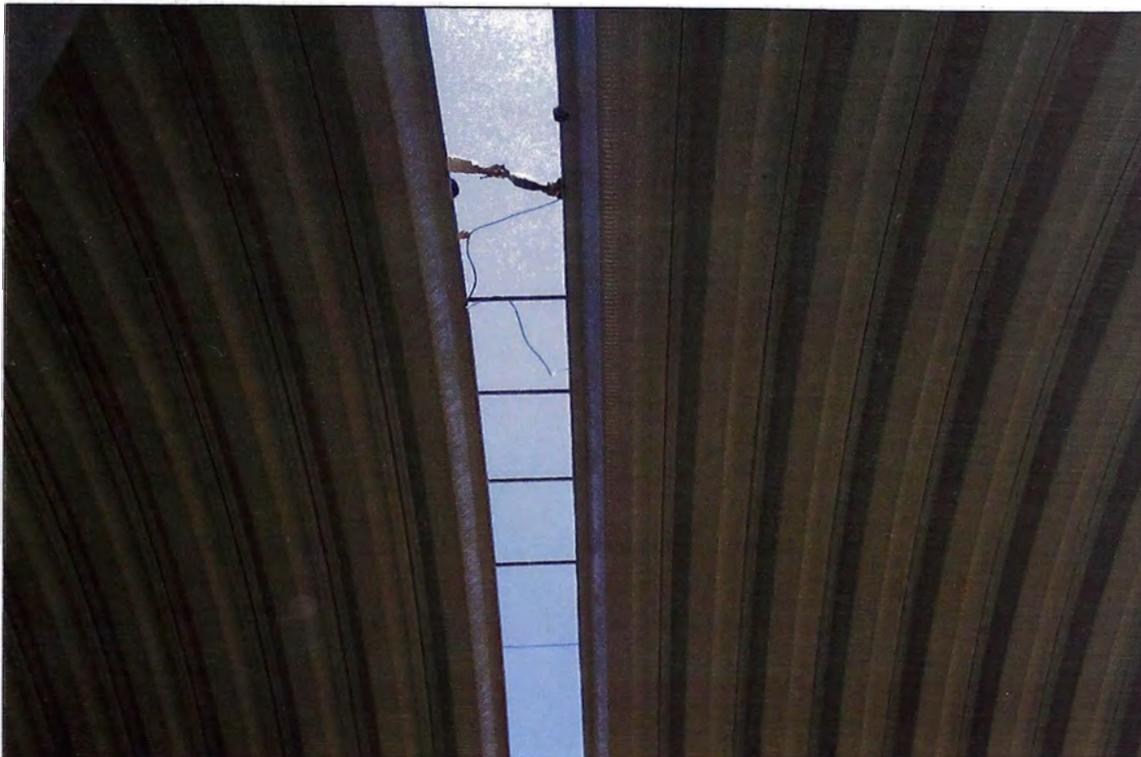
Fotografía N° 4.12. Asegurando guías de viento en terceta (Referencia 15)



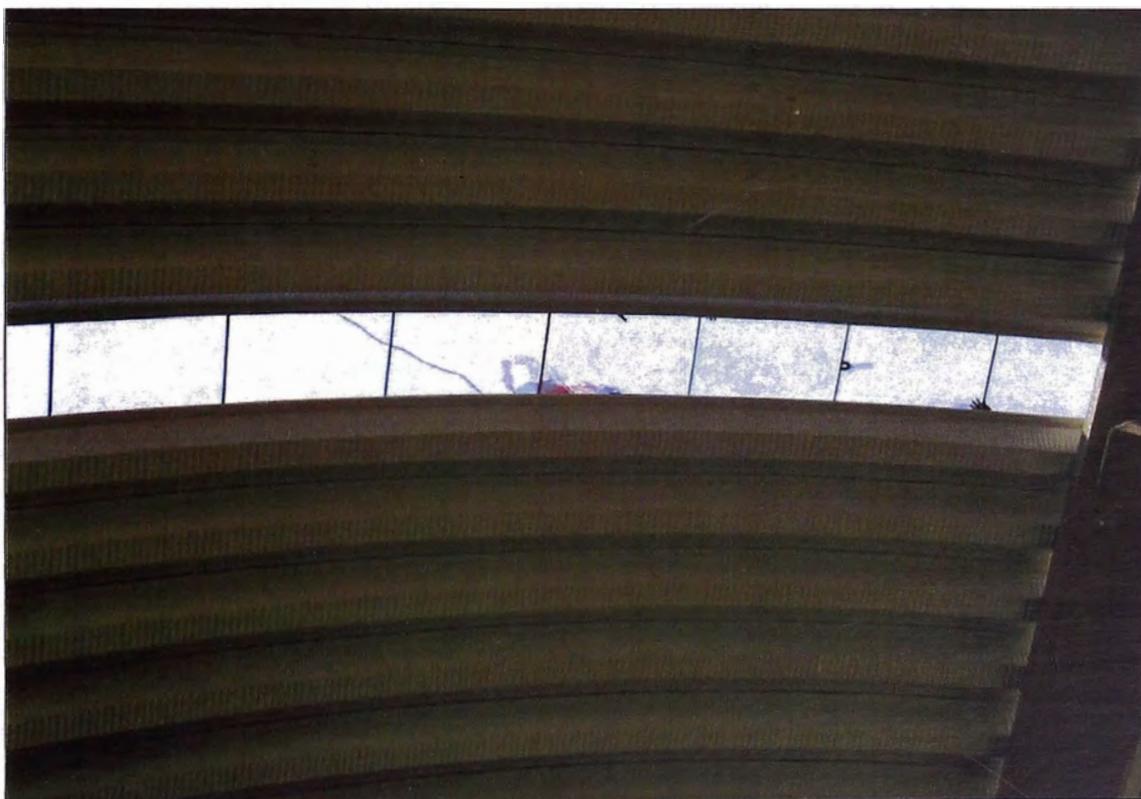
Fotografía N° 4.13. Izaje de terceta con grúa (Referencia 15)



Fotografía N° 4.13. Montaje de primera terceta (Referencia 15)



Fotografía N° 4.14. Fijación de ángulos galvanizados (Referencia 15)



Fotografía N° 4.15. Colocación de paneles traslúcidos (Referencia 15)



Fotografía N° 4.16. Nivelación del terreno antes de ubicar la máquina conformadora (Referencia 15).



Fotografía N° 4.17. Nivelación de máquina conformadora y mesas de soporte (Referencia 13)



Fotografía N° 4.18. Instalación de bobina (Referencia 19)



Fotografía N° 4.19. Instalación de bobinas (Referencia 19)



Fotografía N° 4.20. Rodillos moldeadores para sección (Referencia 4)



Fotografía N° 4.21. Salida de panel recto (Referencia 4)



Fotografía N° 4.22. Arco de prueba de 3 metros (Referencia 13)



Fotografía N° 4.23. Verificación de luz y flecha (Referencia 19)



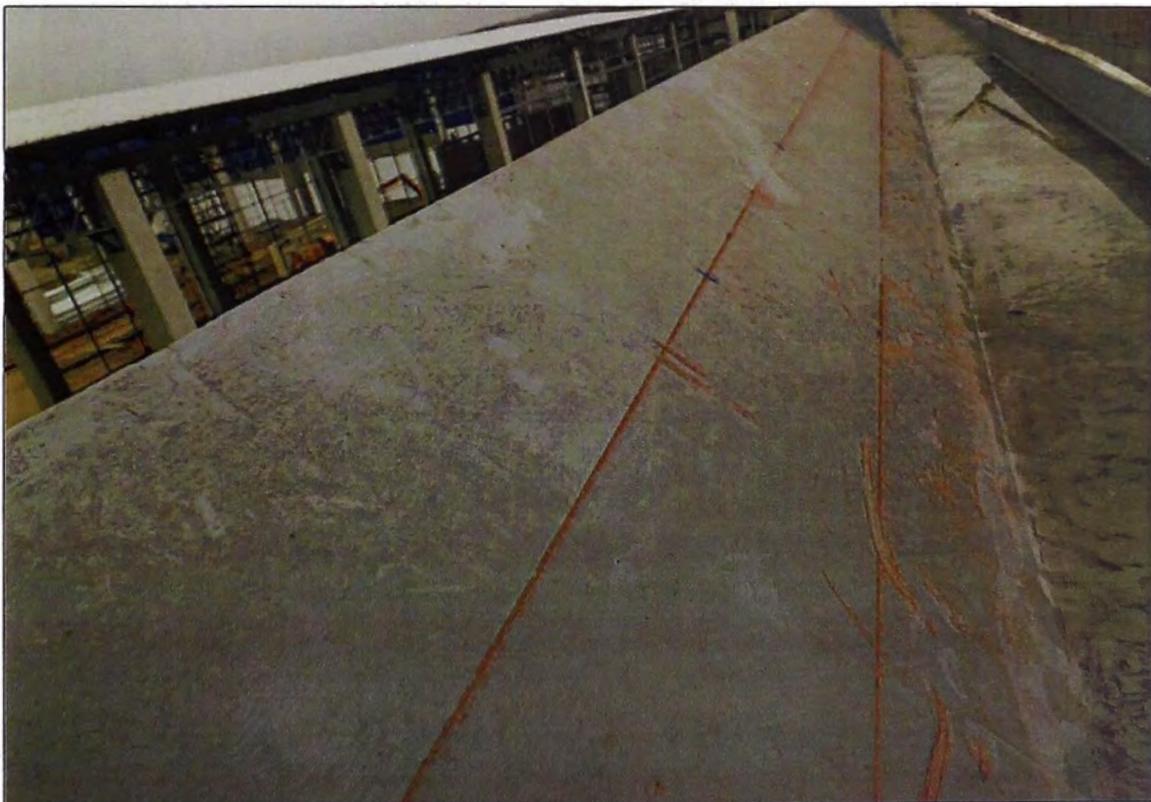
Fotografía N° 4.24. Distribución de pinzas visegrip y sellado manual
(Referencia 19)



Fotografía N° 4.25. Sellado manual de tercer arco (Referencia 19)



Fotografía N° 4.26. Orden de tercetas para montaje (Referencia 19)



Fotografía N° 4.27. Trazo Horizontal en viga canal (Referencia 12)



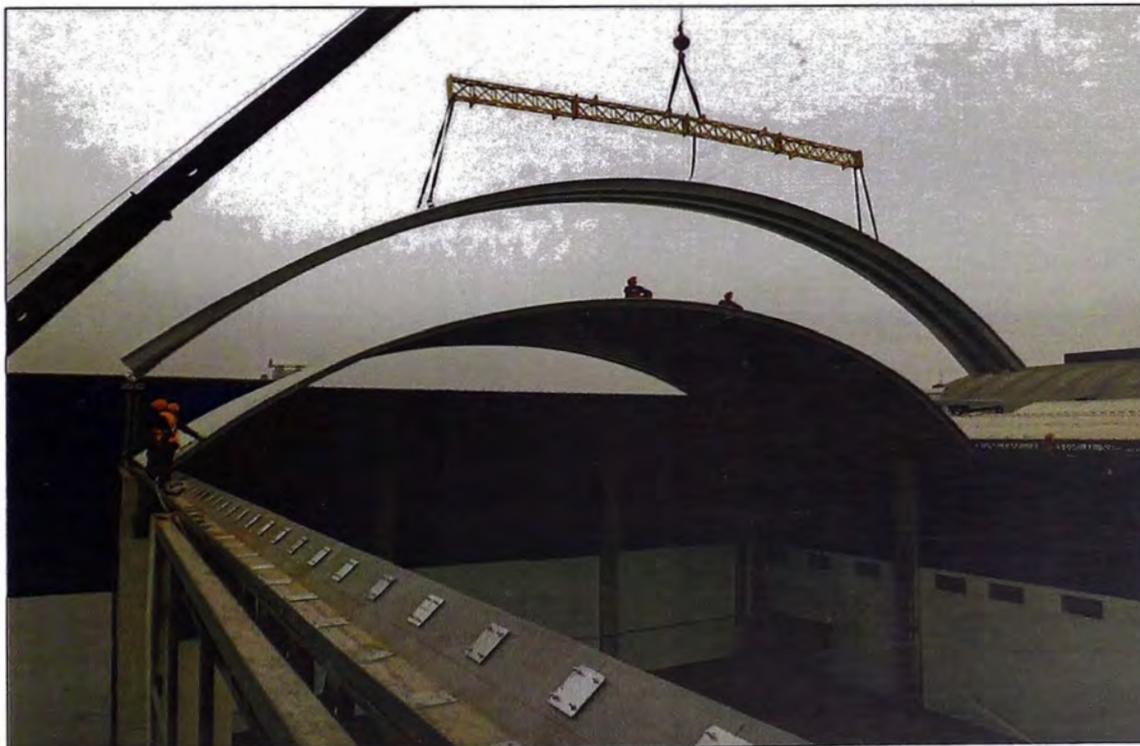
Fotografía N° 4.28. Trazo de ejes de instalación de arcos (Referencia 12)



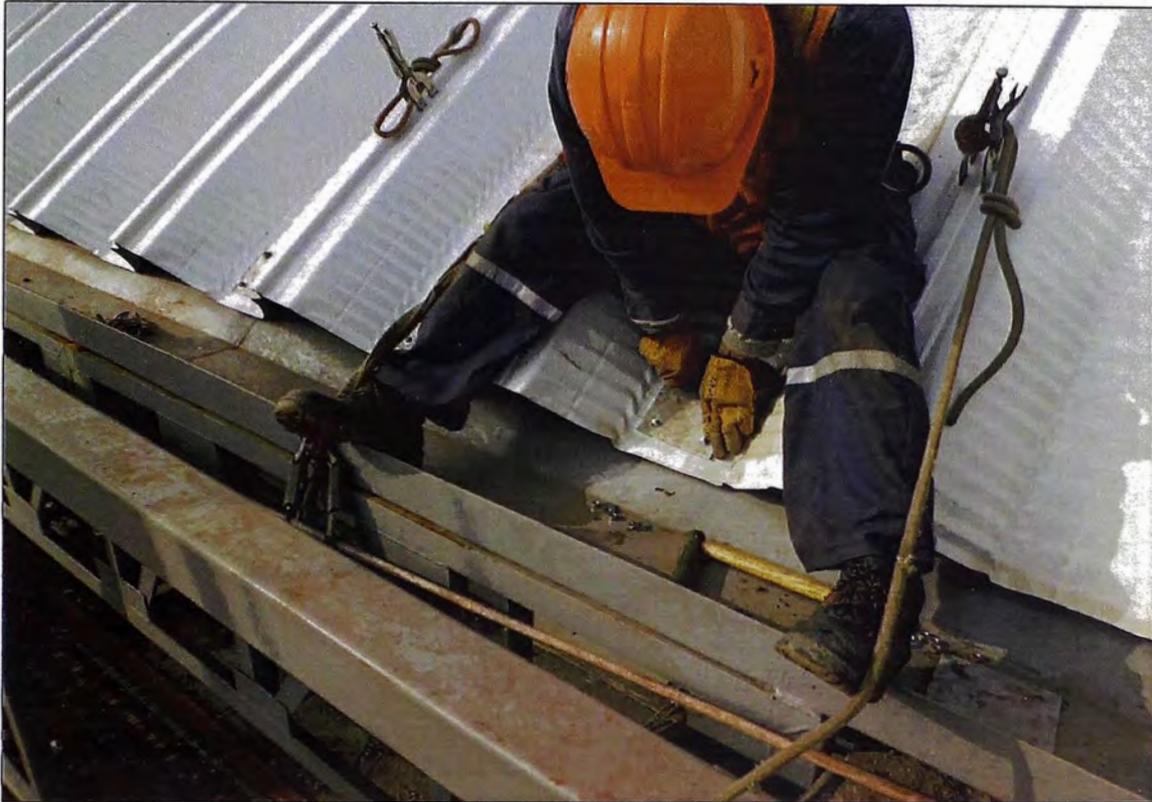
Fotografía N° 4.29. Perforación en viga de soporte de concreto (Referencia 14)



Fotografía N°4.30. Estabilizando terceta con cuerdas de viento y guía
(Referencia 20)



Fotografía N° 4.31. Montaje de tercetas en viga metálica (Referencia 12)



Fotografía N° 4.32. Fijación de arcos en ambos extremos (Referencia 12)



Fotografía N° 4.33. Sellado manual de tercetas en montaje (Referencia 12)



Fotografía N° 4.34. Montaje total de tercetas (Referencia 19)



Fotografía N° 4.35. Intervalo de arcos para líneas traslúcidas en cobertura
(Referencia 10)



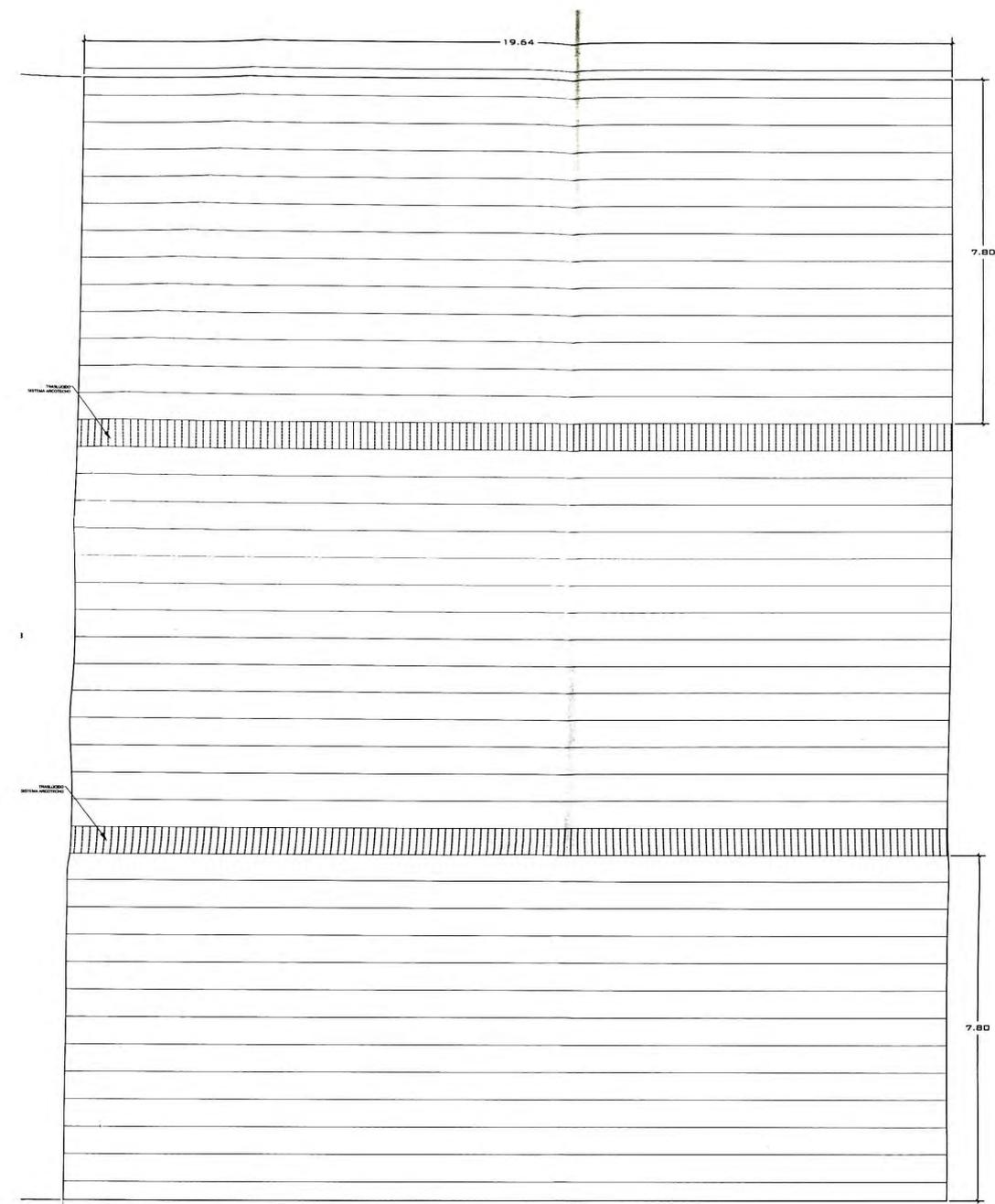
Fotografía N° 4.36. Aplomado de paneles planos en tímpano (Referencia 19)



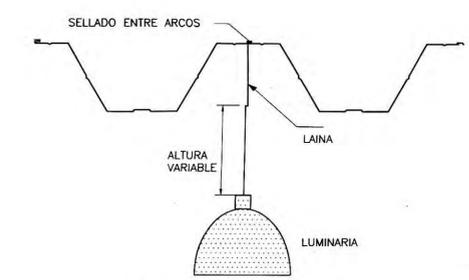
Fotografía N° 4.37. Verificación de sellado interior de paneles planos en tímpano
(Referencia 19)

ANEXO C: PLANOS DE PROYECTOS EJECUTADOS

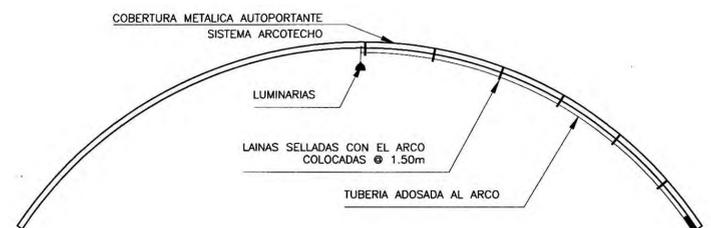
- Plano 01: Taller de mecánica automotriz – I.S.T.P. J. C. Mariátegui, Moquegua
- Plano 02: Taller de producción – I.S.T.P. J.C. Mariátegui, Moquegua.
- Plano 03: Almacén de Reactivos – Proyecto Breapampa, Ayacucho.
- Plano 04: Tienda comercial - Lexus Automotriz, Lima



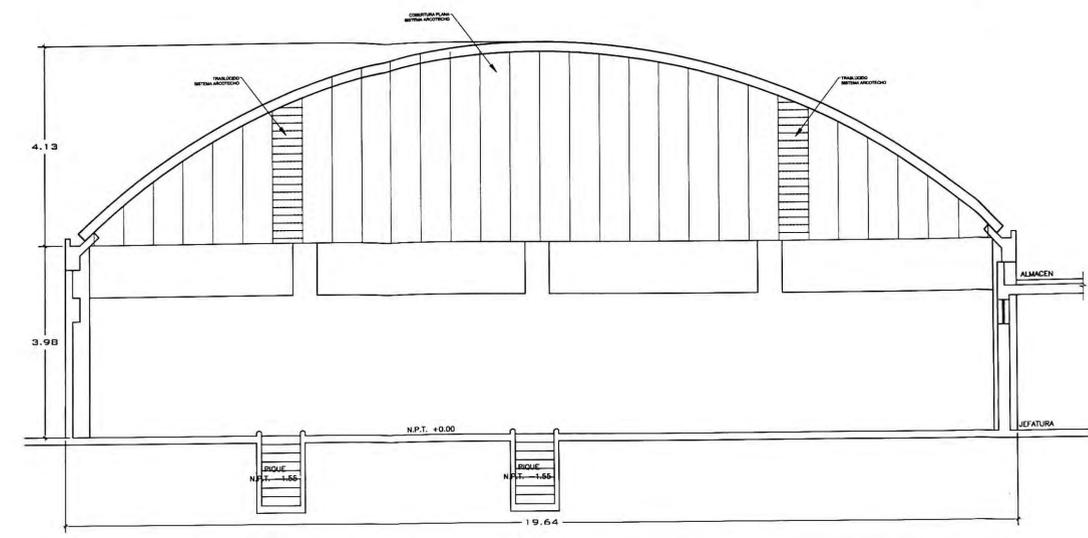
COBERTURA-VISTA EN PLANTA
ESC:1/75



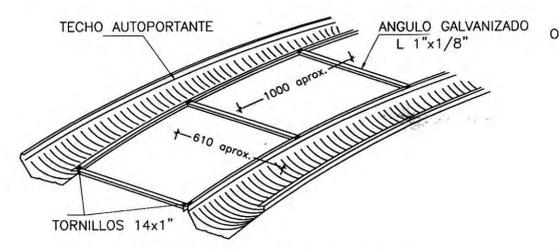
SISTEMA DE FIJACION DE LUMINARIAS
Escala S/E



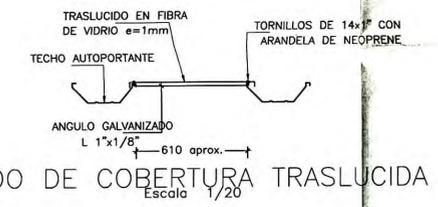
COLOCACION DE LAINAS EN EL ARCO
Escala S/E



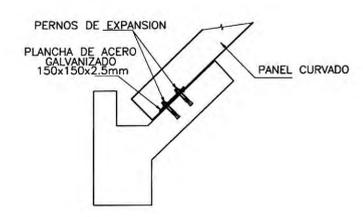
COBERTURA-CORTE TÍPICO
ESC:1/75



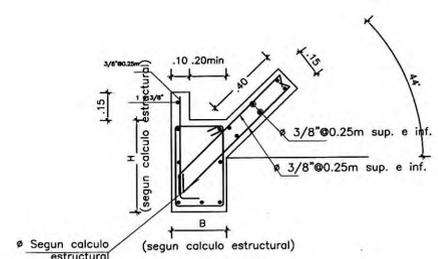
ISOMETRICO COLOCACION
ANGULOS TRASLUCIDOS
Escala 1/20



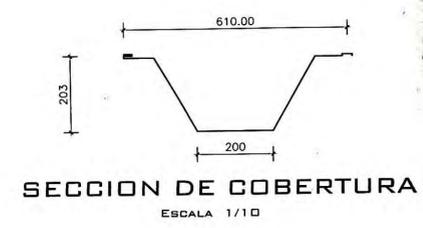
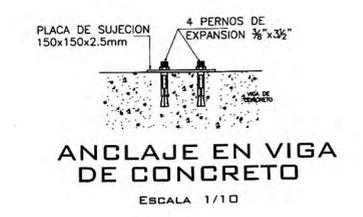
FIJADO DE COBERTURA TRASLUCIDA
Escala 1/20



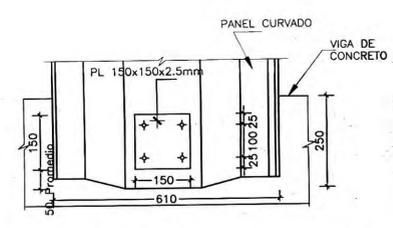
FIJADO DE COBERTURA
AUTOPORTANTE
Escala 1/20



DETALLE DE VIGA CANAL
Escala 1/20



SECCION DE COBERTURA
ESCALA 1/10

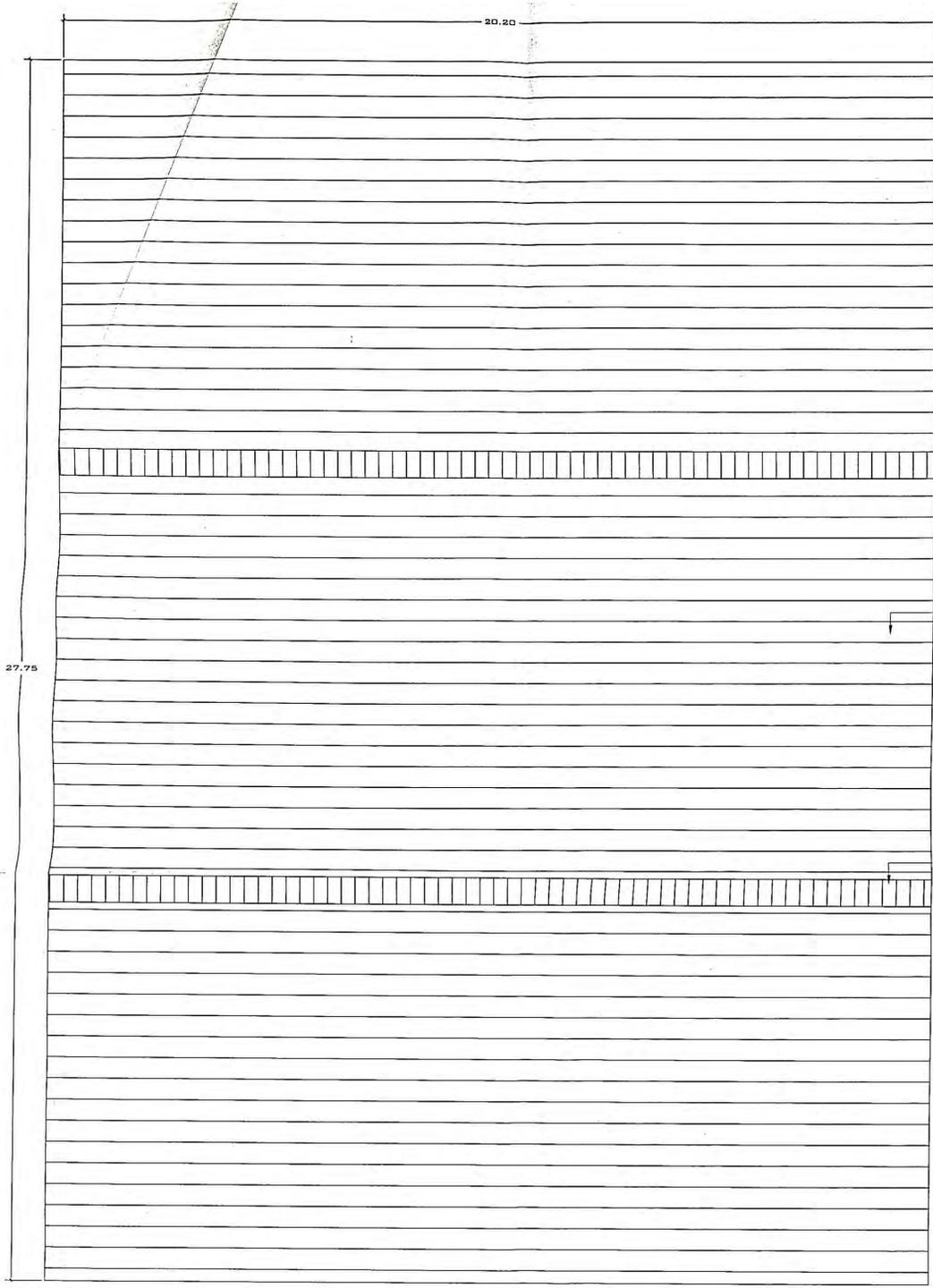


CONEXION DEL ARCO
EN VIGA CANAL
ESCALA 1/10

ESPECIFICACIONES TECHO MEMBRANA

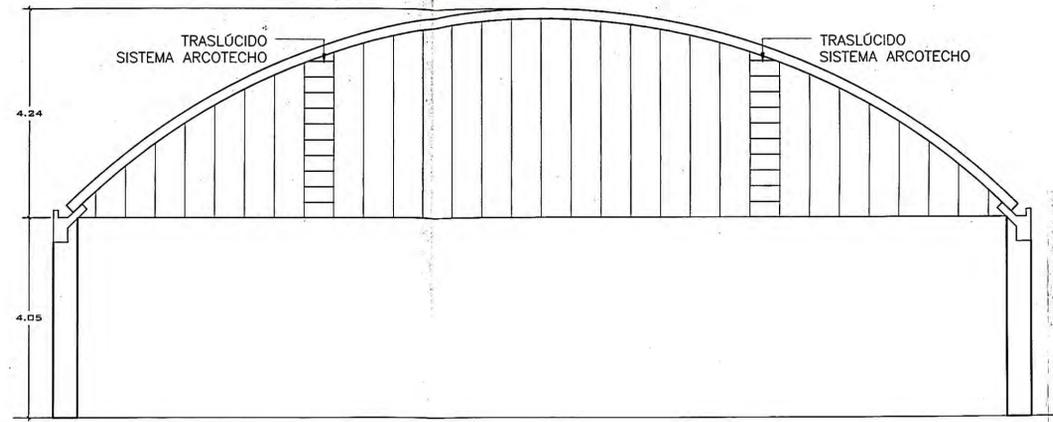
MATERIAL : ACERO GALVANIZADO PREPINTADO COLOR BLANCO
 ESPESOR : 0.60mm
 SOBRECARGA : 30 Kg/m² (NORMA E-020)
 CARGA NIEVE : N.A.
 CARGA MUERTA : 5 Kg/m² (PESO LUMINARIAS)
 PESO PROPIO DEL TECHO MEMBRANA : 7.18 Kg/m²
 VELOCIDAD DEL VIENTO : 75 Km/hr

PROPIETARIO:			
OBRA: MEJORAMIENTO INFRAESTRUCTURA DE I.S.T.P. JOSE CARLOS MARIATEGUI			
PLANO: TECHO AUTOSOPORTADO - TALLER DE MECANICA AUTOMOTRIZ			
DISEÑO:	DIBUJO:	ESCALA: INDICADAS	FECHA: 15/03/11
			P-01

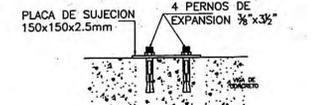


COBERTURA AUTOSOPORTADA SISTEMA ARCOTECHO

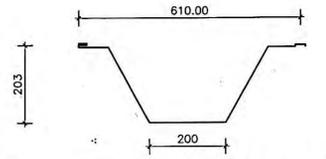
TRASLÚCIDO SISTEMA ARCOTECHO



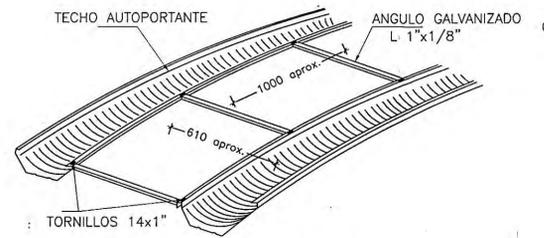
COBERTURA-CORTE TÍPICO
ESC:1/75



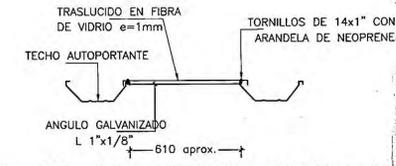
ANCLAJE EN VIGA DE CONCRETO
ESCALA 1/10



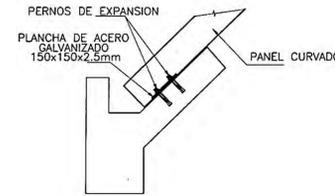
SECCION DE COBERTURA
ESCALA 1/10



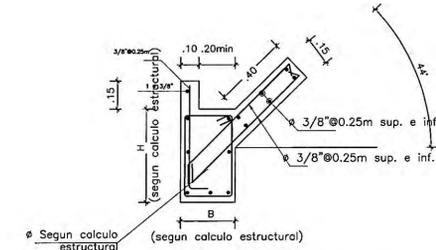
ISOMETRICO COLOCACION ANGULOS TRASLUCIDOS
Escala 1/20



FIJADO DE COBERTURA TRASLUCIDA
Escala 1/20



FIJADO DE COBERTURA AUTOPORTANTE
Escala 1/20

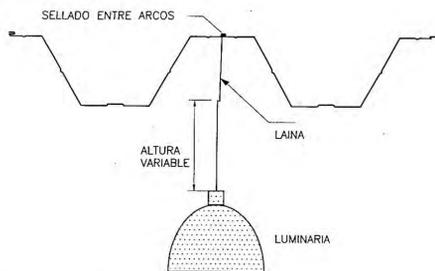


DETALLE DE VIGA CANAL
Escala 1/20

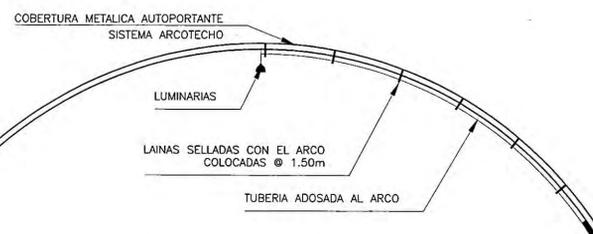
ESPECIFICACIONES TECHO MEMBRANA

MATERIAL : ACERO GALVANIZADO PREPINTADO COLOR BLANCO
 ESPESOR : 0.60mm
 SOBRECARGA : 30 Kglm2 (NORMA E-020)
 CARGA NIEVE : N.A.
 CARGA MUERTA : 5 Kglm2 (PESO LUMINARIAS)
 PESO PROPIO DEL TECHO MEMBRANA : 7.18
 VELOCIDAD DEL VIENTO : 75 Km/hr

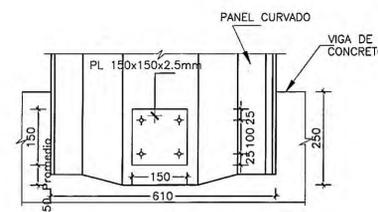
COBERTURA-VISTA EN PLANTA
ESC:1/75



STEMA DE FIJACION DE LUMINARIAS
Escala S/E

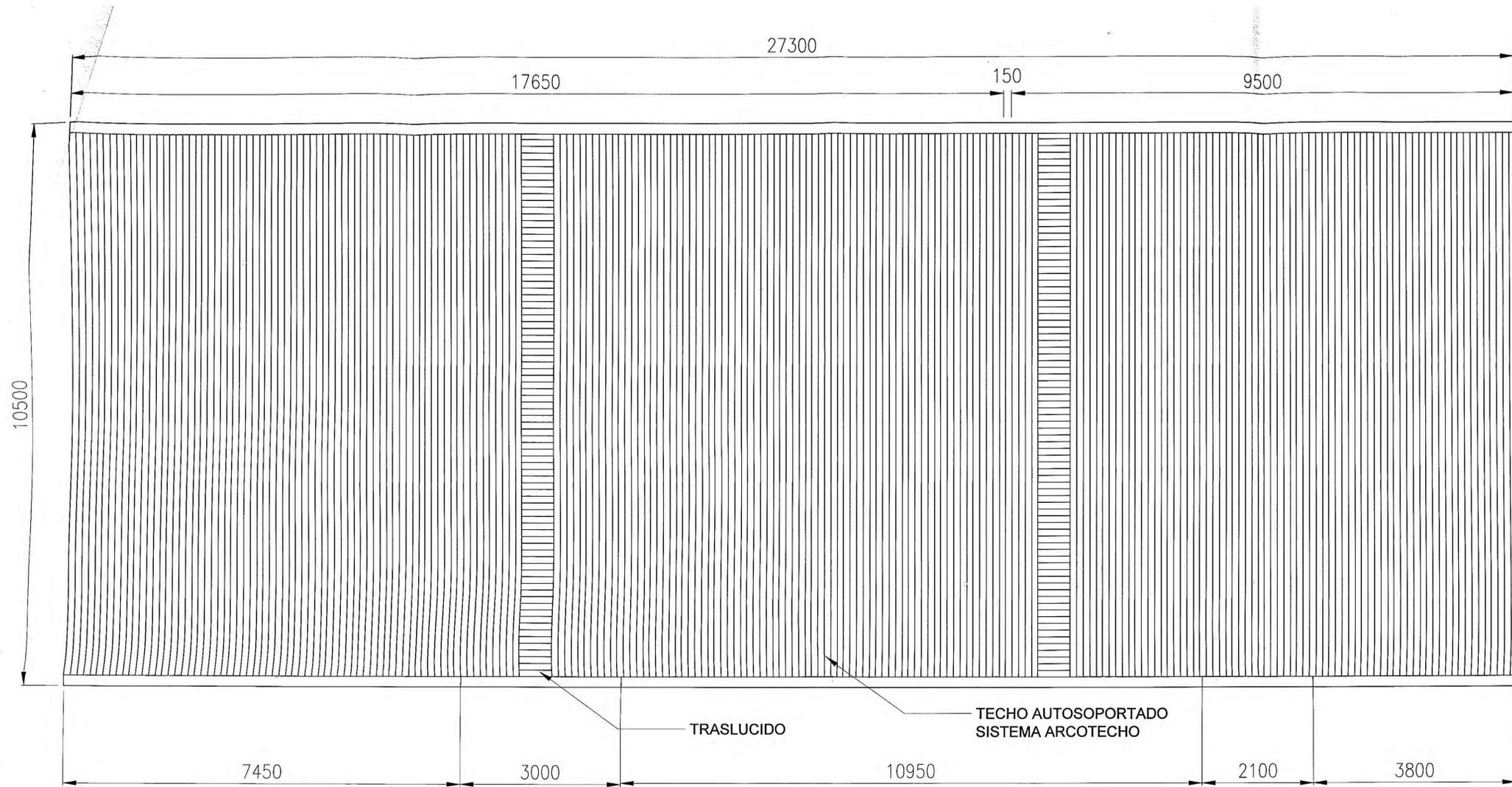


COLOCACION DE LAINAS EN EL ARCO
Escala S/E

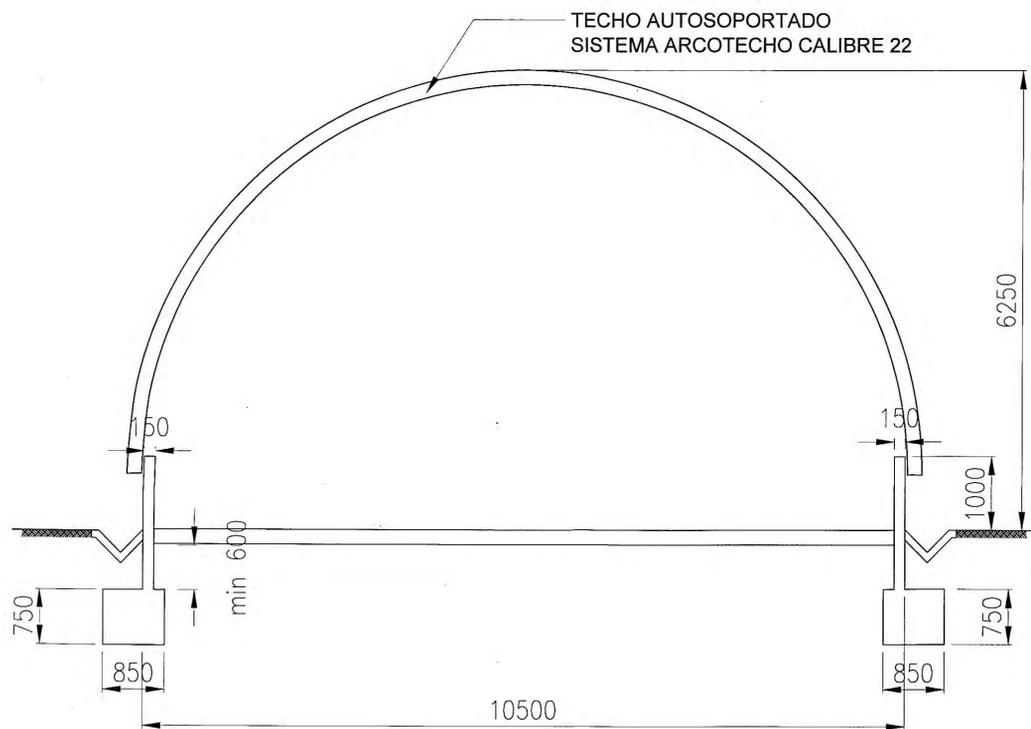


CONEXION DEL ARCO EN VIGA CANAL
ESCALA 1/10

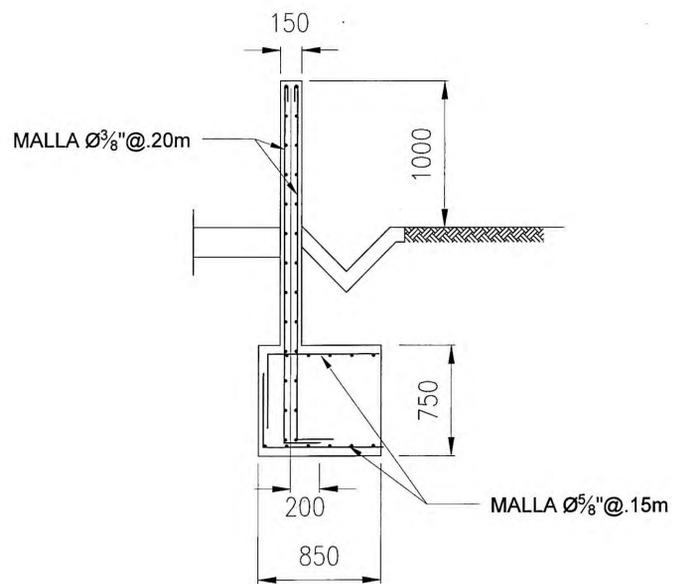
PROPIETARIO:			
OBRA: MEJORAMIENTO INFRAESTRUCTURA DE I.S.T.P. J.C. MARIATEGUI			
PLANO: TECHO AUTOSOPORTADO - TALLER DE PRODUCCION			LAMINA: P-02
DISENO:	DIBUJO:	ESCALA: INDICADAS	FECHA: 15/03/11



CORTE TÍPICO
ESC:1/50

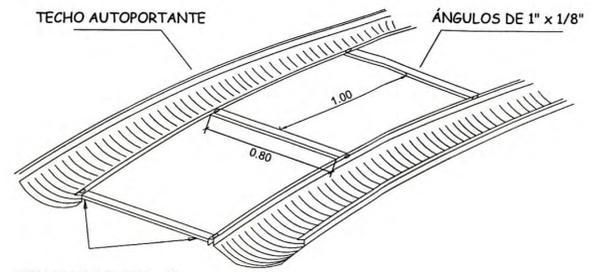
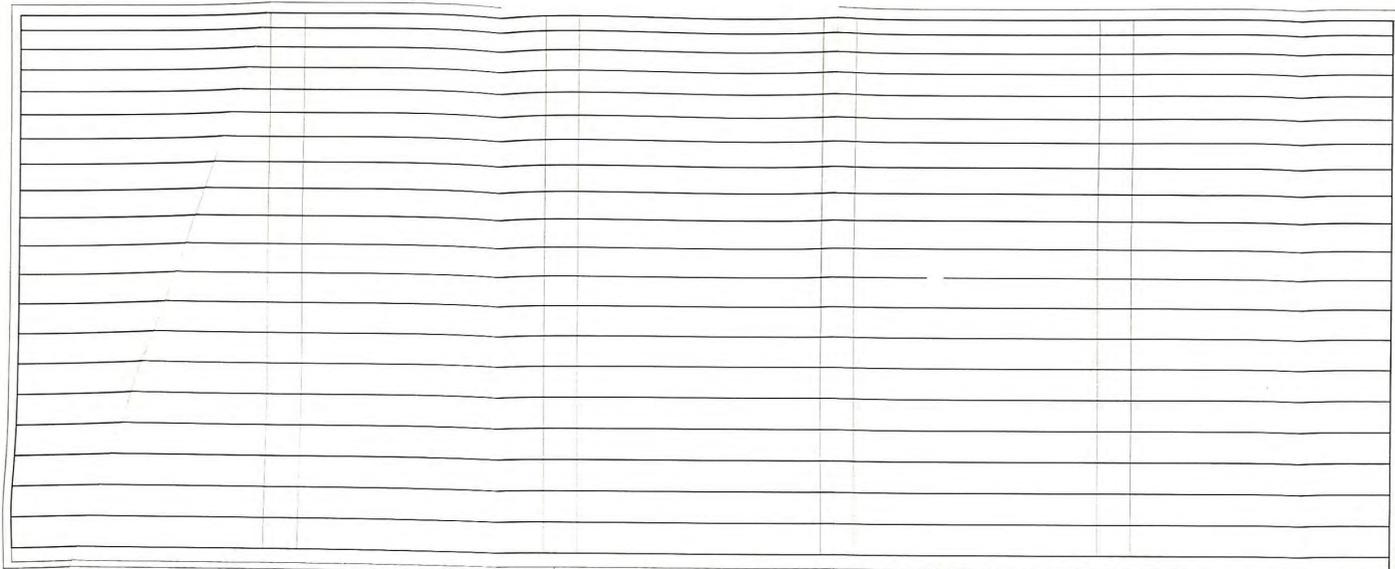


CORTE TÍPICO
ESC:1/50

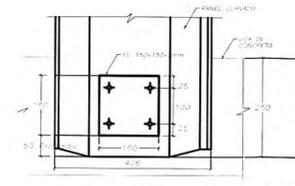
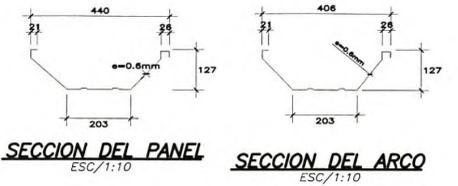


DETALLE DE CIMENTACION
ESC:1/25

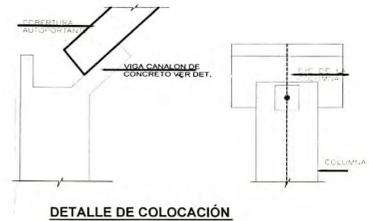
PROPIETARIO:			
OBRA: PROYECTO BREAPAMPA			
PLANO: TECHO AUTOSOPORTADO - ALMACEN DE REACTIVOS			LÁMINA:
DISEÑO:	DIBUJO:	ESCALA: INDICADAS	FECHA: 15/03/11
			P-03



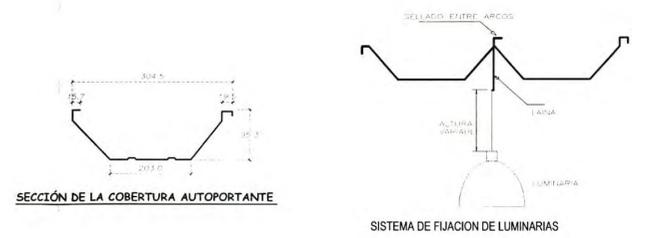
TORNILLO DE 1/4" x 1"
DET. ANCLAJE DE PANELES TRASLÚCIDOS



DETALLE DE FIJACION DE LA COBERTURA AUTOPORTANTE

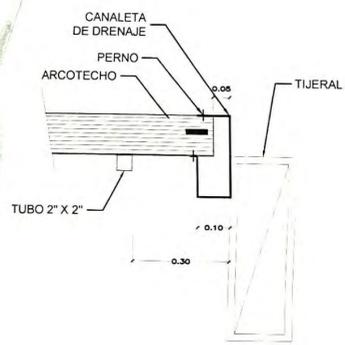


DETALLE DE COLOCACION

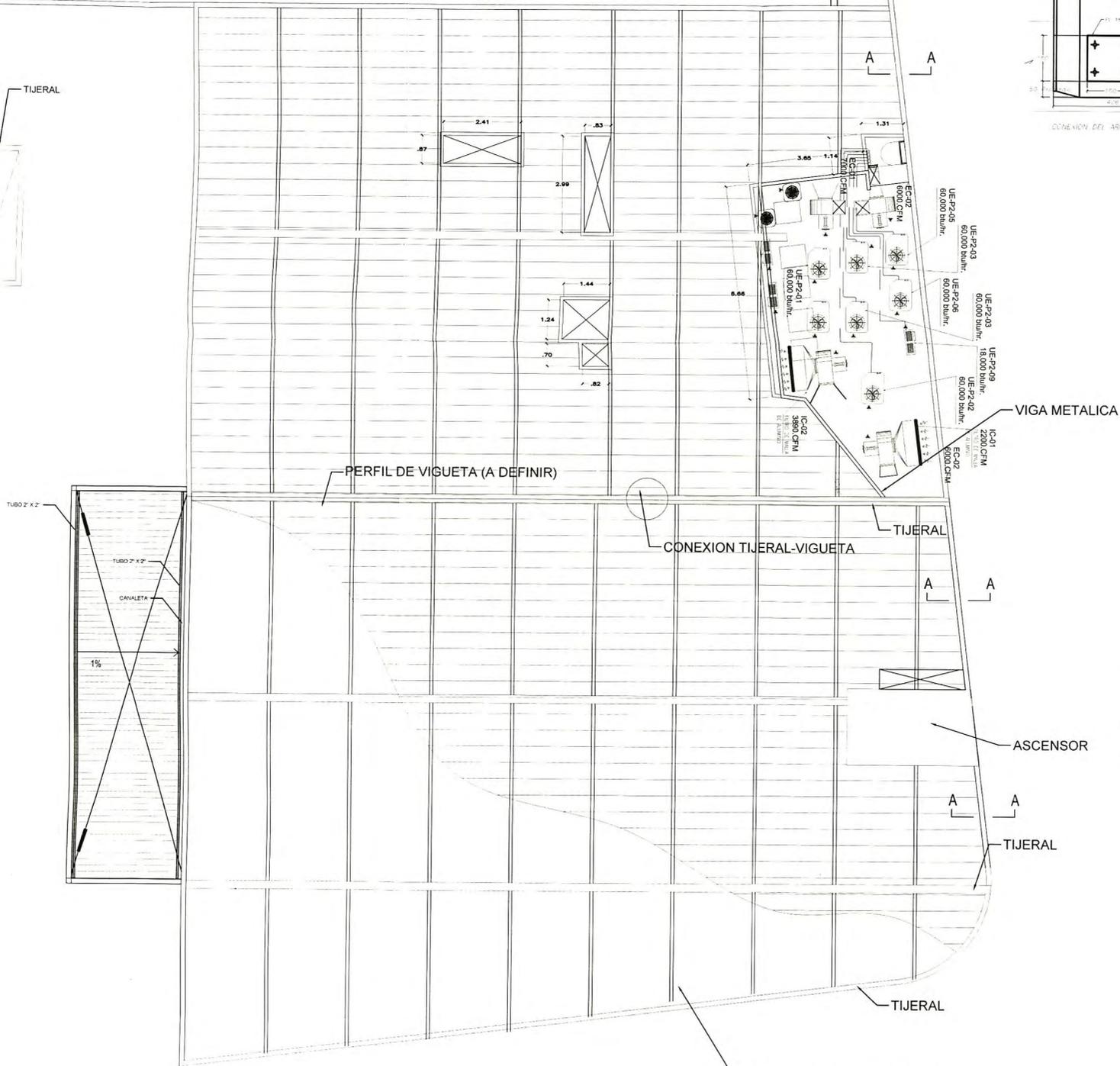


SECCION DE LA COBERTURA AUTOPORTANTE

SISTEMA DE FIJACION DE LUMINARIAS



CORTE A - A



ESPECIFICACIONES TECHO MEMBRANA	ESPECIFICACIONES TECHO MEMBRANA
ACERO ZINCO-ALUM. CALIDAD ESTRUCTURAL GRADO 40 NORMA ASTM A-792, CADA A2-50 ESPESOR = 0.80 mm. S. PRELARGA = 30 kg/m ² NORMA E-100 PESO PROPIO DEL TECHO MEMBRANA = 7.20 kg/m ² VELOCIDAD DEL VIENTO = 75 KM/H	ACERO ZINCO-ALUM. CALIDAD ESTRUCTURAL GRADO 37 NORMA ASTM A-792, CADA A2-50 ESPESOR = 0.80 mm. S. PRELARGA = 30 kg/m ² NORMA E-100 PESO PROPIO DEL TECHO MEMBRANA = 9.6 kg/m ² VELOCIDAD DEL VIENTO = 75 KM/H

PROPIETARIO:			
OBRA: TIENDA COMERCIAL LEXUS AUTOMOTRIZ			
PLANO: TECHO AUTOSOPORTADO - TIENDA COMERCIAL			
DISEÑO:	DIBUJO:	ESCALA:	FECHA:
		INDICADAS	ENERO 2012
			P-04