



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE UN
CONTENEDOR METALICO DE GRANDES
DIMENSIONES PARA ALOJAR EQUIPOS DE
CONTROL DE MOTORES EN MEDIA
TENSION**

T E S I S

**Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL**

PRESENTA

José Jorge Ruiz de Chávez March

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marcos Trejo Hernández



Ciudad Universitaria, CD. MX., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN	3
II	ANTECEDENTES	4
III	ANTEPROYECTO	11
IV	PROYECTO ESTRUCTURAL	18
V	PLAN Y PROGRAMA DE TRABAJO	30
VI	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	35
VII	CONCLUSIONES	47

I INTRODUCCIÓN

En el primer trimestre del año 2009, nuestra empresa fue contactada vía internet para investigar la posibilidad de establecer una relación contractual para diseñar y construir un contenedor metálico de grandes dimensiones y además que este fuera de una sola pieza. Esta caseta o “*shelter*” se utilizaría para alojar equipos de ahorro de energía como parte integral de un sistema de control de bombeo de los ductos de combustible que conectan la refinería de Cadereyta, Nuevo León con la Ciudad de Monterrey.


Lo que expondremos en páginas siguientes constituye una muy grata, a la vez angustiosa experiencia en lo que toca a diseño de estructuras de acero, construcción bajo limitaciones importantes de tiempo, y la elaboración de otras ingenierías no menos importantes como paneles para muros, techo, aire acondicionado, instalación eléctrica en baja tensión (hasta 480V), etc.

En este trabajo pusimos a prueba nuestra capacidad de análisis y resolución de problemas sobre la marcha, literalmente resolviendo con lo que teníamos a mano. En las páginas siguientes dividimos en subapartados de contenido los hechos que antecedieron el trabajo, un proceso de diseño lleno de contratiempos y sobre todo, con múltiples requerimientos técnicos que impactaban no solo el costo, sino también los suministros y por tanto, el tiempo de construcción.

Y así como hubo que resolver temas de desempeño estructural, hubo que calcular varias veces la carga térmica que debía batirse al interior de la caseta con la consecuente selección de equipos y proyectar una plataforma para instalar y mantener los aires acondicionados. La instalación eléctrica fue sencilla, porque el cliente retiró la instalación de tableros para el servicio en 480V del acuerdo comercial.

II ANTECEDENTES

A continuación presentamos la especificación original sobre la cual se realizaron numerosas adecuaciones a efecto de asegurar cumplimiento de las normas técnicas de construcción de PEMEX, a decir de nuestro cliente. Un punto crucial en la especificación final fue que el contenedor prefabricado debería ser capaz de ser izado con una o dos grúas y con equipos montados y fijados al interior del mismo. En color azul presentamos nuestros comentarios acerca de la aplicabilidad de ciertos requerimientos de norma que sirvió de base contractual.

A	Versión para Compra	27-01-09	MJ	MJ	JL	JL
Rev.	Descripción	Fecha	Proyectó	Ejecutó	Revisó	Aprobó
× Lista de Revisiones ×						
		Sistema Integral de Control de Bombeo y Ahorro de Energía PEMEX Refinación				
		Especificación Técnica Sala Eléctrica Prefabricada				
Documento: 9207-ET-0000X				Revisión: A	Página 1 de 6	
Ref: 9207-ET-0000X_A.doc Rev. A Ene 2009						

1 SALA ELÉCTRICA PREFABRICADA

Todos los inversores variadores de frecuencia y los desconectores que interconectan los inversores variadores de frecuencia con los motores eléctricos deben de ir instalados en sala eléctrica prefabricada. **Un inversor variador de frecuencia es un equipo electrónico que se utiliza para control de motores. La sala eléctrica prefabricada habría de diseñarse para alojamiento de equipo de fuerza, transformadores y control en media tensión.**

2 Especificaciones generales

La presente especificación técnica general, pretende cubrir, el diseño, modulación, fabricación para el suministro de una sala eléctrica prefabricada metálica, para instalación en intemperie, bajo las condiciones ambientales y operacionales que se indican en la misma. **La sala eléctrica será construida de manera de contener todo el equipamiento eléctrico (variadores, Bypass y desconectores), basándose en estas especificaciones técnica y condiciones ambientales. Aquí no se especifica claramente que la Sala Eléctrica podría viajar con equipos al interior de la misma. Como vimos claramente que esto podría ocurrir, aseguramos un diseño estructural que cumpliera este requisito.**

3 Normas y condiciones especiales de diseño

Las salas eléctricas prefabricadas en sí y todos los equipamientos eléctricos utilizados en sus sistemas para protección, control y supervisión, estarán contruidos de acuerdo a las normas vigentes de ANSI, NEMA, IEC, ASTM, IEEE, ISA Y NOM. Las salas eléctricas prefabricadas de construcción metálica, incluidos todos sus accesorios y elementos de armado electromecánico, deberán poder ser instaladas a la intemperie, bajo las siguientes condiciones físicas y ambientales:

- Altura de montaje sobre nivel del mar 100 m
- Altura de montaje máximo sobre nivel del mar 3,000 m
- Temperatura mínima permitida del ambiente interior + 5 °C
- Temperatura promedio máxima del ambiente interior + 20 °C
- Temperatura máxima del ambiente interior + 30 °C
- Temperatura mínima del ambiente exterior 0 °C
- Variación máxima de temperatura diaria + 20 °C
- Temperatura máxima del ambiente exterior + 50 °C
- Temperatura máxima de cálculo + 35 °C
- Humedad relativa mínima del aire 20 %
- Humedad relativa promedio del aire 60 %
- Humedad relativa máxima del aire sin condensar 99 %
- Presión barométrica máxima 93 KPA
- Presión barométrica mínima 91 KPA
- **Sobrecarga de viento 100 Km /hora. (En este punto, la caseta no cumpliría con la norma de viento CFE, toda vez que la refinería de Cadereyta, NL es Zona 1). Conviene hacer notar que, en condiciones estáticas, la carga por viento resulto superior en esfuerzos a las cargas horizontales que se dan en un sismo.**
- Precipitación de lluvia (promedio anual) 40 mm/año
- Ambiente: con polvo fino en suspensión en alta concentración.

4 Sistema constructivo

4.1 Base

La base deberá ser una parrilla formada por perfiles laminados y plegados, en la cual la **retícula tendrá una medida máxima de 600 x 600 mm.** El perímetro de la base se deberá construir con perfil laminado normal UPN, las vigas interiores se deberán construir con perfiles u de chapa doblada de dimensiones adecuadas para asegurar que la base soporte una carga pareja de 1,000 Kg/m², apoyada sobre pilotes, cada cuatro metros, sin deformarse. **En ningún caso se permitirá el uso de ductos estructurales rectangulares o cuadrados. Queremos hacer notar aquí algunas diferencias en el lenguaje utilizado, por ejemplo, en Sudamérica, específicamente Argentina, un perfil UPN es similar a un perfil tipo canal de**

estándar americano.

Todos los perfiles de la base se deberán soldar entre si con soldadura tipo MIG o de arco sumergido. El piso de estas salas prefabricadas eléctricas ó de control, será construido en **chapa de acero lisas de 3/16" de espesor**. Las placas de piso serán soldadas a las estructuras metálicas de la base de las salas, y la terminación será con pintura Epoxi poliuretano antideslizante. Las estructuras de base incluirán las placas de montaje y elementos necesarios para el anclaje de la sala sobre pilotes de concreto y los accesorios para izaje y transporte. **El termino "chapa de acero" en México no se utiliza. A este elemento se le denomina placa de lamina negra. La plataforma base utilizo soldadura tipo 7018 y superior, tal cual lo recomienda la Norma de PEMEX para Estructuras de Acero.**

Bajo la modulación de piso, en las posiciones determinadas en la ingeniería de detalles, se deberán disponer perfiles de acero que permitan un fácil y firme anclaje de los equipos eléctricos interiores, además de efectuar los agujeros necesarios para el acceso de conductores a los equipos, estos agujeros serán provistos de tapas metálicas ciegas, con sello de goma neopreno en su perímetro.

Las estructuras principales de las salas eléctricas prefabricadas, estarán diseñadas para soportar sin daños ó deformaciones plásticas, los esfuerzos mecánicos provocados por transporte, movimientos sísmicos y su montaje en obra. Las estructuras deberán soportan una sobrecarga de viento de 100 Km/h y los **techos una sobrecarga de nieve de 150 Kg/m²**. **En este sentido, presentamos en el anexo correspondiente la memoria de calculo simplificada y mi análisis de esfuerzos en la plataforma base en caso de que la sala fuera transportada con equipos al interior.**

4.2 Paredes exteriores

Las cubiertas laterales exteriores de las salas serán fabricadas en chapa de acero plegado con dobleces de 1.6 mm de espesor mínimo, formando paneles de alta resistencia mecánica. Las planchas de las paredes laterales exteriores, deberán ser sometidas a un tratamiento de prepintado, previo a su formado e instalación, de forma de evitar corrosión durante el período de fabricación y armado de las salas eléctricas, especialmente en puntos de difícil acceso. **La Sala fue construida con lamina calibre 20 al interior y al exterior, lo cual cumplía con el espesor. La rigidez del muro se completaba con los dobleces.**

Los paneles de pared, serán fijados a las estructuras de pared techo y piso correspondientes mediante tornillos autorroscantes de $\varnothing \frac{1}{4}$ ". No se aceptarán remaches de aluminio. Todas las juntas entre paneles de pared, cielorraso o techo se sellaran en toda su extensión con cordones de silicona de poliuretano.

4.3 Techo

El techo estará formado por un cielorraso interior metálico, una capa de **poliuretano expandido de 50 mm** de espesor mínimo, una cámara de aire de 200 mm de espesor en su parte más alta, y un sobretecho o cubierta de techo superior. **El poliuretano expandido esta prohibido por la norma de PEMEX, así que este apartado fue negociado igualmente. Al final, se suministro paneles de muro y de techo aislados con lana mineral de roca de 45 kg/m³.**

Las cubiertas superiores de techo exterior, serán fabricadas en planchas de acero de 1.2 mm de espesor, respectivamente, en paneles modulares del tipo preformados y traslapados entre sí, con pliegues de una alta resistencia mecánica y un perfecto sello, lo cual permitirá obtener un buen sellado al polvo ambiental, además de un mejor escurrimiento de aguas e impedir la acumulación de nieve excesiva sobre su cubierta de techo.

Los paneles de sobretecho serán fijados a las estructuras correspondientes mediante tornillos autorroscantes de $\varnothing \frac{1}{4}$ ". Todas las juntas entre paneles de techo se sellarán en toda su extensión con cordones de silicona de poliuretano.

4.4 Interior

Las paredes interiores y el cielorraso de las salas eléctricas, se construirán con chapa de acero de 1.0 mm de espesor mínimo, y su terminación será con pintura epoxy color blanca. Ocupando todo el ancho del cielorraso se colocaran perfiles galvanizados tipo c los cuales serán utilizados para sujetar bandejas de cables y conduits. Estos deberán estar separados entre si a una distancia máxima de 1 m. Como aislamiento térmico y acústica en las paredes y en el techo, **se usará un**

relleno de poliuretano expandido de 60 mm de espesor mínimo, con una densidad promedio de 40 Kg. /m³. El término **cielloraso** se le conoce en México simplemente como **plafón**.

4.5 Puertas

Se deberá contemplar la utilización de puertas dobles a la entrada para garantizar la presurización del cuarto de eléctrico. Las puertas serán del tipo simple hoja, con dimensiones estándar máximas 2,50 m de altura y 0,90 m de ancho, serán fabricadas en los mismos materiales, paneles y componentes que las paredes laterales, dotada la puerta exterior de cerradura con llave tipo Yale reforzada y bisagras soldadas de amplio radio de giro (para 150° hasta 175° mínimo), las que permitirán desmontar las puertas.

Las hojas de puerta de acceso principal estarán dotadas con cerraduras del tipo emergencia (antipánico) con barra de accionamiento interior, de disposición horizontal. **Las puertas las resolvimos de acuerdo al diseño final y las mandamos a fabricar con un tercero especializado y homologado por PEMEX en el tema (Puertas de seguridad Doorlock® de Monterrey.)**

5 Tratamientos y Esquema de pinturas.

5.1 Perfiles Laminados

5.1.1 Procedimiento de preparación de metales

Los perfiles laminados metálicos serán decapados y desengrasados, **mediante el proceso de arenado**, proceso que deja a la superficie del perfil lista para la aplicación de la base antióxido. **El proceso de arenado se le conoce en México como Sanblasteo.**

5.1.2 Proceso de pintura

Una vez arenados los perfiles se realizará el siguiente proceso:

Se aplicará 1 mano de pintura anticorrosiva epóxica con una concentración de sólidos por volumen del 75% tipo low voc, sher tile primer color rojo oxido de Sherwin Williams o similar. Quedando con un espesor de primer de 1 mils seco (25 micrones). En esta etapa se aplicará el procedimiento de Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test (test method a-coss cut tape test) norma ASTM D 3359, debiendo cumplir con la escala 5a.

Una vez armadas las estructuras con estos perfiles los cuales tienen una primera mano de base, se limpian y lijan todas las soldaduras y se aplican 2 manos más de pintura anticorrosiva epóxica low voc, hasta llegar a un espesor de 3 mils seco (aproximadamente 75 micrones).

5.2 Paneles y piezas de chapa laminadas en frío

5.2.1 Procedimiento de preparación de metales

Los paneles y piezas metálicas conformadas de chapa de acero laminado en frío serán sometidos a un proceso de desengrasado y fosfatizado por inmersión. Este procedimiento deberá dejar la pieza sin óxido, sin grasas y con una capa de fosfato de zinc, la cual deja una superficie de anclaje para la pintura anticorrosiva. No se permitirá bajo ningún concepto que el procedimiento de limpieza se realice por medio de un trapeado de las piezas.

5.2.2 Proceso de pintura

Una vez desengrasadas las piezas se realizará el siguiente proceso: Se aplicará 1 mano de pintura anticorrosiva epóxica con una concentración de sólidos por volumen del 75% tipo low voc, sher tile primer color rojo oxido de Sherwin Williams. Quedando con un espesor de primer de 1 mils seco (25 micrones). En esta etapa se aplicará el procedimiento de Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test (test method a-coss cut tape test) norma ASTM D 3359, debiendo cumplir con la escala 5a. Una vez armada la sala con estas piezas los cuales tienen una primera mano de base, se limpiarán

y lijarse todas las soldaduras y se aplicarán 2 manos más de pintura anticorrosiva epoxica low voc, hasta llegar a un espesor de 3 mils seco (aproximadamente 75 micrones). La pintura de terminación se aplicará cuando la estructura está lista, es decir, cuando no se realicen más cortes y soldaduras, antes de aplicar la pintura de terminación, se revisará completamente toda la sala, para limpiar y aplicar nuevamente pintura anticorrosiva donde se necesite. También en ésta etapa se aplicará el sellador de poliuretano en las uniones de estructura. La pintura de terminación, consiste en 2 manos de pintura esmalte epóxico poliamida, tipo sumadur 198 ii de Sherwin Williams, o similar espesor del esmalte 2 mils seco (50 micrones). PEMEX Refinación definirá el color a ser utilizado. El sistema total de pintura corresponde a un espesor de 5 mils seco, es decir, (125 micrones). Sobre la base de la sala se aplicará una mano de pintura bituminosa para chasis color negro. [La lamina Pintro® cumple y excede la especificación de la pintura, al ser galvanizada y pintada por aplicación electrostática.](#)

6 Descripción equipo auxiliar de salas eléctricas

Se describe a continuación el equipo auxiliar que deberá estar incluido en las salas eléctricas:

6.1 Iluminación normal y de emergencia

En el interior de la sala eléctrica serán usadas luminarias fluorescentes. Este conjunto de luminarias proveerá un nivel de iluminación de **300 lux a 1 m sobre nivel de piso**. La iluminación del interior se efectúa mediante interruptores, ubicados junto a puertas de acceso.

La instalación de iluminación interior de las salas eléctricas, deberá incluir además un equipo de iluminación de emergencia autónomo permanente, operado por baterías de 12 V, el cual deberá ser instalado en uno de las luminarias que conforman la iluminación normal.

La instalación interior de servicios auxiliares, contemplará además la instalación de un tomacorriente monofásico de 110 volts, de 2 polos + tierra de protección.

Para la iluminación exterior de los accesos principales a las salas eléctricas prefabricadas, se instalará un equipo de iluminación apto para intemperie de potencia nominal 100 W, tipo hermética, con refractor de vidrio templado, con lámpara de 11 W.

Estas luminarias de iluminación exterior serán montadas a un costado de puertas de acceso a las salas, para iluminación de ubicación general de plataformas y escaleras de acceso a salas prefabricadas. Las luminarias exteriores serán comandadas por una (1) fotocélula. Los sistemas indicados de iluminaciones interior y exterior y tomas de mantenimiento, serán alimentados desde el tablero de distribución de fuerza, iluminación y control, el cual se detalla mas adelante.

6.2 Montaje de equipos y canalizaciones

Montaje electromecánico de equipamientos eléctricos. Canalizaciones de interconexión entre equipos eléctricos interiores.

Las instalaciones eléctricas interiores, de interconexión de equipos y exteriores de las salas eléctricas, serán ejecutadas utilizando bandejas porta conductores y ductos de acero galvanizado, de los diámetros adecuados a las secciones y al número de conductores. Las cajas de derivación usadas, serán del tipo conduit de aluminio fundido y las cajas para los equipos eléctricos (tomacorrientes, interruptores, etc.) serán de aluminio fundido aptas para alojar tres módulos de llaves unipolares. Todos los conductores utilizados serán del tipo VN, de sección mínima 1.5 mm², y para temperatura máxima de 90°C y voltaje máximo de operación 600 VAC. [Esta sección fue eliminada del contrato, puesto que los equipos eléctricos a los cuales servirían estos apartados eran justamente, parte del objeto contractual del cliente.](#)

6.3 Tablero de servicios auxiliares baja tensión 440 / 220 volts

Tablero distribución de corriente alterna, capacidad **nominal máxima 100 A**, corriente de cortocircuito máxima estimada 10 KA, capacidad de ruptura 10 KA y frecuencia nominal 60 Hertz. El panel de baja tensión se diseñara para instalación interior, con índice de protección standard NEMA 1 / IP 41, para el control y protección de los servicios auxiliares de la sala eléctrica prefabricada. Este panel será de diseño tipo sobrepuesto a muro, y estará compuesto como mínimo por los siguientes

elementos:

- 1 Interruptor general automático termo magnético, de in = 3 x 1000A, con comando manual.
- 1 Juego de barras de cu, 600 V, 150 A, ICC=10 KA.
- 1 Barras de neutro y tierra de 100 A, ICC=10 KA.
- 1 Interruptor automático termo magnético, de 3 polos, de in = 32 A, de 10 KA de capacidad de ruptura.
- 5 Interruptores automáticos termo magnéticos, 2 polos, de in = 16 A, de 10 KA de capacidad de ruptura.
- 1 Contactor magnético directo de 3 polos, corriente nominal 9 A, bobina de operación 110 V, frecuencia 60 Hz.
- 1 Interruptor diferencial de corriente, de 4 polos, corriente nominal 40 A y sensibilidad del disparo diferencial 30 mA trip
- 1 Interruptor diferencial de corriente, de 2 polos, corriente nominal 25 A y sensibilidad del disparo diferencial 30 mA trip
- 1 Placa de identificación del tablero con el tag number del equipo y una descripción funcional, en acrílico 2.5 mm
- 12 Placas de identificación de los componentes del tablero con listado de circuitos y elementos principales, en acrílico de 2.5 mm

6.4 Sistema de aire acondicionado

Sistema de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire. Series wall-mounted. Aquí se muestra un desconocimiento muy importante de las capacidades estándar de equipos tipo mochila o "wall-mounted". Este apartado fue renegociado, a partir del suministro de 1 equipo York® tipo paquete de 25 TR. Conviene mencionar que Marvair o Liebert pueden suministrar mochilas hasta 5 TR.

Los equipos de aire acondicionado que se instalarán serán seleccionados de acuerdo a las memorias de cálculo individuales para cada sala de control prefabricada, las que están basadas en las temperaturas equivalentes para techo, paredes y el piso del edificio metálico, para los efectos combinados de radiación, de convección y conducción térmica, además de la ganancia interna producida por el calor disipado por los equipos instalados al interior de las salas ó eventualmente por el personal de operación.

Para el caso particular de estas salas prefabricadas se deberá proveer los equipos necesarios de aire acondicionado frío calor del tipo mochila " wall mounted" de capacidad frigorífica adecuada y considerando un 100 % de capacidad de stand by. También se agregará detección de humo en cuarto de Drives Eléctricos así como sistema de extinción adecuado. Los equipos considerados deberán ser de características tipo industriales, de control termostático, de diseño tipo heavy duty, para montaje vertical sobre una de las paredes de los costados cortos de las salas. es muy importante que el sistema de aire acondicionado recircule el aire interno de la sala para no tomar aire del exterior que puede afectar la contaminación de la sala eléctrica con gases del medio ambiente de una Refinería que puede afectar al equipo eléctrico. Esta es una razón más del uso de doble puerta. La SEP deberá contar con una escalera exterior para el mantenimiento de los equipos de aire acondicionado. Se deberá considerar la instalación y certificación de Sistema de Tierras Eléctricas para nueva instalación eléctrica. **La tierra física no corresponde a las propias capacidades de la sala o de la instalación eléctrica que tenga. Dependen de la tierra del sitio (Refinería de Cadereyta), por tanto, ese apartado quedo fuera del contrato.**

7 Pesos y Medidas de Equipos

En este punto se detallan los equipos que se instalaran en el interior de la sala eléctrica. Cabe mencionar que la instalación de los mismos no forma parte de la presente Especificación Técnica y contrato. El proveedor solo debe dejar la instalación necesaria para que los mismos sean suministrados e instalados por otros.

Cantidad	Equipo	Medidas (wxdxh mm)	Peso (Kg)
3	Gabinete de cuchillas desconectadotas (knife cabinet)	1524x762x1828	800
1	Gabinete de control (CPC)	800x800x2268	400
1	Transformador (Transf. Cabinet)	813x1041x762	477
3	Drive MV (37.5KW)	3860x2634x1102	5500

--- FIN DE LA ESPECIFICACION ORIGINAL ---

Una vez conocidos los requerimientos base para diseño, nos hicimos a la tarea de generar algunos bosquejos de solución, comenzando por el tamaño del contenedor y sobre la base que este viajaría vacío en

virtud de la altura de planta (4.00 m), que sumado a los 0.60 - 1.00 m de altura mínimo de una plataforma tipo *low-boy*, estaríamos transportando un contenedor cuya altura total desde el arroyo de calle hasta su punto mas alto estaba en los 5.00 m, **misma que sobrepasa la altura de los puentes peatonales de la Ciudad de Monterrey.**

Evaluamos diversas alternativas constructivas, sin enfocarnos de lleno a la parte medular del diseño, que fundamentalmente estamos hablando de una súper estructura de acero, revestida con muros de lámina galvanizada y pintada.

III ANTEPROYECTO

Cabe mencionar que este contenedor, por su complejidad técnica, más específicamente por las restricciones y otras condiciones del entorno al que estaría sujeto al interior de una Refinería, planteamos en principio su suministro y transporte vacío, es decir, solo peso propio. En la especificación técnica contractual, nuestra empresa no estaba obligada a diseñar un contenedor para ser trasladado con equipos fijados a la plataforma base, pero el contrato y sus tiempos seguían su curso, así que cumpliríamos con ese requerimiento de todas maneras.

A continuación presentamos el anteproyecto que bosquejamos con un maquilador de **chillers** (máquinas de aire acondicionado que usan agua helada) y manejadoras de aire acondicionado que continuamente desarrolla contenedores ligeros para el alojamiento de dichos equipos.

Aquí la “Propuesta de Diseño” del maquilador de casetas ligeras ya mencionado (resaltamos nuestros comentarios en azul):

11 de marzo de 2009

SOLUCION TÉCNICA Shelter Modelo S150 - Busimex®

Garantía: 12 meses en operación o 18 meses después de embarque.

Alcance:

Con base a la Especificación Técnica **Sala Eléctrica Prefabricada** (en adelante **SEP**) 9207-ET-00001 Rev A y Minuta de Junta de aclaraciones del 27 de febrero de 2009 detallamos a continuación el alcance:

El diseño y cálculo estructural de la SEP fue realizado enteramente por el método de elemento finito. La utilería de software empleada para este propósito se denomina *SolidWorks* (para referencia visitar el sitio web <http://www.solidworks.com>). Este software es un sistema de diseño 3D de última tecnología. El diseño de la SEP que describimos más adelante asegura el desempeño estructural de la misma con un arreglo de materiales óptimo.

La construcción del gabinete de la SEP cumplirá con los siguientes estándares y/o rangos de desempeño:

- El nivel de fuga de aire permisible no será mayor a 1.90 litros por segundo por metro cuadrado de superficie a una presión interna positiva de 700 Pa Clase L3 con base en EN 1886:2007.
- La deflexión de los paneles no deberá exceder $L/240$ (L, Largo del panel en pulgadas) al 125% de la presión interna máxima permisible, máxima 6 InW en presión estática negativa y 5 InW en presión estática positiva.
- El puente térmico del gabinete será Clase TB3 con base en EN 1886:2007.

Dimensiones totales de la SEP sin considerar elementos de izaje ni anclaje:

4054mm de ancho x 14000 mm de largo x 3800 mm (**Desviación: la altura libre interior sería 4.00**) de alto incluyendo la altura de base. +/-25 mm; con un peso aproximado de 11 Toneladas.

Base:

Será construida en perfiles combinados de IPR 10" e IPR 6" de acero al carbón con una retícula de 1000 mm x 1200 mm para ser apoyada en toda la superficie inferior de los patines del perfil estructural. La cimentación, dados, losa o plataforma donde asentará esta SEP será suministrada por otros. **Primera desviación de la norma contractual, la retícula debería ser no mayor de 60x60 cm.**

La base llevará en su parte superior una placa lisa de 3/16" que servirá de piso a la sala, que irá soldada por puntos a la base de IPR y que en conjunto con la estructura soportará una carga uniformemente repartida de 1000 kg/m² según se especifica. El color del piso de la sala será gris.

La placa tendrá un acabado epoxy polieuretano antideslizante al color deseado por el cliente. La base incluirá arreglo de placa para anclaje y orejas para izaje.

Se cortarán con proceso de plasma los agujeros que fueran necesarios para el acceso de los cables conductores teniendo dichos agujeros tapas con sellos de goma de neopreno. Con fecha de hoy se recibieron los planos del layout de las acometidas de los drives.

La estructura del SEP soportará sin presentar deformaciones plásticas, los esfuerzos mecánicos por las maniobras de carga, traslado y descarga del mismo, por una sobre carga por 100 km/hr y por una sobre carga por nieve de 150 kg/m² y 16,500 kg de equipo estático del cliente y 1,800 kg de los paquetes para aire acondicionado. No se consideran cargas sísmicas al carecer de los detalles de los pilotes de cimentación. **En este momento no se tenía la certeza de transformadores de media tensión alojados al interior, por lo que 16.5 ton de equipamiento resultaban razonables.**

Para la aplicación de pintura de la estructura, la base será *sanblastead* en acabado comercial y se le aplicará una mano de pintura anticorrosiva epóxica color rojo con 1 mils DFT. y como acabado 2 manos de pintura anticorrosiva epóxica hasta un espesor de 3 mils DFT.

El armazón de soporte de los paneles estará hecho de perfil de aluminio según la especificación EN-AW6060.

La sala prefabricada estará desarrollada en una sola sección para transporte. Los paquetes para aire acondicionado tendrán que ser montados en campo por razones obvias de sobre dimensiones para transporte (la altura actual es aprox. 3.90 m).

Paneles de cielo raso, techo y laterales

Las paredes, cielorraso y techo estarán conformados por el armazón de aluminio de 2" nominal y paneles de lámina lisa que en el exterior e interior serán de calibre 20 prepintada en blanco calidad IMSA con duración de 800-1000 hr en cámara salina según ASTM B117-97.

Entre las láminas será inyectado poliuretano expandido con una densidad de 50 kg/m³. El espesor total de dichos paneles será de 43 mm. Todos los paneles serán fijados por medio de pijas autoroscantes de 1/4" de diámetro con acabado galvanizado.

Las uniones panel-estructura y panel-armazón serán rellenadas con sellador de uretano, tipo 3M modelo 560 gray ó similar.

Las paredes de panel serán reforzadas internamente con canales de 4" soldados al piso de la base con un paso máximo de 3m cerrando la estructura por arriba del cielorraso. Estos refuerzos pueden ser utilizados para soporte de canaletas y/o montaje de tubería eléctrica que pudieran requerir los racks. Los circuitos derivados de tableros auxiliares irán por tubería metálica sobrepuesta de acuerdo al calibre de los conductores.

Techo y Cielorraso

La SEP contará con un cielorraso y techo de panel con las características descritas más arriba. Con una cámara de aire de 200 mm de altura exterior. Pudiendo utilizar el espacio de esta cámara para instalar refuerzo estructural del SEP y como ducto de inyección del aire acondicionado.

Puertas

Se considerarán dos accesos a la sala s/g planos y guía constructiva. Por un lado con dos puertas; una puerta de una hoja con acceso del exterior hacia la exclusiva y otra puerta de una hoja desde la exclusiva hacia el interior de la sala, ambas puertas de altura máxima de 2500 mm y de ancho 900 mm, también llevaran chapa Yale y bisagra corrida atornillada con un radio de giro de 170°. El otro acceso, puerta de acceso principal, será de hoja doble de 2900 mm de alto y 1000 mm de ancho cada hoja y estará dotada con cerradura del tipo emergencia (antipánico) con barra de accionamiento interior de disposición horizontal.

Tableros auxiliares

Se instalaran dos tableros eléctricos, el primero 220/127 trifásico con 12 posiciones. Este tablero dará servicio a 1 contacto, luminarias interiores y exteriores y equipos a 12V (alarma/sirena de incendio). **Carga total máxima: 2.6 kW (4.5 kVA).** Los circuitos derivados de este tablero llevaran calibre 12 AWG. **Cumple la norma contractual.**

El segundo tablero (440/220) será igualmente trifásico con interruptor principal. Este llevara la carga de los aires acondicionados (evidentemente en circuitos independientes), a efecto de poder controlar manualmente el encendido de los paquetes. Carga total estimada = 3 paquetes por 60 A de ampacidad máxima (46.1 A a plena carga) = 180 A @ 440V = **110 kW (137 kVA).** Con esta figura tendremos 3 paquetes con 3F+GND calibre 6 AWG s/g la NOM SEDE 2005. **Cumple la norma contractual.**

Es importante mencionar que no se cuenta con detalles del transformador que alimenta los tableros arriba descritos. El punto es que se desconoce si dicho transformador puede manejar ambos voltajes (p/f especificar si el transformador puede entregar igualmente 220/127V).

Tierra física

A efecto de colocar las masas metálicas del contenedor, se soldara cable cal. 1/0 AWG desnudo en cuatro puntos del perfil de la base. De esta manera se asegura la formación de un plano equipotencial al interior del contenedor. El cable desnudo llevara dos puntas: la primera se conectara al electrodo de puesta tierra, cuya corriente de línea nominal es 650 A. A este electrodo le será soldado un tramo de cable desnudo calibre 4/0 AWG a efecto de soldarlo a la malla de tierras del transformador que sirve a los drives. La otra punta se llevara a dos acopladores equipotenciales: El primero llevara Neutro y el segundo la tierra física. Si bien los acopladores llevan la conducción a tierra en paralelo, en el borne central se tiene una impedancia que evita regresos hacia la instalación. Finalmente, llevaremos neutro y tierra física SIN RETORNO a los dos tableros auxiliares, mismos que cuentan con barra de neutro y barra de tierras separados. Se incluye una barra de tierras (solera de cobre) como se indica en la especificación. **Cumple la norma contractual.**

Adicional a la conexión del electrodo de puesta a tierra a la malla de tierras del alimentador de los drives, se recomienda soldar al menos una punta de conductor de cobre desnudo a la varilla de acero del concreto reforzado de los dados de cimentación (ver NOM SEDE 2005 cap. 250). Al poner resistencias en paralelo, la resistencia total es el mínimo del mínimo.

Aire acondicionado

Se suministrarán 3 paquetes de Lennox™:

2 Unidades tipo paquete marca Lennox para 17.5 TR, solo frío, descarga hacia abajo, voltaje 440/3/60 HZ refrigerante R-22, compresores herméticos tipo scroll (ver consumos en apartado de tableros auxiliares). El tercer paquete se suministra para efectos de respaldo. Nuestra propuesta se basa en el siguiente considerando: se tienen tres drives dentro de la sala, cada uno de 37.5 kW. Con esta generación de calor ($3 \times 37.5 \text{ kW} = 112.5 \text{ kW}$), se necesitan 30 toneladas. A efecto de maximizar la eficiencia de los equipos (al no tener perdidas por aislamiento y sin recorridos por ducteria), usaremos el cielo raso para inyección y el retorno será prácticamente directo, pues la distancia entre el paquete y la rejilla correspondiente equivale al espesor del cielo raso y la altura de la base del paquete. Resumiendo, el contenedor tendrá 35 toneladas y 17.5 de respaldo. La posibilidad que fallen dos equipos de esta capacidad al mismo tiempo es por demás minima. Como mencionamos en el apartado de tableros auxiliares, cada paquete llevara un circuito independiente.

En el cielo raso serán instaladas las rejillas que rematan los ductos de inyección y retorno de aire. Se dejarán listos los ductos y base en el techo para que sean instalados los paquetes en campo. Las dos unidades en operación se montaran en el techo, s/g esquemas ya proporcionados. El paquete de respaldo será instalado a un lado de la SEP. Hemos incluido una escalera exterior para el mantenimiento de los equipos sin costo adicional. **No obstante que los paquetes de Lennox® cumplen con la norma contractual, estos eran considerados mas como equipo doméstico y no como equipos para servicio en la industria.**

--- FIN DE PROPUESTA DE MAQUILADOR DE CASETAS LIGERAS ---

Cabe mencionar que esta contrapropuesta fue aceptada en principio por nuestro cliente, en primer lugar porque el diseño de panel de muro resultaba muy conveniente en términos de mantenimiento y sustitución de requerirse, en el largo plazo. Es un diseño de panel de muro realmente modular. Podemos decir que había una gran ventaja competitiva de este fabricante por su diseño patentado de panel de muro y techo. Visualmente, estábamos hablando de una caseta de alto estándar en su arquitectura.

1º Diseño

A continuación reproducimos el borrador del primer diseño de caseta, de suyo ligera, para transportación y maniobra en condiciones de vacío (es decir, sin ningún equipo montado/fijado/soldado a la plataforma base estructural):

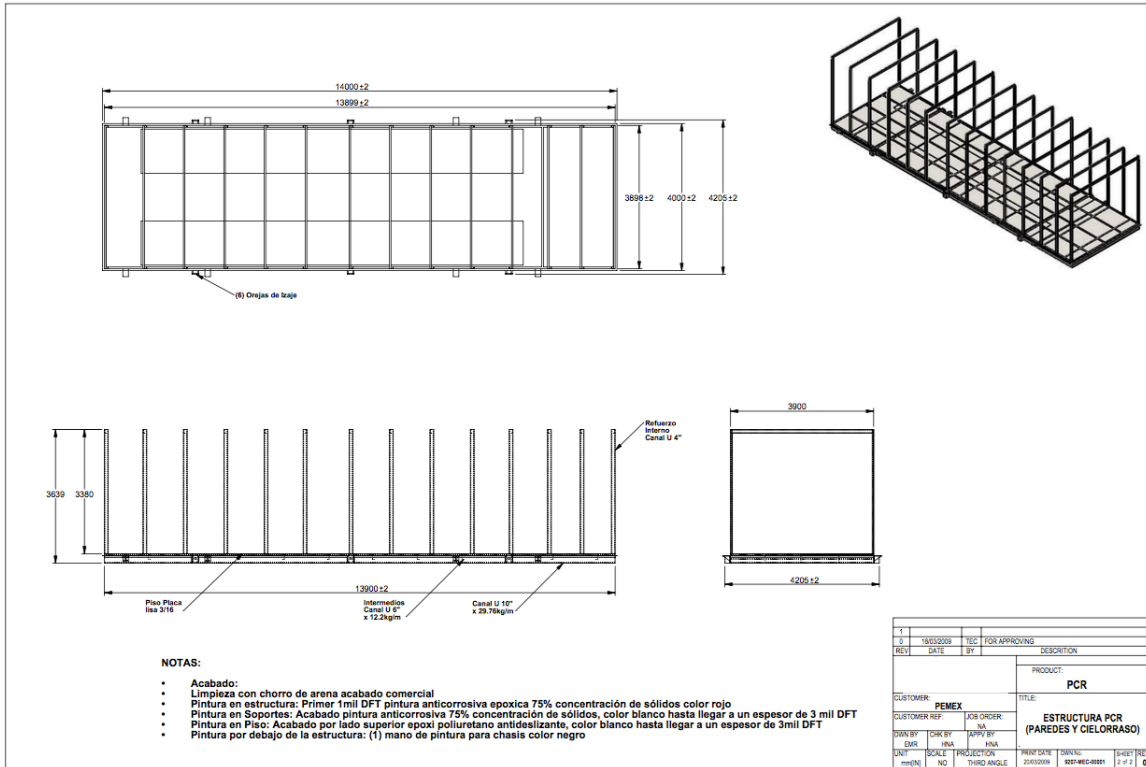


Fig. 1. Estructura preliminar de la Sala

Nótese la esbeltez, que aún cuando el panel de lámina trabaja, la caseta sufriría enormes deformaciones solo en el izaje, condiciones aun mas desfavorables durante el transporte. Los marcos eran a base de canal ligero de 4", en voladizo. Imaginar el desempeño durante un frenado súbito en la carretera. Que decir si llevara equipos montados al interior.

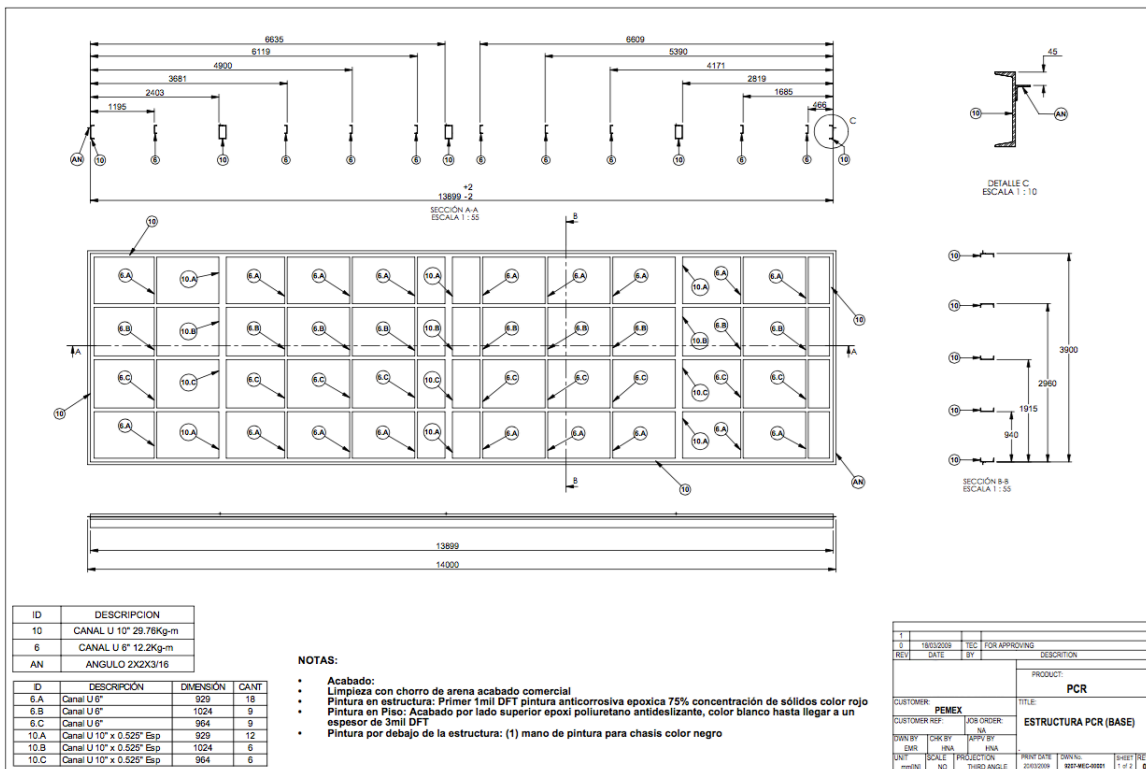


Fig. 2. Plataforma Base Estructural

Esta plataforma **incumplía** con la condición fundamental de proveer una retícula no mayor a 60x60 cm para anclaje de equipos y la colocación de placa 3/16" de piso. Durante el proceso de construcción, la plataforma presentó ligeras deformaciones en el manejo por sus dimensiones (peso propio), además de que, como puede apreciarse, la base no tiene suficiente inercia para absorber los esfuerzos y posible deformación por TORSION. De hecho, esta plataforma base estructural fue aprobada para construcción.

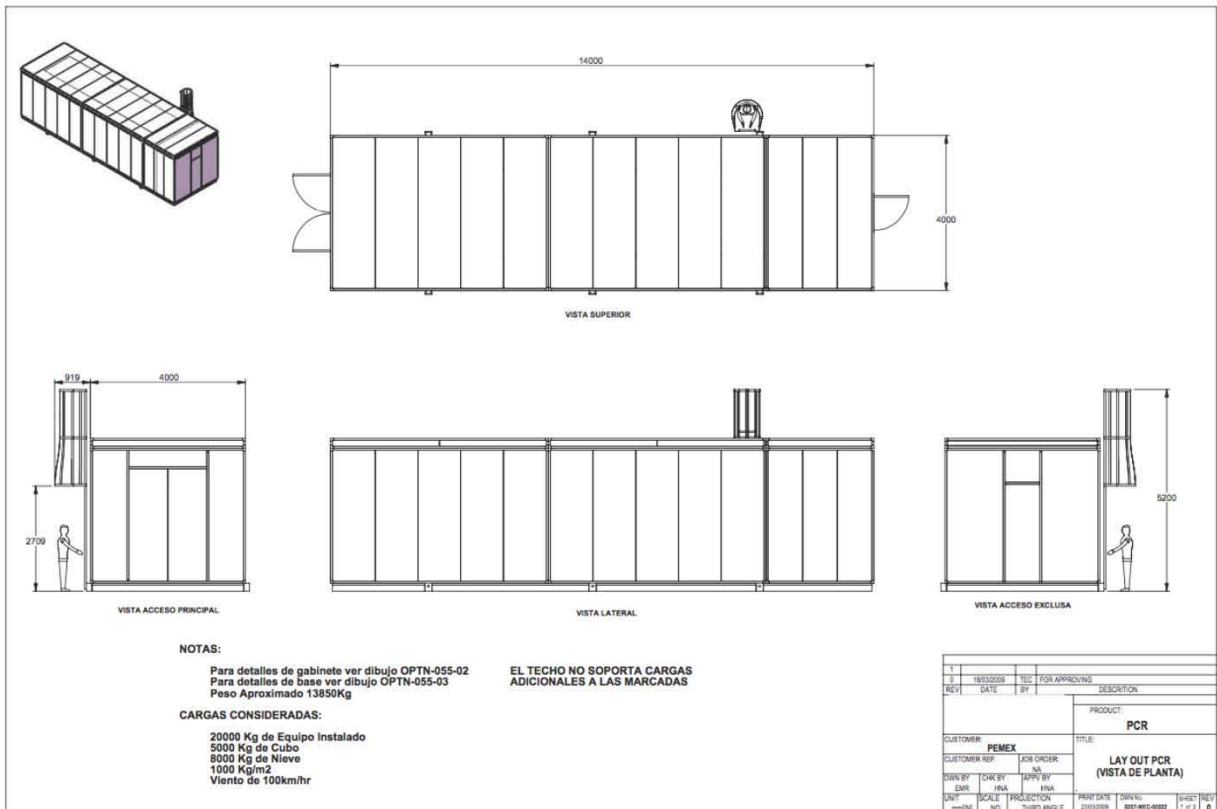


Fig. 3. Alzado

Esta lámina muestra un detalle de la arquitectura exterior de la caseta. Insistimos, el panel de muro y techo patentado de este maquilador representaba una tremenda ventaja competitiva. Hasta este momento seguíamos en una fase de ANTEPROYECTO.

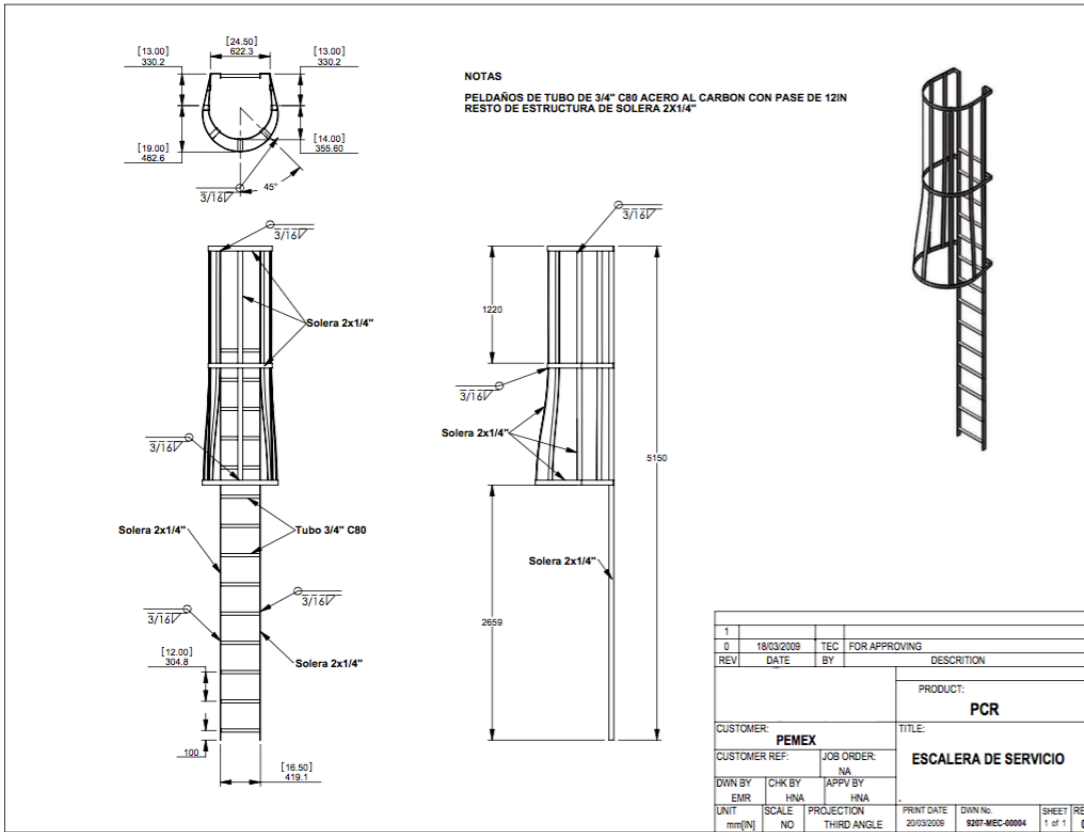


Fig. 4. Escalera Marina

Este diseño cumple con los lineamientos establecidos en la especificación.

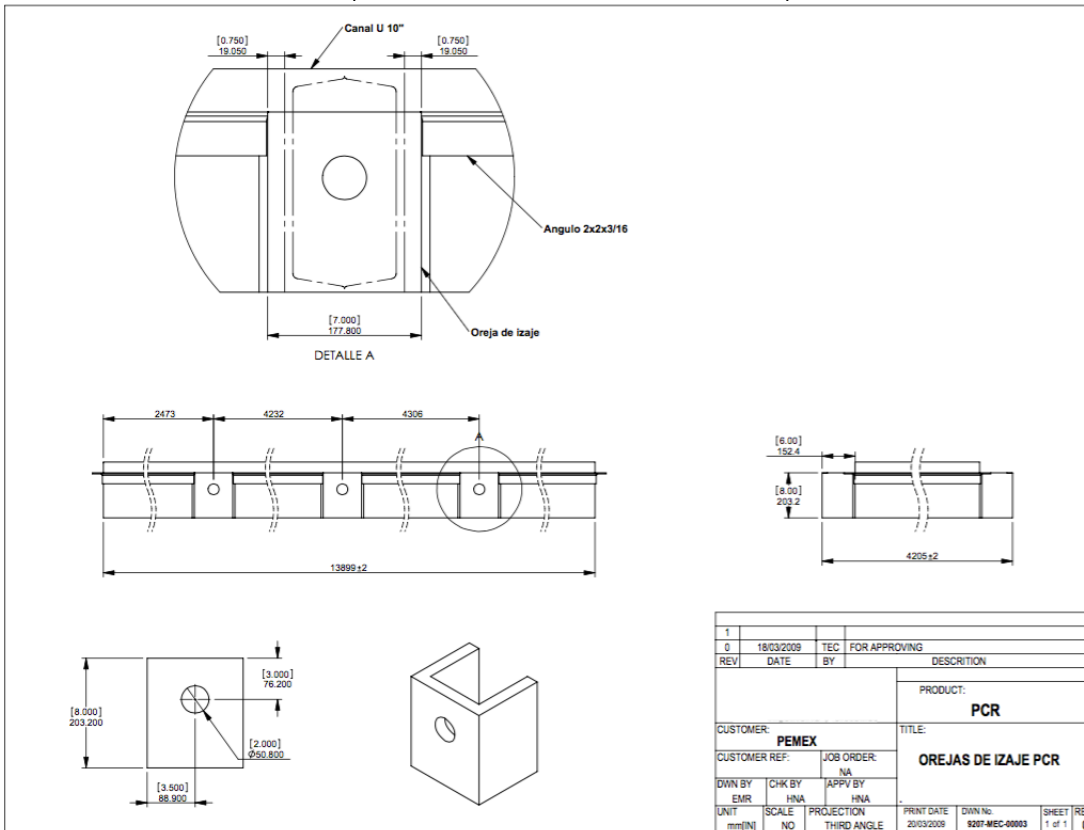


Fig. 5. Orejas de izaje – Sin bisel, simplemente soldadas al alma de la canal perimetral.

Construidas con placa de 1", quedarían soldadas al alma de la canal de 10" perimetral y en contra de los canales en caja que servirían de largueros. Aquí ya se veía que nos estábamos asegurando un desastre a la hora de la verdad: izaje de la caseta.

Ya habíamos comenzado la fabricación de la plataforma base cuando contactamos al Ing. Ricardo Gavira, calculista y DRO de la CDMX con este diseño preliminar y para encontrarnos a los pocos minutos con un panorama sumamente desfavorable en términos de desempeño estructural de todo el conjunto - caseta prefabricada de una pieza. **No pasaba flexión y momento ni para peso propio. No pasaba carga de nieve en el techo, no pasaba torsión, mucho menos desaceleración en caso de frenado súbito en el trailer durante su traslado.** En una palabra, debíamos prácticamente volver a empezar en términos de diseño no solo de la plataforma base estructural, sino también de la estructura que debería soportar izaje y traslado aun con equipos al interior. Conviene recalcar que para este momento, ya llevábamos unas tres semanas comprometidas vs. la fecha programada de entrega.

En el capítulo siguiente vamos a presentar dos diseños, mismos que asumen el uso de todo el material que hubiere sido suministrado ya sea como materia prima o como producto terminado o en proceso, toda vez que la plataforma base, orejas de izaje, marcos de muro, y otros elementos del **1º diseño** ya estaban fabricados con buena calidad.

El **2º diseño** se hizo a base de la configuración de una *estereoestructura* antitorsión y,

Un **3º diseño** o final, mismo que no solo cumplió la especificación tanto del cliente como del propio PEMEX, sino que la excedió, sin costo adicional. Estamos hablando, orgullosamente, de ingeniería pura.

IV PROYECTO ESTRUCTURAL

Como tratamos de explicar en páginas anteriores, el avance en la construcción de una caseta metálica de grandes dimensiones y de una sola pieza para alojar equipos de control de motores en media tensión estaba interrumpida por razones de un paupérrimo desempeño desde el punto de vista más importante: el estructural. Con esto en mente, nos hicimos a la tarea de diseñar y pasar a una revisión estructural rigurosa una estructura para el contenedor que pudiera resistir los esfuerzos de izaje y transporte aun con equipos fijados al interior.

2° Diseño

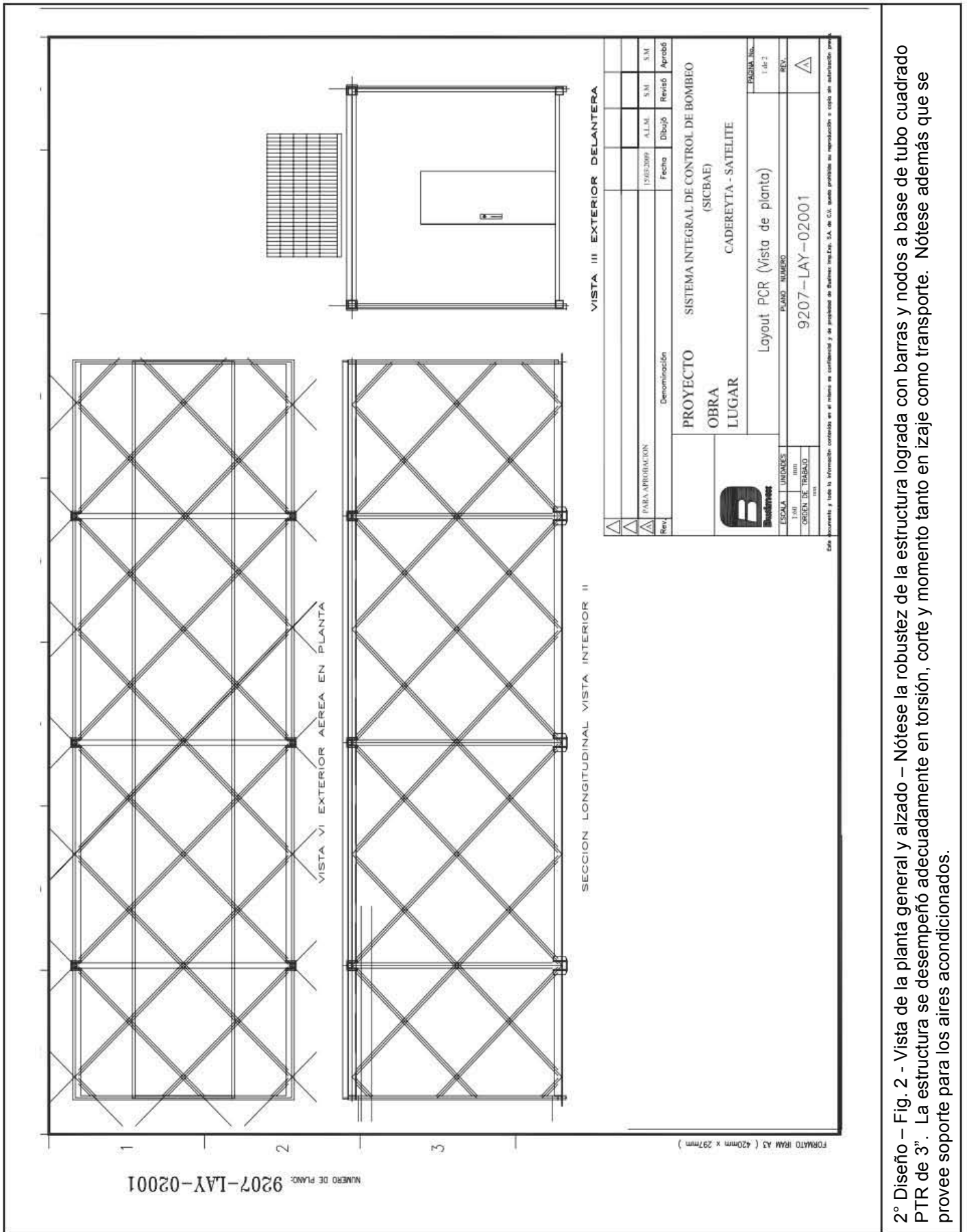
Como aprendimos hace años en la Universidad, muchas veces la solución está a la vista: El diseño preliminar estructural fue inspirado por la estructura que portan los puentes peatonales ubicados sobre la Avenida de los Insurgentes Sur a la altura de Ciudad Universitaria (UNAM), mismos que mostramos en la siguiente fotografía:



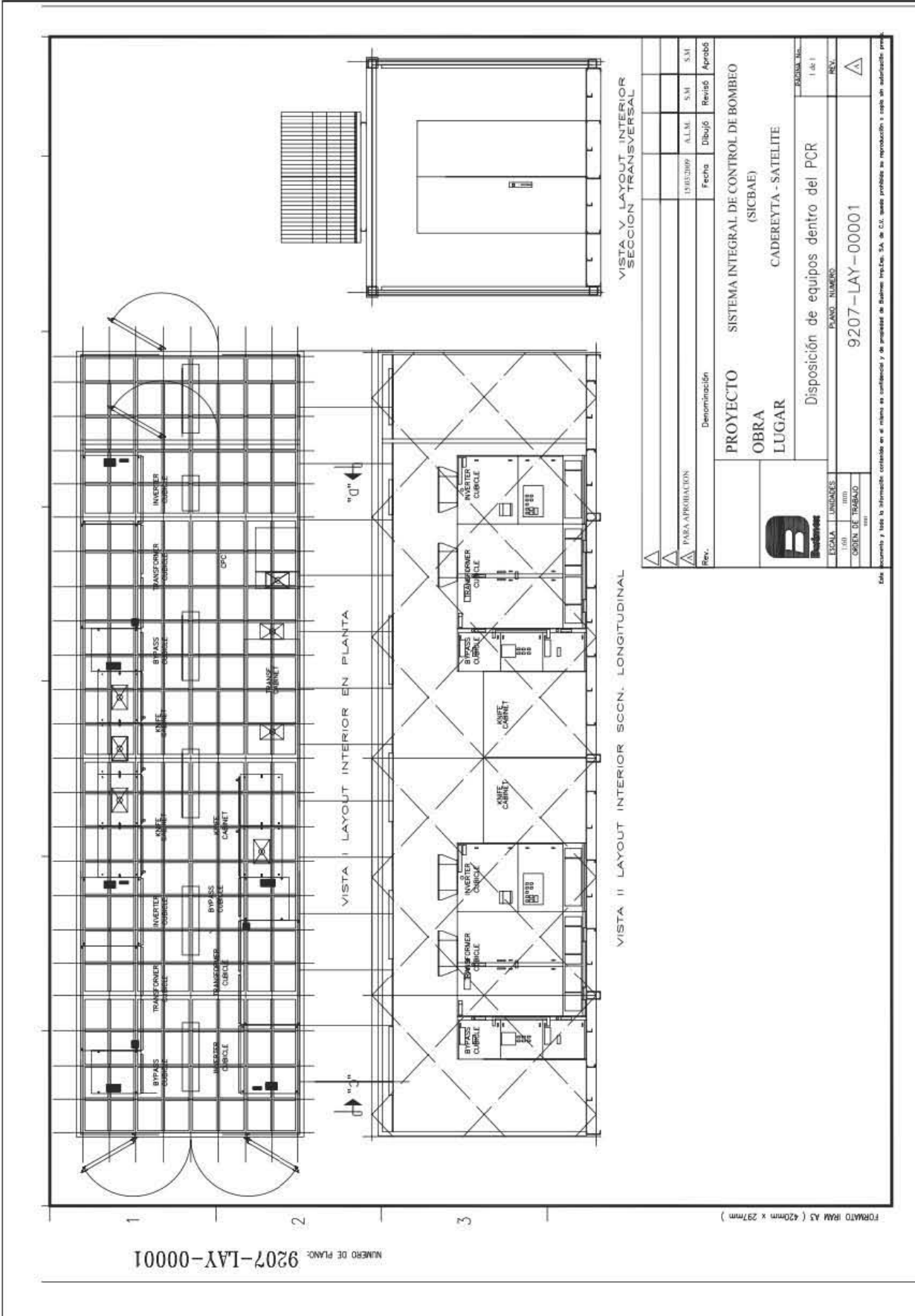
2° Diseño - Fig. 1. Estereoestructura en puente peatonal de gran claro sin necesidad de apoyo central, ubicado en la Avenida Insurgentes Sur de la CDMX a la altura de la Ciudad Universitaria. Dicha estructura está construida a base de PTR ligero de 3", Canal de 10" (idéntico a la plataforma base de nuestro contenedor) y *losacero*®.

Una *Estereoestructura* es una estructura espacial reticulada compuesta por barras y nudos que unidos entre sí forman un tejido sinérgico extremadamente resistente y liviano. Consiste de por lo menos dos mallas paralelas externas y una malla interna conectiva. La combinación de estas mallas forman a su vez una compleja red geométrica y repetitiva de polígonos, poliedros y triángulos equiláteros, mismos que por su geometría son indeformables. Su funcionamiento es simple: dos únicos elementos (barras y nudos) se combinan para generar todo el sistema estructural. Estas aportan una solución constructiva que si bien es más costosa de calcular en términos de horas-hombre (por el gran número de elementos), su fabricación es repetitiva: el uso de elementos idénticos a todo lo largo y ancho le incrementan la eficiencia en costo de fabricación y/o armado.

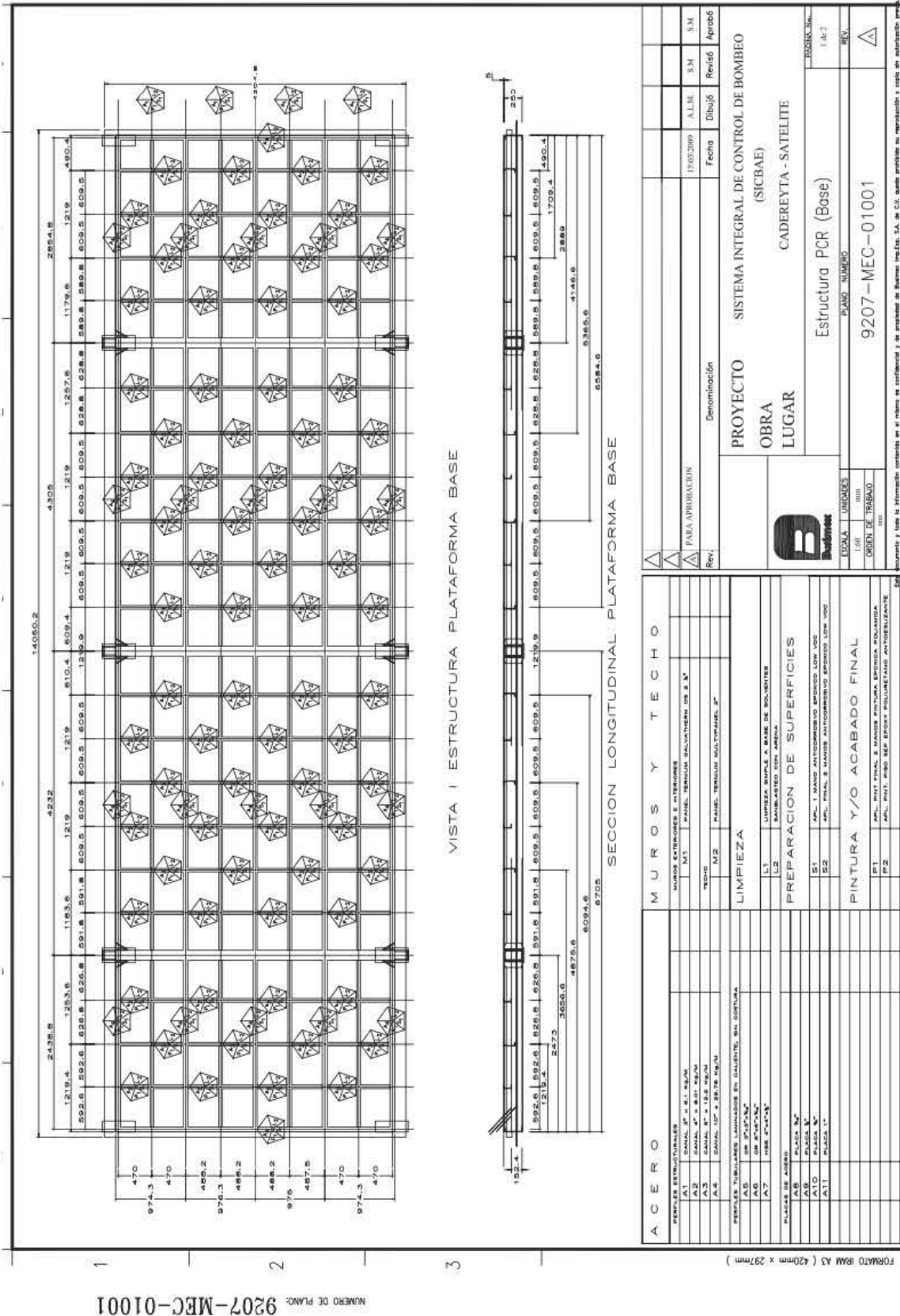
En nuestro caso, simulamos el desempeño del puente peatonal de la UNAM con la altura de planta y ancho de la plataforma base con unas 30 Ton uniformemente repartidas y encontramos la solución más eficiente en costo para temas de torsión, corte y momento. Aquí la estereoestructura para nuestro contenedor según nuestro **2° diseño**:



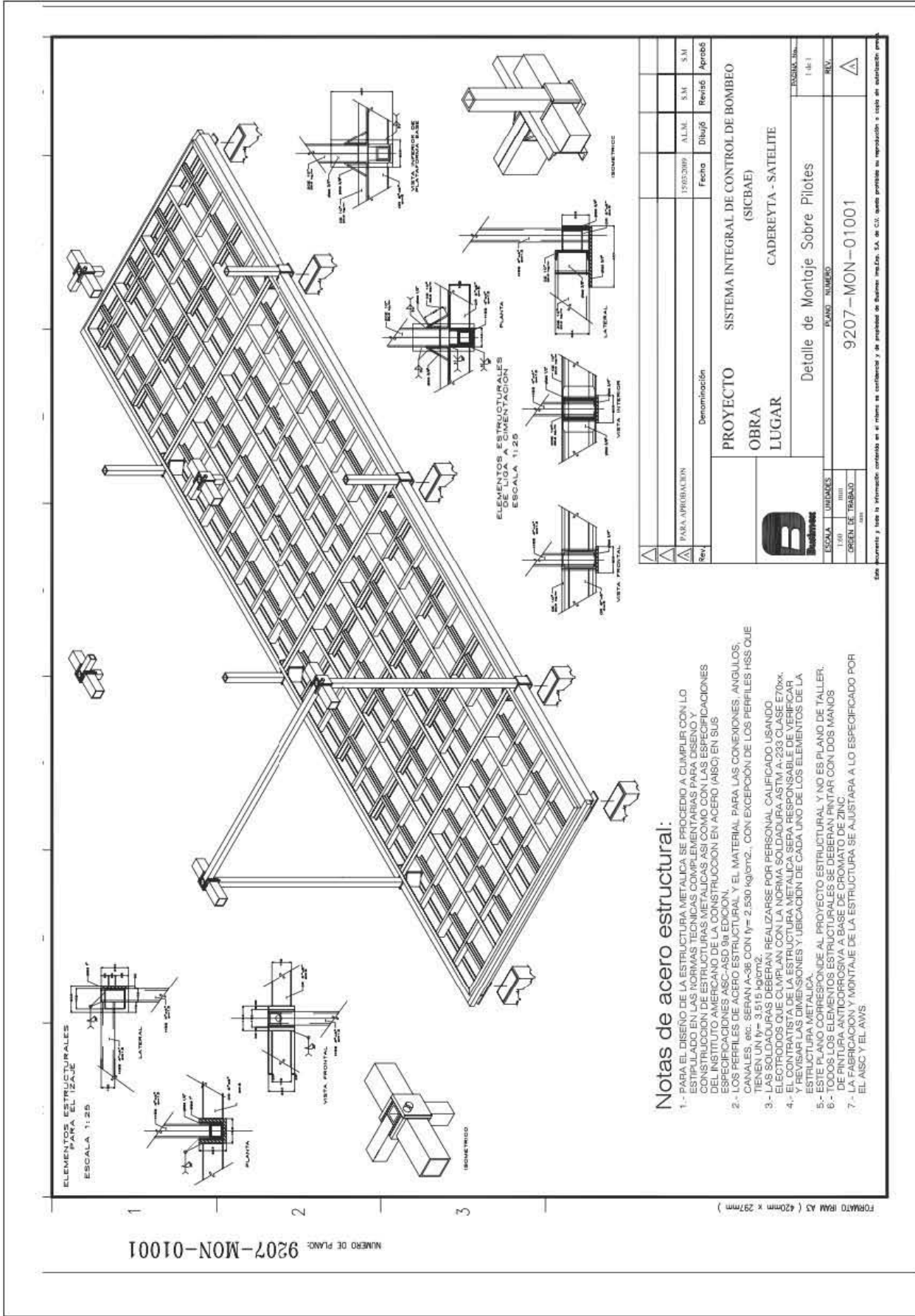
2° Diseño – Fig. 2 - Vista de la planta general y alzado – Nótese la robustez de la estructura lograda con barras y nodos a base de tubo cuadrado PTR de 3". La estructura se desempeñó adecuadamente en torsión, corte y momento tanto en izaje como transporte. Nótese además que se provee soporte para los aires acondicionados.



2° Diseño – Fig. 3 - Vista de la planta y alzado – Aquí se muestra como logramos integrar la plataforma base estructural a la envolvente conformada por la Estereoestructura a base de una retícula de PTR de 3". El desempeño del conjunto tanto en condiciones de izaje como maniobra fue excelente. Nótese que la estéreo estructura ya porta maquinas de aire acondicionado a nivel techumbre.



2° Diseño – Fig. 4 – Plataforma Base Estructural –Detalle de los perfiles que la componen, al perímetro, canal medio de 10” con estructura para carga transversal de dos canales del mismo peralte en caja. A este ultimo elemento lo denominamos travesantes, mismas que serian reforzadas de manera muy importante.



2° Diseño – Fig. 5 – Plataforma base estructural – Detalle de placas para conexión a cimentación. Aquí se muestran las indicaciones del Ing. Calculista muy especialmente en la soldadura. Nótese igualmente el refuerzo en la plataforma base y la conformación de la retícula no mayor a 60x60 cm descrita en la especificación contractual.

En varias reuniones de revisión de proyecto, no obstante que el tema desempeño estructural del 2º Diseño era magnífico, la parte visual o aspecto del contenedor no fue aprobada por el cliente. Estábamos hablando de la construcción de una caseta a base de Multipanel® envuelta en una estructura reticular de tubo PTR. En una palabra, nuestro 2º Diseño no era muy favorecido visualmente.

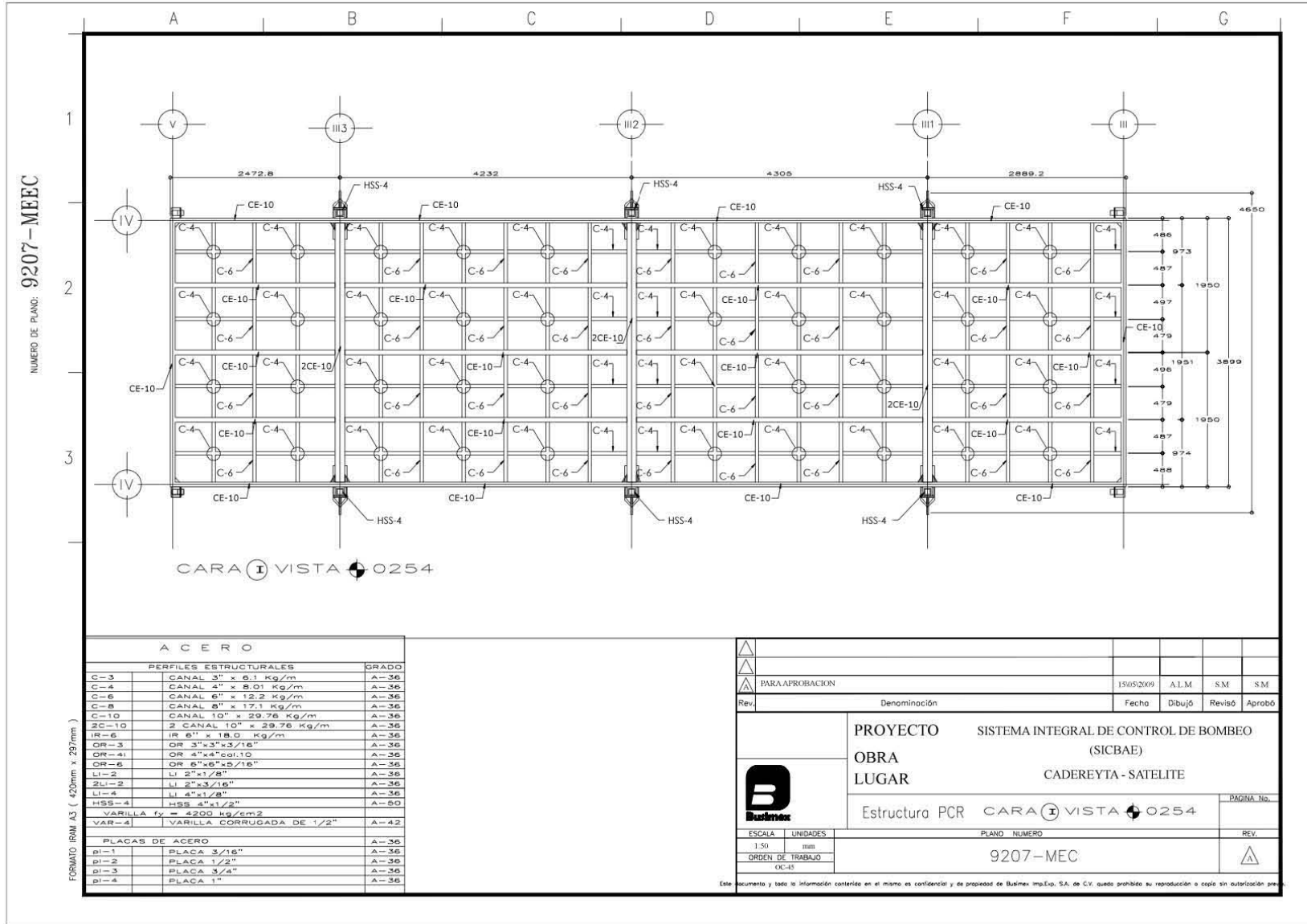
3º Diseño o definitivo

Para Abril de 2009, el tercer diseño fue aprobado de manera unánime para construcción. Capitalizaba toda la experiencia adquirida en los dos diseños que le antecedieron, y además, tomaba en cuenta la opinión de los ingenieros que habrían de participar en la instalación del contenedor en la Refinería de Cadereyta. Todas las condiciones se dieron para desarrollar la mejor solución.

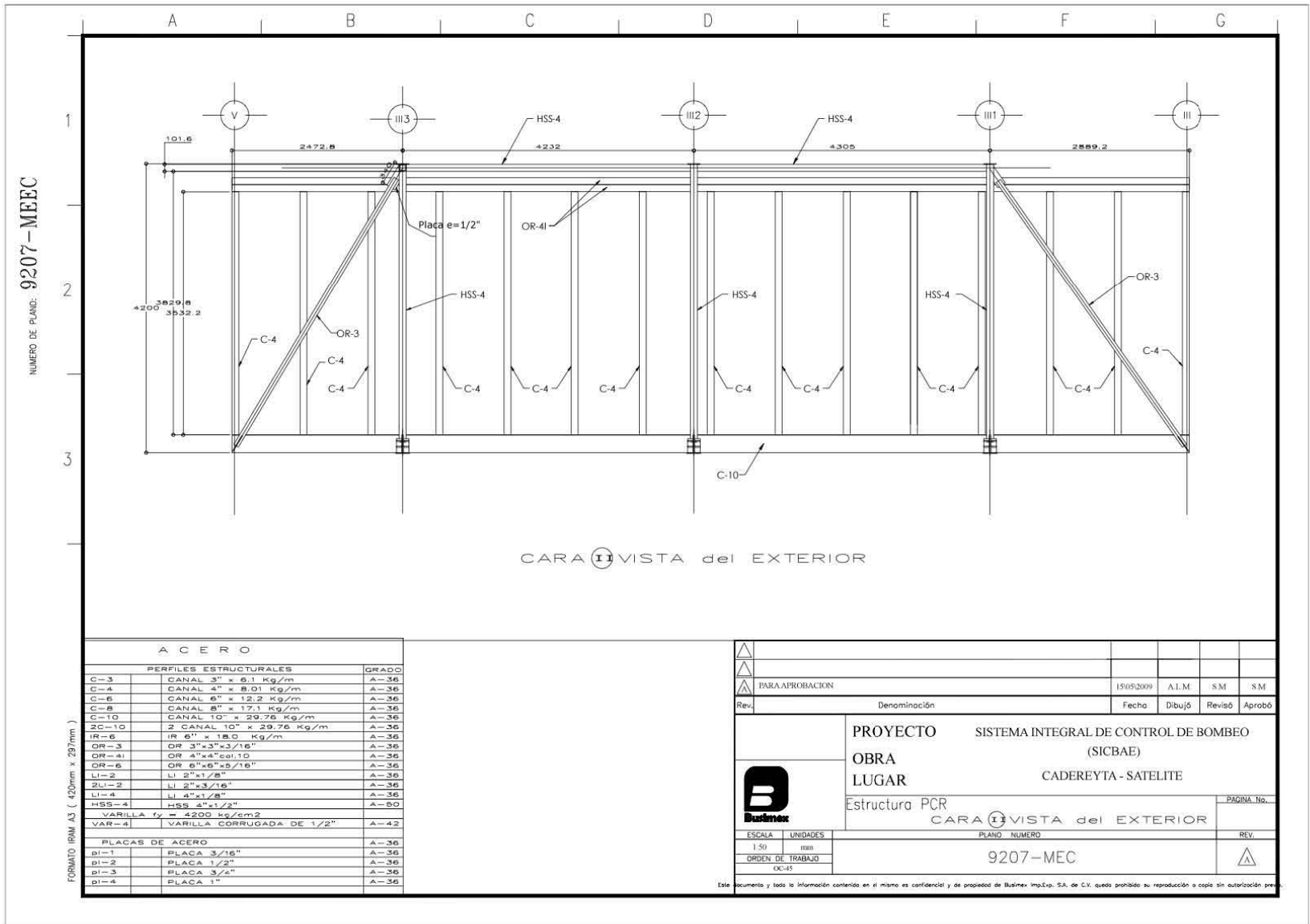


3º Diseño - Fig. 1. Estructura de puente ferroviario que inspiró la solución aprobada para fabricación de la caseta metálica para PEMEX: Esta estructura es óptima para manejo de esfuerzos dinámicos, además de brindar soporte vertical para montaje de cargas por arriba de la techumbre. Tal cual lo consideramos, al punto que diseñamos una plataforma para aires acondicionados apoyados justamente en las columnas de los marcos rígidos.

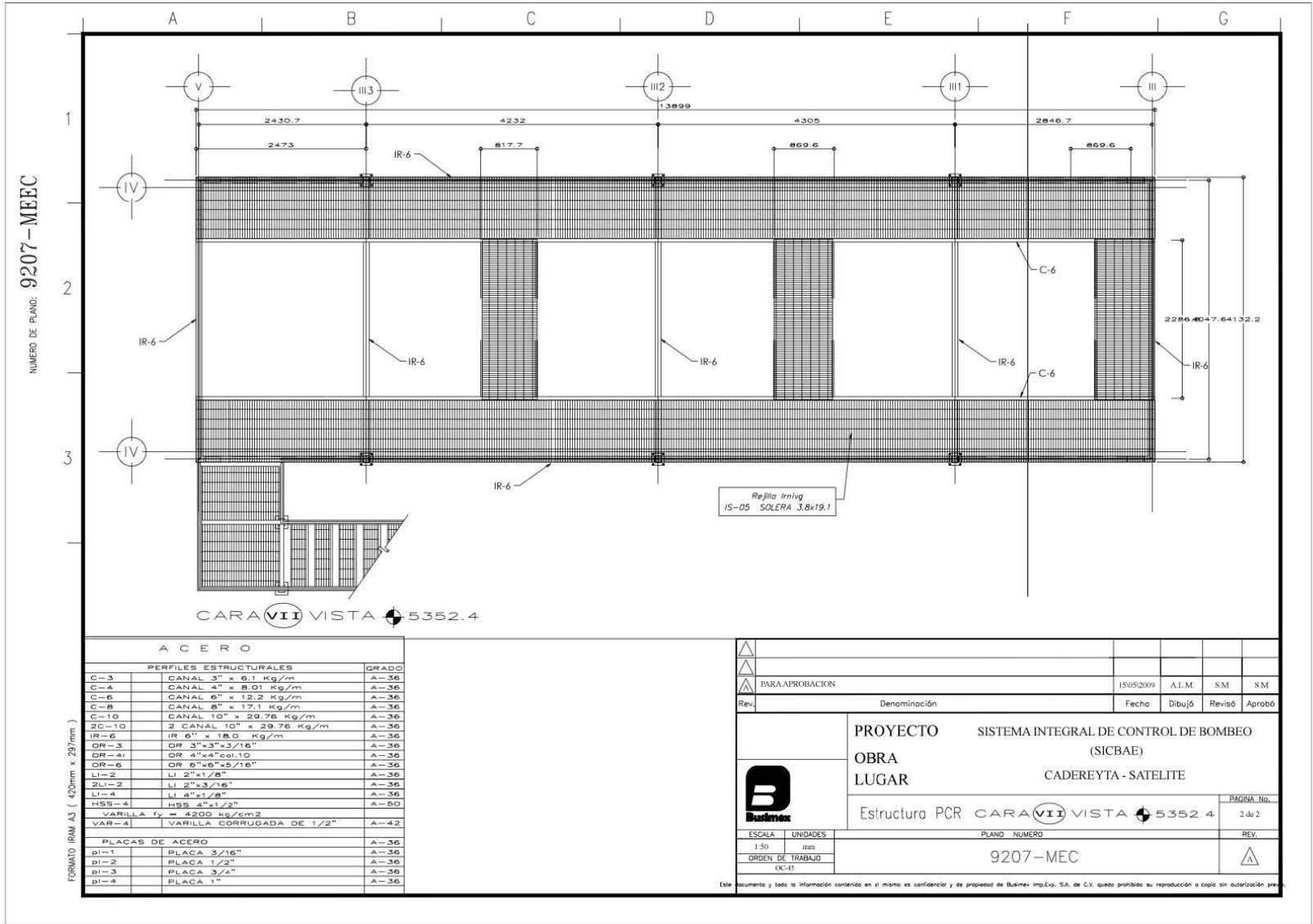
Con los marcos rígidos integrados a la plataforma base estructural lográbamos sustituir la estereoestructura del 2º Diseño, le dábamos rigidez y estabilidad a todo el conjunto, proveímos las placas base para carga de los aires acondicionados y asegurábamos que la caseta pudiera ser izada aun con equipos al interior. Los marcos rígidos, construidos con perfil tipo OR HSS de 4" x 1/2", delimitaban también la instalación de los paneles de muros y techo. Todo funcionó como una sola estructura.



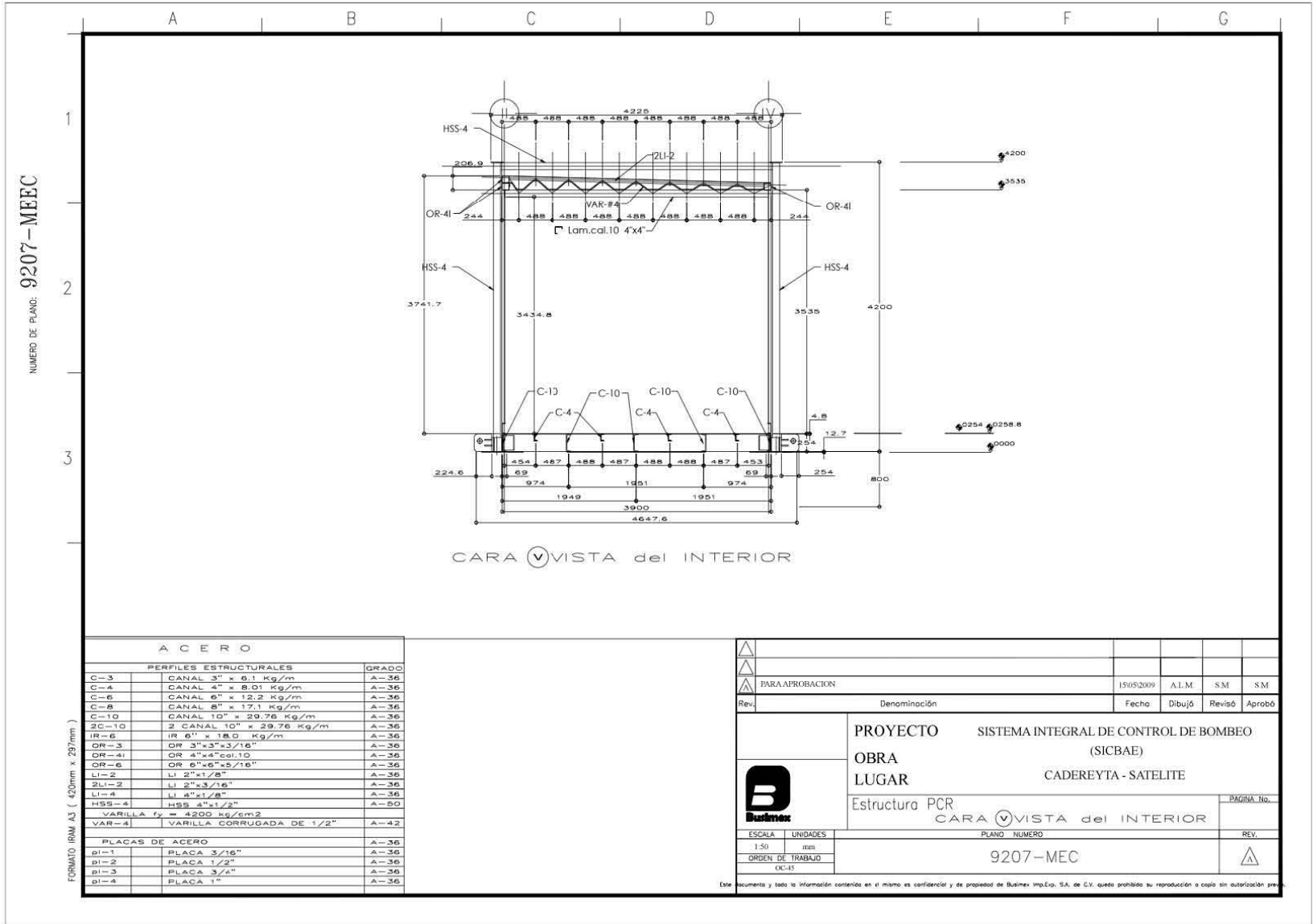
3° Diseño – Fig. 1 – Plataforma base estructural – Nótese igualmente el refuerzo en la plataforma base y la conformación de la retícula no mayor a 60x60 cm descrita en la especificación contractual.



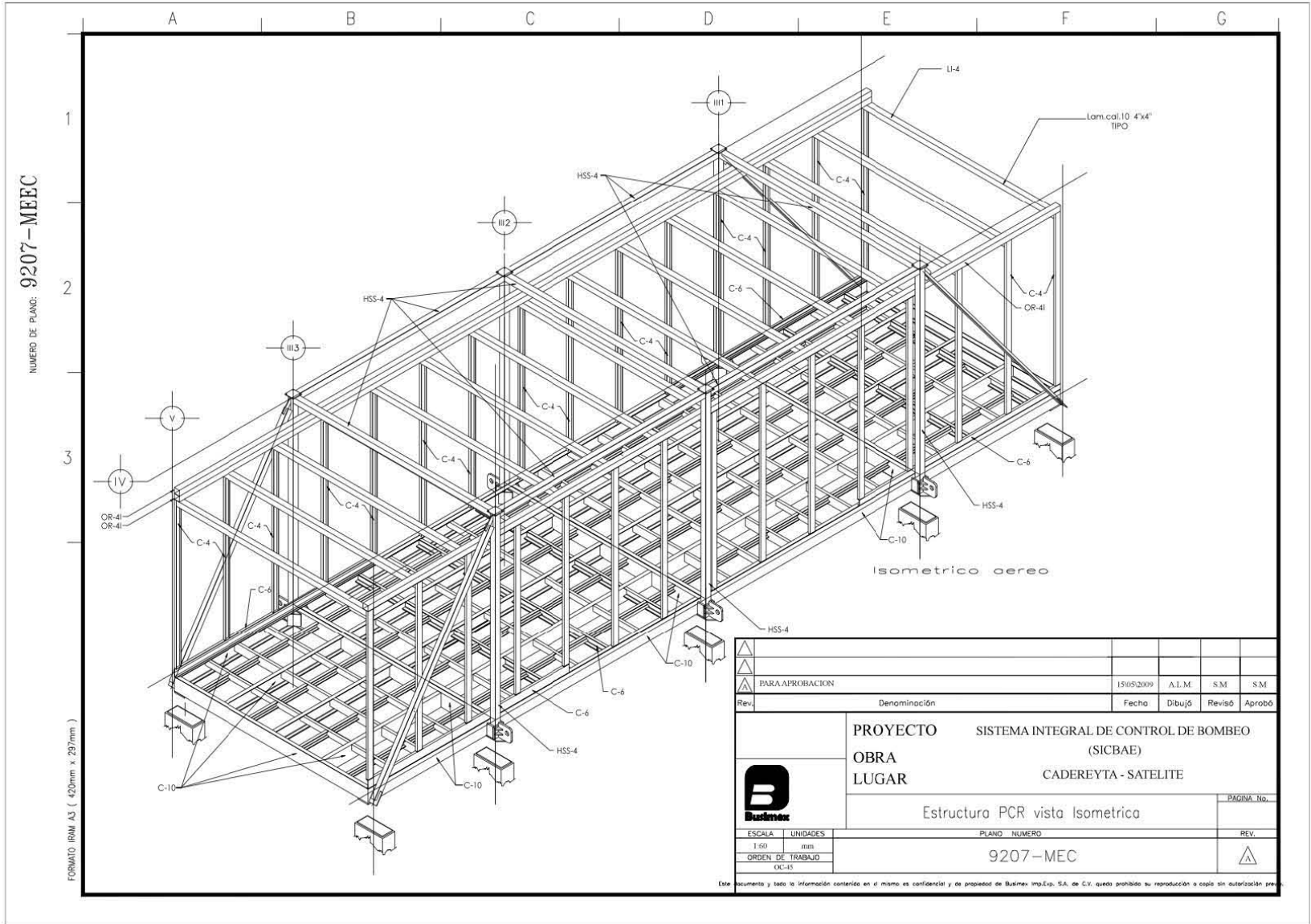
3° Diseño – Fig. 2 – Alzado. Aquí se muestra la estructura exterior a base de marcos rígidos.



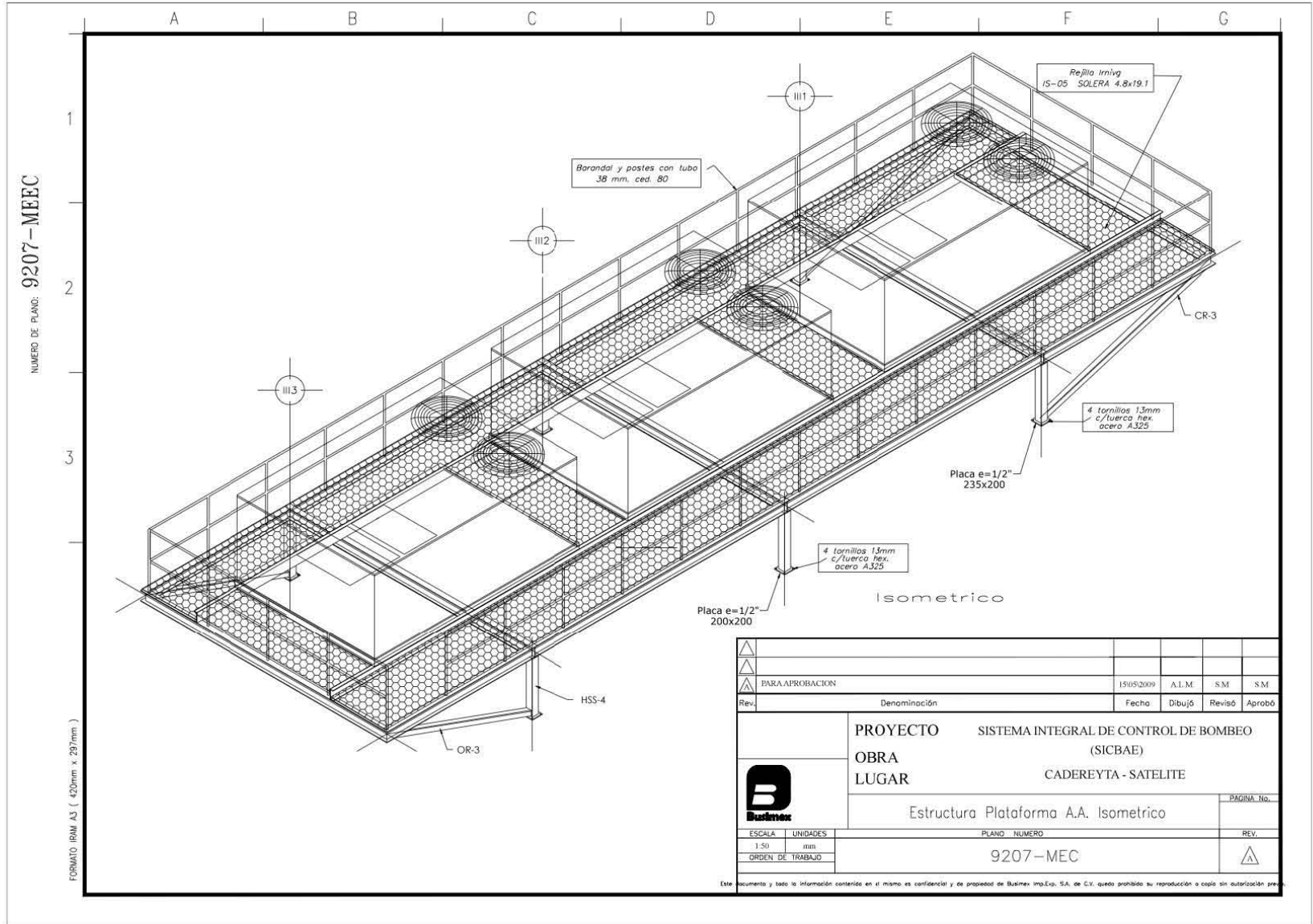
3° Diseño – Fig. 3 – Plataforma de aires acondicionados.



3° Diseño – Fig. 4 – Corte transversal. Nótese la integración de la estructura con los paneles de muros y techo, este ultimo con una viga vierendeel para carga de personas o nieve, según la especificación contractual.



3° Diseño – Fig. 5 – Isométrico de la estructura base del calculo (aunque los laminados trabajan estructuralmente, el calculo no los consideró).



3° Diseño – Fig. 6 – Plataforma para instalación de tres equipos de aire acondicionado y paso de gato perimetral. La altura de la plataforma se situaba en los 6.00 m. Se hizo necesaria la adecuación la escalera de acceso.

V PLAN Y PROGRAMA DE TRABAJO

Habiendo concluido la ingeniería de detalle del 3° Diseño, procedimos a elaborar un plan de trabajo para construir la caseta en un plazo no mayor a cinco semanas. Esta labor incluye en primer lugar la cuantificación de materiales (fundamental, al ser la base de los generadores de obra para estimación y finiquito), la intervención de terceros, fechas de revisión por parte del cliente, etc. A continuación la cuantificación de obra:

OBRA:		SALA ELECTRICA PREFABRICADA		Pag. 1 / 4	
CLIENTE:		SICBAE PEMEX REFINACION / OC-45			
PROYECTO / ORDEN DE COMPRA:		IMPORT EXPORT BUSIMEX, SA DE CV			
CONTRATISTA:		IMPORT EXPORT BUSIMEX, SA DE CV			
DOCUMENTO No.:		CUANTIFICACION DE MATERIALES PARA PROGRAMACION DE OBRA			
FECHA DEL DOCUMENTO:		26-Apr-19			
		DESCRIPCIÓN	Cant.	Un.	
TOTALES					
2. PROYECTO EJECUTIVO DE INGENIERÍA					
3. ESTRUCTURA					
3.1. Plataforma Base					
3.1.1.		Fabricación de estructura de Plataforma Base compuesta de:			
3.1.1.1.		Canal 10" x 29.76kg/ml x 12.2 m long	3,267.65	Kg	
3.1.1.2.		Canal 6" x 12.2kg/ml x 12.2 m long	446.52	Kg	
3.1.1.3.		Placa 3/16" x 1.22 m x 3.89 m long	2,127.07	Kg	
3.1.1.4.		Redicula Secundaria: canal de 4" de 8 kg/m	882.79	Kg	
3.1.1.5.		Pasos y barrenos (*) en piso de lamina de 3/16" hasta:	1.00	lote	
		36 barrenos de 3/4" Ø			
		21 barrenos de 1/2" Ø			
		6 pasos de 6x2"			
		3 pasos de 5x8"			
		3 pasos de 5x4.6"			
		3 pasos de 5x10"			
		2 barrenos de 2"			
		(*) conforme al plano AMIGE 278G de fecha 27 Febrero de 2009. Incluye colocación de tapas metálicas ciegas y sello de goma de neopreno en su perímetro.			
3.2.1.		Elementos Estructurales para izaje y liga a cimientos:			
3.2.1.1.		Orejas de izaje 8x7x6" (placa de 1" ojo de 2")	104.97	Kg	
3.2.1.2.		Placa de 12x8x3/4" c/ 4 barrenos de 7/8" para pilotes	83.36	Kg	
3.2.1.3.		Placa de 8x8x3/4" c/ 4 barrenos de 7/8" para pilotes	37.05	Kg	
3.2.1.4.		Instalación de elementos Estructurales complementarios para izaje y liga a cimientos	235.82	Kg	
3.2.2.		Marcos ligeros para montaje y rigidizacion de paneles prefabricados, de acuerdo a especificaciones y planos del primer proyecto. Los perfiles a usar son canal de 4" y perfil troquelado en lamina calibre 10 con un desarrollo no mayor a 25 cm.	1,320.54	Kg	
3.2.3.	ok	Elementos estructurales adicionales requeridos para resistir los esfuerzos mecanicos por el izaje y transporte, de acuerdo al primer proyecto de plataforma base:			
3.2.3.1.		Canales 6" x 12.2 kg/m para ser soldados en los extremos longitudinales de la plataforma, segun el plano correspondiente <i>ELIMINADA por instruccion del Ing. Gavira!</i>	0.00	Kg	
3.2.3.2.		Tensores a base de OR 3x3x3/16, incluye placas de montaje a plataforma base v a marcos roidos	224.75	Kg	
3.2.3.3.	ok	Complemento para las orejas de izaje, segun planos, incluye accesorios de montaje.	155.10	Kg	
3.2.3.4.	ok	Extension de las placas de anclaje a pilotes (solo 6) a efecto de proveer mayor sustentacion a los elementos estructurales de izaje	72.00	Kg	
3.2.3.5.		Marcos rigidos, de acuerdo a especificaciones y planos del proyecto correspondientes. El perfil a emplear es HSS 4" x 4" x 1/2".	1,340.35	Kg	
3.2.3.6.	600 kg ok	Placas de refuerzo de 1/2" para traves portantes	223.72	Kg	
3.2.4.		Fabricación y montaje de placas de conexión sobre marcos rigidos para postrer instalacion de super estructura para AA	89.76	Kg	
3.3. ESTEREOESTRUCTURA, MARCOS RIGIDOS, ELEMENTOS IZAJE					
3.3.1.	ANULADO	Fabricación de estereoestructura de acuerdo a especificaciones y planos del proyecto correspondientes. Los perfiles a emplear son OR 6"x6"x3/16". OR 3"x3"x3/16". HSS 4"x4"x1/2" v canal 4".	4,696.80	Kg	
4. CASETA DE SALA ELÉCTRICA					
4.1. PANELES PREFABRICADOS Y MOLDURAS					
Fabricación de soporteria para paneles a base de:					
4.1.1.1.		Angulo de 2x2x1/8", 2.46 kg/m	45.02	Kg	
4.1.1.2.		Angulo de 1.5x1.5x1/8", 1.83 kg/m	33.49	Kg	
4.1.1.3.		Angulo 2 x 3/16 x 3.63 ka/ml	132.86	Kg	
Suministro v colocacion de:					
Presupuesto					

OBRA: SALA ELECTRICA PREFABRICADA
 CLIENTE:
 PROYECTO / ORDEN DE COMPRA: SICBAE PEMEX REFINACION / OC-45
 CONTRATISTA: **IMPORT EXPORT BUSIMEX, SA DE CV**
 DOCUMENTO No.: **CUANTIFICACION DE MATERIALES PARA PROGRAMACION DE OBRA**
 FECHA DEL DOCUMENTO: 26-Apr-19

		DESCRIPCIÓN	Cant.	Un.
TOTALES				
4.1.2.	ANULADO	Panel Ternium Galvathern OS de 2.5" cal. 26/26 en muros, acabado Polyester Estandar color blanco.	160.00	m2
4.1.3.	ANULADO	Panel Ternium Multytecho de 2.0" cal. 26/26 en techo, acabado Polyester Estandar color blanco.	56.00	m2
4.1.4.		Molduras formadas a base de lámina pinto cal. 22 para desplantes, esquinas, remates, etc. con desarrollos no mayores a 30 cms.	248.00	ml
4.1.5.	(antes 3.2.4)	Colocación de estructura superior para sujeción de colgantes para tubería formada por perfiles de lámina en "L" de 10 x 10 cms.	317.23	Kg
4.1.5.1.		<i>Estructura para carga viva y nieve en techo a base PTR de 4x4x1/8" y varilla de 1/2", según planos.</i>	400.26	kg
4.1.6.		Charclas de lamina Pinto, Blanca, calibre 18 de 3.05 m. Los traslapes se sellaran con un cordón de hule butilo de 6.4 mm de diam. Las charclas seran atomilladas utilizando pijas cadmizadas de 1/4" x 1/2" con rondanas de vinil hexagonales para sellamiento:		
4.1.6.1.		Para muros perimetrales, cara exterior, con perfil de desarrollo aproximado de 628 mm. traslapes de no mas de 50 mm	899.13	kg
4.1.6.2.		Para muros perimetrales, cara exterior, con perfil de desarrollo aproximado de 624 mm, traslapes de no mas de 50 mm	899.13	kg
4.1.6.3.		Para techo, cara exterior, con perfil de desarrollo de 1,220 mm. Los traslapes seran de 200 a 240 mm.	744.62	kg
4.1.7.		Charclas de lamina Pinto, Blanca, calibre 24, en largos de 3.05 m. Los traslapes se sellaran con un cordón de hule butilo de 6.4 mm de diam. Las charclas seran atomilladas utilizando pijas cadmizadas de 1/4" x 1/2" con rondanas de vinil hexagonales para sellamiento:		
4.1.7.1.		Para muros perimetrales, cara interior, con perfil de desarrollo aproximado de 1,094 mm	742.62	kg
4.1.8.		Suministro y colocacion de aislamiento termico a base de:		
4.1.8.1.		<i>A base de lana mineral de 2" espesor, densidad 8 lb/ft³. R=8 aprox.</i>	144.00	m2
4.1.8.2.		<i>A base de fibra de vidrio (NO SE INCLUYE)</i>		
4.1.9.		<i>Escala marina con peldaños de tubo de 3/4" Cal. 80 acero al carbon, con pase de 12". El resto de la estructura a base de solera de 2x1/4". Altura total 5,150 mm</i>	1.00	pza
4.2.	PINTURA	Los precios que se muestran incluyen limpieza y preparacion de superficies de elementos estructurales por medio de sanblasteo (chorro de arena comercial).		
4.2.1.	ANULADO	Pintura anticorrosiva epoxica low voc, como pintura primaria y postrar aplicacion de pintura de terminacion con pintura de esmalte epoxico poliaramida, de acuerdo a procedimiento de las especificaciones tecnicas, considerando en el sistema total de aplicacion de pintura un espesor de 5 mils.	11,337.34	kg
4.2.2.		Pintura anticorrosiva epoxica low voc de la estructura de acuerdo a la especificacion del punto anterior, sobre los elementos estructurales considerados en nuestro tercer proyecto:		
4.2.2.1.		Plataforma base	7,654.84	kg
4.2.2.2.		Marcos rigidos y accesorios	1,340.35	kg
4.2.2.3.		Marcos ligeros interiores para soporteria de paneles	1,320.54	kg
4.2.2.4.		Detalles de pintura en paneles y molduras	1.00	lote
4.2.3.		Pintura bituminosa en estructura Base Plataforma color negro de acuerdo a las recomendaciones del producto.	56.00	m2
4.2.4.		Sellador de poliuretano Sikaflex 1A o similar en uniones de estructura de acuerdo a especificaciones tecnicas y del producto.	1.00	lote
4.3.	PUERTAS	Suministro, fabricacion y colocacion de puertas fabricadas con los mismos materiales que los paneles de muro:		
4.3.1.		Una puerta doble abatible de 2.00 x 3.00 m de altura, refuerzo perimetral tubular de 2.5"x 2.5" cal. 18 por interior de lamina de panel y una moldura perimetral para sello, bisagras soldadas, cerradura Yale reforzada y barra antioanico en una de las hojas.	1.00	PZ

Presupuesto

Construcción – Consolidado de materiales y cantidades de obra para programación (2/4)

OBRA: SALA ELECTRICA PREFABRICADA Pag. 3 / 4
 CLIENTE:
 PROYECTO / ORDEN DE COMPRA: SICBAE PEMEX REFINACION / OC-45
 CONTRATISTA: IMPORT EXPORT BUSIMEX, SA DE CV
 DOCUMENTO No.: CUANTIFICACION DE MATERIALES PARA PROGRAMACION DE OBRA
 FECHA DEL DOCUMENTO: 26-Apr-19

		DESCRIPCIÓN	Cant.	Un.
TOTALES				
4.3.2.		Dos puertas abatible de 1.00 x 2.50 mts. de altura, con refuerzo perimetral de calibre 18 troquelado s/g diseño, incluye contramarco troquelado cal. 18 s/g diseño. Se incluye chapa Yale reforzada.	2.00	PZ
4.3.3.		Puerta doble abatible marca Doorlock, proporcionada por el cliente	1.00	PZ
4.3.4.		Puerta abatible marca Doorlock, proporcionada por el cliente	2.00	PZ
4.4.	PLAFÓN			
4.4.1.	ANULADO	Suministro y colocación de plafón modular a base de lámina pinto calibre 20 y colgantes respectivos según diseño.	56.00	m2
5.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA			
5.1.	CENTROS DE CARGA			
		SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TABLEROS DE DISTRIBUCION. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: DIRECTORIO, PEINADO, PRUEBAS, MATERIALES DE CONSUMO MENOR, ANDAMIOS, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.		
5.1.1.	ANULADO	TABLERO TIPO NQ0D, GABINETE TIPO NEMA 1, MONTAJE DE SOBREPONER, CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 225 AMPERES PARA OPERAR EN UN SISTEMA DE 3 FASES, 4 HILOS, 220/127 VCA, 60 HZ, CATÁLOGO NO. NQ0D30 4AB22S, MARCA SQUARE'D.	Anulado	PZ
5.1.2.	ANULADO	TABLERO TIPO NQ0D, GABINETE TIPO NEMA 1, MONTAJE DE SOBREPONER, CON INTERRUPTOR PRINCIPAL DE 400 AMPERES PARA OPERAR EN UN SISTEMA DE 3 FASES, 4 HILOS, 220/480 VCA, 60 HZ, CATÁLOGO NO. NQ0D30 4AB42S, MARCA SQUARE'D.	Anulado	PZ
5.2.	INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS			
		SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS ENCHUFABLES DE ACUERDO A LOS DIAGRAMAS UNIFILARES DEL PROYECTO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: MATERIALES DE CONSUMO MENOR, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.		
5.2.1	ANULADO	TIPO QO DE 1x20 AMPS. DE DISPARO, PARA OPERAR A 127 VCA, 60 Hz, CATALOGO No. QO120, MARCA SQUARE'D.	5.00	PZ
5.2.2	ANULADO	TIPO QO DE 1x30 AMPS. DE DISPARO, PARA OPERAR A 127 VCA, 60 Hz, CATALOGO No. QO130, MARCA SQUARE'D.	3.00	PZ
5.2.3	ANULADO	TIPO QO DE 3x30 AMPS. DE DISPARO, PARA OPERAR A 220 VCA, 60 Hz, CATALOGO No. QO330, MARCA SQUARE'D.	3.00	PZ
5.2.4	ANULADO	TIPO QO DE 3x50 AMPS. DE DISPARO, PARA OPERAR A 220 VCA, 60 Hz, CATALOGO No. QO350, MARCA SQUARE'D.	5.00	PZ
5.2.5	ANULADO	TIPO QO DE 3x60 AMPS. DE DISPARO, PARA OPERAR A 220 VCA, 60 Hz, CATALOGO No. QO360, MARCA SQUARE'D.	3.00	PZ
5.3.	SALIDAS A CONTACTOS			
5.3.1		SALIDA A CONTACTO CON TUBO GALVANIZADO PARED GRUESA DE 21 MM, Y CABLE DEL NO. 10. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: CURVAS, CONDULETS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	1.00	SALIDA
5.4.	SALIDAS A CENTROS			
		SALIDA A LUMINARIOS CON TUBO GALVANIZADO PARED GRUESA DE 21 MM, Y CABLE DEL NO. 10. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: CURVAS, CONDULETS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.		
5.4.1		SALIDAS A LUMINARIOS INTERIORES	4.00	SALIDA
5.4.2		SALIDAS A LUMINARIOS EXTERIORES	2.00	SALIDA
5.4.3		SALIDA A LUMINARIO EMERGENCIA	2.00	SALIDA

Presupuesto

Page 3

Construcción – Consolidado de materiales y cantidades de obra para programación (3/4)

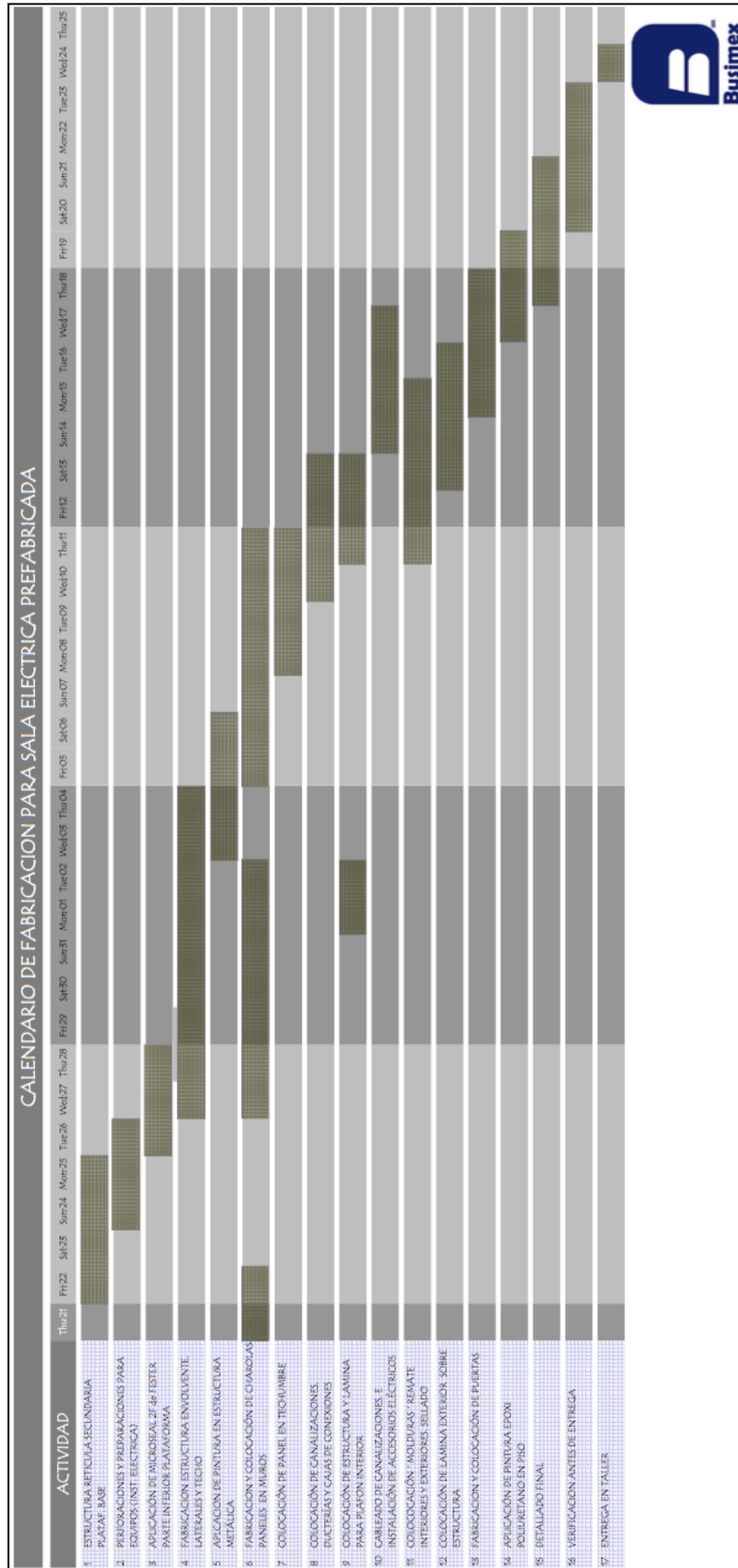
OBRA: SALA ELECTRICA PREFABRICADA Pag. 4 / 4
 CLIENTE:
 PROYECTO / ORDEN DE COMPRA: SICBAE PEMEX REFINACION / OC-45
 CONTRATISTA: IMPORT EXPORT BUSIMEX, SA DE CV
 DOCUMENTO No.: CUANTIFICACION DE MATERIALES PARA PROGRAMACION DE OBRA
 FECHA DEL DOCUMENTO: 26-Apr-19

	DESCRIPCIÓN	Cant.	Un.
TOTALES			
5.5.	CANALIZACIONES		
5.5.1	CHAROLA TIPO CABLOFIL DE 24 " DE ANCHO POR 12 ", INCLUYE CURVAS HORIZONTALES 90"x24" RADIO 12", Y CURVAS VERTICALES INTERIORES DE 90"x24" RADIO 8", SOPORTERIA A BASE DE ESPÁRRAGOS DE 3/8" Y UNICANAL DE 4 X 2, CLEMAS Y TUERCAS CON RESORTES, ALTURA HASTA 6.00 M, ACARREO MATERIAL PRIMERA ESTACIÓN = 20.00 M.	1.00	LOTE
5.5.2	TUBERÍA GALVANIZADA PARED GRUESA DE 41, 78 MM, EL PRECIO UNITARIO INCLUYE: CURVAS, CONDULETS, ANDAMIOS, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCIÓN.	1.00	LOTE
5.6.	TIERRA FÍSICA		
5.6.1	SUMINISTRO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN DE TIERRA FÍSICA, COMPUESTO DE 1 ELECTRODO DE COBRE MODELO E-650, CAP. NOMINAL 650 AMP, 2 ACOPLADORES EQUIPOTENCIALES MODELO A03, Y 5 SACOS DE COMPUESTO ELECTROACONDICIONADOR DEL TERRENO. LOS TRABAJOS DE INSTALACIÓN EN CAMPO SERAN REALIZADOS POR TERCEROS.	1.00	LOTF
6.	AIRE ACONDICIONADO		
6.1.	HVAC suministro de sistema de aire acondicionado hasta 20 ton. de refrigeración, marca York según instrucciones del cliente,		
6.1.1	ÚNICAMENTE PRIMERAS 20 TONELADAS , MARCA YORK, 480V 3-60, INSTALADO DIRECTAMENTE SOBRE TECHO DE LA SEP, EQUIVALENTE A DOS PAQUETES DE 10 TONELADAS DE REFRIGERACIÓN CADA UNO PARA OPERAR EN CIRCUITOS DE 480 V TRIFÁSICOS.	2.00	pza

Construcción – Consolidado de materiales y cantidades de obra para programación (4/4).

Interesante hacer notar que nuestro talón de Aquiles sería la fabricación de paneles de techo y muros.

Programa de obra



La programación de obra tuvo que contraerse a una duración no mayor a cinco semanas. Las puertas de la caseta y la maquina de aire acondicionado tipo paquete serian entregados directamente en Monterrey. En el taller de San Luis Potosí, el cuello de botella fue la construcción de los paneles de muros y techo.

VI PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

1. Refuerzo de la plataforma base estructural: Empezamos por trabajar en el refuerzo de la base, mismo que ordenaba soldar placas de $\frac{3}{4}$ " para incremento del modulo de sección de las orejas de izaje, al tiempo que se soldaban placas de $\frac{1}{2}$ " en los patines inferiores de los perfiles tipo canal en caja de 10" que constituían los largueros de carga transversales o "trabes portantes".

Adicionalmente, se hizo la retícula de 60x60 cm al interior de la retícula existente a base de perfiles tipo canal ligero de 4", soldados a *tres-bolillo* al piso de 3/16" y cordón continuo en las conexiones a canales estructurales.



Construcción - Foto 1. Refuerzo de la plataforma base estructural según plano aprobado para fabricación.

Una vez que terminamos el refuerzo y corrección de una ligera catenaria (aprox. 5 cm debida a las deformaciones causadas por el fundente de la soldadura 7018) en el sentido longitudinal de la plataforma base estructural, elevamos e invertimos (volteada de cabeza) dicha plataforma a efecto de construir la estructura ligera para muros y los marcos rígidos.

Para confinamiento y apoyo superior de los paneles de muro, soldamos dos tubos ligeros tipo PTR de 4" al marco rígido. Este es el único punto donde la estructura de muros y techo se une con los marcos rígidos que se integran a la plataforma base estructural, para hacer que todos elementos trabajen en conjunto.



Construcción - Foto 2. Integración de marcos ligeros para muros y techo con marcos rígidos según diseño aprobado para fabricación.



Construcción - Foto 3. Soldado de perfiles ligeros PTR de 4" para integración de muros y techo a los marcos rígidos. Nótese que de un lado tenemos dos perfiles y en el otro solo uno. Esto es para el cumplimiento de la especificación que ordena 2% de pendiente en el techo.

La construcción de la estructura no representó mayores contratiempos, excepto uno: el cliente ordenó elevar la altura de planta a aprox. 3.60, lo que demandó “encachetar” los ángulos de cuatro pulgadas (15 en total) que sirvieron para la fijación de los paneles de muro.

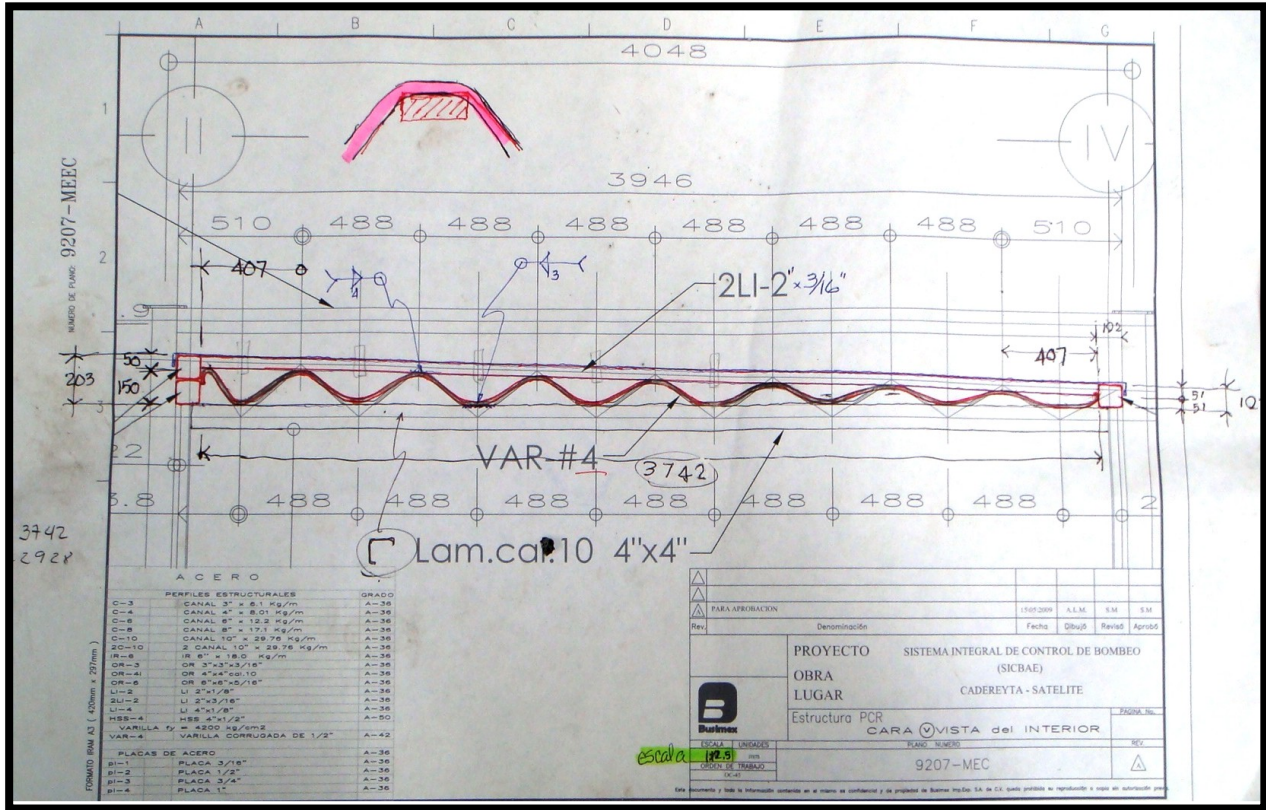
Durante este proceso vinieron varias revisiones a las orejas de izaje, mismas que tuvieron que ser reforzadas y adecuadas para las nuevas cargas consideradas. De manera, la conexión marco rígido-oreja de izaje-larguero y perimetral de plataforma base se hicieron una sola pieza.



Construcción - Foto 4. Construcción de las orejas de izaje. Nótese la longitud efectiva de soldadura, misma que une la placa base de $\frac{3}{4}$ ", la propia oreja y su caja de $1 \frac{1}{2}$ ", la base del marco rígido embebida en la caja de la oreja, el cordón de la caja de la oreja a la canal perimetral de 10" y finalmente, los dos cartabones a cada lado. Este solo arreglo, según el cálculo, soportaba mas de 50 ton.

Durante el proceso de construcción de la estructura, encontramos que habría que resolverse el requerimiento de carga viva en el techo, mismo que rondaba los 150 kg/m^2 . Adicionalmente, había que considerar la pendiente, y un plano mas desfavorable, el claro de 4 metros libres. Solución: a la canal superior de los marcos ligeros le habríamos de conectar una vigueta Vierendeel a base de varilla estructural de $\frac{1}{2}$ " y dos canales en caja de 2" calibre $\frac{3}{16}$ ".

Este elemento proveería además, un área resistente de fijación para los paneles de techo, luminarias, tubería de distribución eléctrica, escalerilla para cables eléctricos de gran calibre, etc. La vigueta reforzaba atinadamente la rigidez de los marcos ligeros, al tiempo que ofrecía la capacidad de carga en techo, y al interior, la carga de elementos de instalaciones especiales.



Construcción - Foto 5. Viga *Vierendeel* para carga viva en techo. Esta fotografía muestra el borrador del plano de taller. Nótese el detalle de la soldadura de los elementos estructurales, la forma como se logró la pendiente de la techumbre especificada y la conexión a los tubos PTR de 4" de cerramiento de muros. Como ya lo indicamos, todo el diseño llama a integrar todos los elementos para que trabajen en conjunto.

Una vez terminada la estructura, y posterior a su verificación minuciosa, procedimos a realizar el sanblasteado asentado en la especificación, junto con la aplicación de pintura epóxica para plataforma marina, al tiempo que hicimos la presentación del diseño de panel de muros.



Construcción - Foto 6. Proceso de arenado o sanblasteo.



Construcción - Foto 7. Aplicación de primario (en rojo) y pintura de terminación.



Construcción - Foto 8. Estructura muestra pintura de terminación.

Muros

La construcción de los muros presentó numerosos contratiempos, siendo el primero conseguir la lámina, del calibre especificado y además Pintro® en color blanco. Aquí tuvimos que escalar el pedido a la dirección comercial de Ternium® en Monterrey, mismo que solo accedió a vendernos un rollo completo de aprox. 4 toneladas. Esta lámina hubo que plancharla y cortarla a los 3.60 m (12') de la altura de panel de muro. Este proceso tomo alrededor de cuatro días.

El diseño de paneles de muro se realizó como dijimos a base de lamina Pintro® Calibre 20 doblada. Cabe mencionar que los paneles eran de una sola pieza, esto cual demandó mandar a fabricar un dado especial de esa longitud para poder doblar la lamina de una sola pieza en una sola bajada de la prensa.



Construcción - Foto 9. Fabricación de paneles de muro de una pieza de 3.60 m de largo. Nótese que se requieren tres personas para el proceso de doblado.



Construcción - Foto 10. Ensamble de paneles de muro. Cabe mencionar que los muros llevaron como aislamiento lana mineral de roca de 43 kg/m³.

Durante el ensamble de muros, nos vimos en la necesidad de desoldar los tensores diagonales del marco rígido, puesto que no tomamos en cuenta holguras razonables en el doblado de la lámina de muros y como consecuencia de esto, el muro no pasaba, aún montado en su moldura por la estrechez que existía entre el tensor y la propia carrera de los paneles. Este procedimiento lo llevamos a cabo bajo la supervisión del calculista, porque las piezas de acero estructural manejadas con soldadura 7018 y superiores pueden llegar a su límite de fluencia y no se recomienda volver a soldar la misma pieza.

Techo

El diseño de paneles de techo se realizó igualmente a base de lamina Pintro® Calibre 20 doblada. En el techo se tenía el requerimiento de sobrecarga por nieve, mismo que teníamos que resolver. Fue así que procedimos a revisar una viga ligera tipo vierendeel soldada a dos ángulos de 2" en caja que nos sobraron del primer diseño. De hecho, estos ángulos irían soldados a la canal perimetral para fijar el piso de lamina 3/16".



Construcción - Foto 11. Fabricación de largueros de techo ligeros a base de viga *Vierendeel*.



Construcción - Foto 12. Instalación de largueros de techo ligeros a base de viga *Vierendeel*. Nótese la instalación de charolas de lamina para configurar un plafón. Tanto muros como techo fueron aislados con lana mineral de roca.

Paralelamente al cierre de muros y techo, instalamos charolas de lamina para configurar un plafón que debería contener el aislamiento térmico y protección antifuego. En este momento procedimos a hacer la instalación eléctrica en baja tensión que nos fue contratada, misma que en esencia era la iluminación y los alimentadores de las maquinas de aire acondicionado.



Construcción - Foto 10. Instalación eléctrica baja tensión.



Construcción - Foto 11. Prueba de iluminación.

Terminación

Consideramos que la terminación es un apartado que merece tocarse separado de la propia construcción. En este tipo de proyectos, la terminación debe ir acompañada de un proceso de entrega-recepción del producto. En el caso de PEMEX, nuestra empresa tenía la responsabilidad de armar una carpeta de terminación que incluyera todas las homologaciones de los materiales utilizados, certificados de competencia de los soldadores, memoria de diseño y cálculo estructural y lo más importante: la recepción de la caseta a manos de nuestro cliente, una vez que esta fue izada por primera vez y montada en una plataforma tipo *low-boy* para su traslado a la Ciudad de Monterrey, donde sería acondicionada para su posterior transportación a la Refinería de Cadereyta.



Terminación - Foto 1. Pruebas diversas anterior a la Entrega-Recepción.



Terminación - Foto 2. Arribo de la plataforma *low-boy* desde el estado de Texas para el traslado de la caseta.

Izaje y traslado

La prueba de fuego había llegado, eran principios de Junio de 2009. Era el momento de demostrar que la caseta tendría un comportamiento estructural según el cálculo, y para ello, se ingresaron al taller dos grúas de 30 toneladas equipadas con cáncamos para evitar dañar la lamina de muros y techo.



Terminación - Foto 3. Preparación de eslingas para carga de la caseta en la plataforma low-boy.



Terminación - Foto 4. Eslingas estiradas y el contenedor trabajando estructuralmente como fue proyectado. En el izaje se utilizaron dos grúas de 30 ton.



Terminación - Foto 5. Traslado de la caseta en la plataforma low-boy hacia la Ciudad de Monterrey. El flete llevaba carros piloto adelante y atrás por ser una carga de grandes dimensiones.



A la fecha - Foto 1. Ubicación actual del "Shelter PEMEX Busimex[®]", Cadereyta, Nuevo León.

Problemas y soluciones

Hemos tratado de describir en las paginas anteriores los diversos problemas que se presentaron mismo desde la negociación y firma del contrato con nuestro cliente. Hemos dicho que la especificación técnica que sirvió de guía para el diseño preliminar de la caseta adolecía de definiciones básicas, como perfil de acero estructural, lamina galvanizada, esfuerzos, deformación plástica, etc., amen de múltiples indefiniciones e inclusive incongruencias en la interpretación y aplicación de las propias normas de PEMEX.

Encontramos en este proceso que nuestro país apenas va en el camino de la introducción de nuevas tecnologías y prefabricados en la construcción. Con mas de 200 horas hombre de diseño y cálculo, nuestra caseta puede reproducirse en serie; de hecho, en el taller donde fue construida, tenemos las plantillas que creamos ex profeso para la fabricación de partes estructurales, incluida la plataforma base.

El problema o desafío mas grande era lograr una estructura lo suficientemente robusta y a la vez ligera, que pudiera cargar peso propio y una carga uniformemente repartida de 1 ton/m^2 , o sea, que izaríamos y transportaríamos un contenedor de grandes dimensiones de unas 70 toneladas.

Otro desafío fue construir la caseta en cuatro semanas. Dicho desafío no era por un asunto de disponibilidad de personal calificado, sino porque el calibre de la lamina Pintro[®], que usaríamos para muros y techo no era estándar, y por esta razón, manejaba cuatro semanas de tiempo de entrega. La pintura la fuimos a comprar a Reynosa, con un distribuidor de Sherwin Williams[®] de McCallen. La máquina de aire acondicionado tipo paquete que entregamos junto con nuestra caseta lo mandamos directo del almacén de York[™] a la oficina del cliente ubicada en el suroeste de Monterrey. Las puertas de la caseta las mandamos a fabricar con Doorlock[®], pero tuvimos que mandar las muestras de pintura para que pudieran igualar el color. Los ductos de aire acondicionado los maquilamos en la propia Ciudad de San Luis Potosí. La instalación eléctrica la realizamos con personal de Busimex basado en San Luis Potosí.

Aprovechamos esta oportunidad para agradecer a todas las personas involucradas en el éxito de este trabajo.

VII Conclusiones

La conclusión que me gustaría transmitir a todos los ingenieros a quienes se les confía nuestra seguridad personal y en el trabajo, que nunca duden de consultar expertos antes de comprometerse contractualmente a una construcción para la cual, por su complejidad, tienen poca o nula experiencia. Involucrarse en un contrato riesgoso puede ser terriblemente dañino para las empresas. Así como debemos siempre hacer análisis muy profundos para saber si debemos entrar o no en algún negocio, hay veces en que nuestro análisis debe de contemplar en primer lugar la salida: si hay que hacer números para entrarle, a veces hay que hacer números para ver como salirse con las menores pérdidas económicas.

No obstante los problemas que enfrentamos, la enseñanza fue maravillosa, y además de todo, entregamos el trabajo a tiempo y reportando utilidad.

Para los colegas ingenieros de la UNAM, recuerden una máxima de los diseñadores de estructuras de acero: *“Si la estructura chilla, hay que revisar”*. Eso marca la gran diferencia entre una estructura resistente y una que colapsa, posiblemente comprometiendo la vida humana.

Al final, el trabajo del ingeniero es asegurar la integridad de una estructura, para que, en caso de un siniestro, podamos rescatar a las personas con vida.

Bibliografía

1. NRF-137-PEMEX-2006 -- DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. PUBLICACION DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS, SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PETROLEOS MEXICANOS, 12 DE AGOSTO DEL 2006.
2. NRF-195-PEMEX-2008 -- CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE ACERO. PUBLICACION DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETROLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS, SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PETROLEOS MEXICANOS, 25 DE AGOSTO DEL 2008.
3. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-SEDE-001-2005, INSTALACIONES ELECTRICAS EN BAJA TENSION.
4. MANUAL PARA CONSTRUCTORES – COMPANIA FUNDIDORA DE FIERRO Y ACERO DE MONTERREY, SA. (ESTE MANUAL TIENE EL PATROCINIO DEL AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC) CON LA TRADUCCIÓN AL CASTELLANO DE LAS ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO Y MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL PARA EDIFICIOS. MONTERREY, NUEVO LEON, 1965.