



Universidad Católica Andrés Bello
Vicerrectorado Académico
Dirección General de los Estudios de Postgrado
Área: Ingeniería
Programa: Ingeniería Estructural

Trabajo Especial de Grado como requisito parcial para optar al Título de
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA ESTRUCTURAL.

**“DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LEVANTAR PREMOLDEADOS DE
GRAN PESO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA FABRICIO OJEDA”.**

Autor:

Ing. Barrios Pimentel, Erwin

Asesor:

Ing. MSc. Oscar Enrique Padrón

Diciembre 2016

CARTA DE APROBACIÓN DEL ASESOR

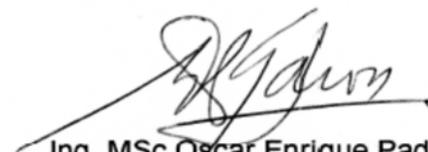
Caracas, 06 de Diciembre de 2016

Señores
Director Programa "Ingeniería Estructural"
UCAB.
Presente.

Referencia: **Aprobación de Asesor**

Por medio de la presente hago constar que he leído y revisado el Trabajo Especial de Grado titulado "**Diseño de un dispositivo para levantar Premoldeados de gran peso en la construcción de la central hidroeléctrica Fabricio Ojeda**", que fue desarrollado por el Ing. Erwin Barrios Pimentel, titular de la cédula de identidad número 23.650.816, como requisito para optar al Título de **Especialista en Ingeniería Estructural**.

A partir de dicha lectura y revisión considero que el mencionado Trabajo Especial de Grado cumple con los requisitos y reúne los méritos suficientes para su evaluación por parte del distinguido Jurado que tenga(n) a bien designar.



Ing. MSc Oscar Enrique Padrón
C.I: 3.204.693
ASESOR

ÍNDICE

Pág.

CARTA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	v

INTRODUCCIÓN.....	1
--------------------------	----------

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA

1.1 Contextualización del problema	5
1.2 Definición del problema.....	5
1.3 Planteamiento del problema	6
1.3.1 Evaluación Sísmica y Riesgo de Sitio	8
1.3.2 Consideraciones Sismorresistentes Premoldeado-Estructura	9
1.3.3 Relaciones de Esfuerzos Direccionales por acción sísmica	10
1.4 Justificación de la investigación	15
1.5 Objetivos de la investigación	15
1.5.1 Objetivo General.....	16
1.5.2 Objetivos Específicos	16
1.6 Alcance o delimitación de la Investigación.....	16
1.7 Limitaciones de la Investigación	17

CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Aspectos básicos de la metodología.....	18
2.2 Tipo de Investigación	18
2.3 Diseño de la Investigación	19
2.4 Operacionalización de objetivos.....	20
2.5 Población y Muestra objeto de estudio	22
2.6 Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos	24
2.7 Tecnicas para el análisis de los datos	26

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes relacionados con el proyecto	29
3.2 Bases teóricas.....	37
3.2.1 Seguridad estructural	37
3.2.2 La factibilidad.....	38
3.2.3 La optimización	39
3.3 Descripción conceptual del dispositivo propuesto	39
3.4 Bases legales.....	43
3.5 Glosario de términos	48

CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1 Prólogo.....	54
4.2 Descripción del Trabajo	55
4.3 Primera Parte. Memoria Descriptiva	55
4.4 Segunda Parte. Memoria de Cálculo.....	58
4.4.1 Análisis de los Miembros	62
4.4.2 Análisis y diseño del dispositivo para Premoldeado Tipo 1	63
4.4.3 Análisis y diseño del dispositivo para Premoldeado Tipo 2	73
4.4.4 Diseño de los miembros.....	88
4.4.5 Diseño de las uniones con pernos	89
4.4.6 Diseño de las uniones con soldadura	90
4.5 Tercera Parte. Manual y Uso del Dispositivo de izamiento.....	91
4.6 Cuarta Parte. Normativa General para Manipulación de Premoldeados	96
4.7 Quinta Parte. Grafotécnica	98

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	100
5.2 Recomendaciones	104

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
---	------------

ANEXOS	115
---------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de Monolito Central Hidroelectrica	12
Figura 2. Isometría de los premoldeados tipos 1 y 2.....	14
Figura 3. Fotografía de grúa móvil telescópica.....	30
Figura 4. Fotografía de grúa móvil de celosía y sobre orugas	30
Figura 5. Fotografías de grúas pórtico	31
Figura 6. Fotografías de puente grúas	32
Figura 7. Fotografía de grúa en puertos	33
Figura 8. Fotografía de grúas para plataformas marinas	33
Figura 9. Fotografía de un tipo de grúa flotante	34
Figura 10. Fotografía de otro tipo y uso de grúa flotante.....	35
Figura 11. Fotografía de la grúa flotante más grande que existe	35
Figura 12. Fotografía de izamiento de cargas con equipo hidráulico	36
Figura 13. Conceptualización del dispositivo de izamiento en estudio.....	43
Figura 14. Descripción conceptual del dispositivo propuesto.....	45
Figura 15. Detalle inferior ajuste del premoldeado-dispositivo de izado	46
Figura 16. Detalle superior ajuste del premoldado-dispositivo de izado	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de los objetivos	20
--	----

“Los científicos exploran lo que es y los
ingenieros crean lo que nunca ha sido.”
Teodor Von Kármán

INTRODUCCIÓN

El científico está interesado primordialmente en los nuevos conocimientos de la naturaleza. Al ingeniero le interesa principalmente la utilización o aprovechamiento de los últimos descubrimientos científicos. El diseño de proyectos útiles exige que un ingeniero profesional tenga buenos conocimientos de matemáticas, de las ciencias físicas, de las ciencias de ingeniería (mecánica, grafotécnica, propiedades de los materiales, etc.); experiencia profesional o práctica que le permita desarrollar un criterio capaz para determinar la necesidad, la factibilidad, funcionalidad, confiabilidad y la seguridad de los proyectos u obras propuestas.

El diseño es la parte medular de la ingeniería. En su más amplio sentido comprende las estructuras, las máquinas, circuitos, procesos y sus combinaciones en los diferentes sistemas. Además, un ingeniero profesional competente tiene que ser capaz de determinar, según requisitos y consideraciones específicas, la viabilidad y el funcionamiento del proyecto propuesto. La ingeniería estructural abarca una extensa variedad de estructuras aparte de los edificios. Se pueden citar puentes, estadios, torres de transmisión de energía eléctrica, torres de radio y televisión, cables, arcos, tanques de agua, pavimentos de concreto y muchas más, y en este caso una estructura muy particular: “UN DISPOSITIVO PARA EL IZAMIENTO DE PREMOLDEADOS DE GRAN PESO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FABRICIO OJEDA”.

La construcción moderna se encuentra restringida por el tiempo y los costos, el uso del concreto premoldeado es esencial para la realización exitosa de proyectos que involucran una gran variedad de estructuras. Como material el concreto premoldeado puede no ser más barato que el concreto vaciado en la obra, pero su característica de ahorro de tiempo proporciona importantes razones para su uso. Por otro lado, la moderna tecnología

del concreto premoldeado proporciona flexibilidad para obtener un acabado de concreto de alta calidad. Las ventajas principales del concreto premoldeado son:

- Mejor calidad y uniformidad debido a un proceso de producción en serie controlado con precisión.
- Construcción rápida.
- Alta resistencia al fuego.
- Apariencia de gran calidad.
- Mejor aislamiento contra el sonido, el calor y la humedad.
- Fácil expansión y demolición.
- Alta resistencia a un ambiente agresivo.
- Más largo periodo de vida útil.
- Consideraciones y criterios sismorresistentes en el conjunto premoldeado-sistema estructural global de la Casa de Máquinas, ver ítem 1.3 del capítulo I.
- Menores costos de mantenimiento a largo plazo.

Además, cuando se diseñan y se ensamblan apropiadamente las estructuras de concreto premoldeado pueden soportar los sismos más severos. Los paneles de concreto premoldeado varían de acuerdo con el tamaño, la forma y la superficie. Al mismo tiempo, puede usarse como un material estructural, así como también de acabado. Los paneles que soportan cargas son, al mismo tiempo, la estructura y la envoltura del edificio. Con paneles de autoaporte o elementos de revestimiento, la carga es transferida al marco usando cartelas y conexiones cerca de la base y en la parte superior del panel para evitar movimientos laterales. Usando patrones, texturas de superficies y técnicas diferentes, los elementos premoldeados permiten una infinidad de expresiones de superficie y, por tanto la aplicación de uso en la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda está más que justificado.

La Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda pertenece al desarrollo del sistema Camburito-Caparo, en el enclave de los Estados Mérida-Táchira-Barinas, consistirá en un Edificio de Servicios, dos Naves de Montaje y tres Monolitos para las Unidades de Generación. Esta gran nave tiene un sistema estructural conformado por columnas de concreto estructural cuya sección transversal es 1.10x1.10 m, vigas de concreto estructural

cuya sección es de 1,20x2,30 m y vanos (luces entre apoyos) de 24,00 m, sobre las cuales se apoyan las losas prefabricadas y geometría circular. Durante el izamiento y la colocación de las cubiertas de concreto premoldeadas sobre las vigas de la cobertura pueden presentarse los siguientes acontecimientos:

- Deformaciones importantes durante el izado de las bóvedas premoldeadas de techo hacia las vigas de apoyo en la Casa de Máquinas de la Central.
- Riesgos de desplome del premoldeado durante la manipulación para su colocación produciendo accidentes al personal que lo emplea.
- Deformaciones posibles del dispositivo de izamiento de los premoldeados.

El dispositivo de izamiento es un modelo tridimensional en acero ASTM A36 con propósito reutilizable, con miembros a modo de cerchas y cables de acero para la fijación del mecanismo a la grúa. Con este dispositivo se podrán movilizar los distintos tipos de premoldeados. Se dispondrán elementos de izado directo del premoldeado tales como los tensores de quijada y quijada Crosby® o similar. También se dispondrán elementos de suspensión a lo largo del eje central del domo del premoldeado, tales como los tensores de quijada y quijada Crosby® o similar.

El sistema sensible que lleva a cumplir con el objetivo del dispositivo de izado e integridad de la pieza de concreto, es el sistema de ajuste de premoldeados. Es por ésta razón que se debe lograr un diseño para que el dispositivo permita un ajuste óptimo de cada miembro, indistintamente de su tamaño y peso, manteniendo el conjunto en equilibrio dinámico y con las tensiones correctas antes del izamiento de cada pieza hacia su disposición final, respetando y ciñéndose a las restricciones y disposiciones establecidas en la memoria de cálculo del proyecto estructural y permitiendo la manipulación segura de los premoldeados. En consecuencia el presente proyecto de Trabajo Especial de Grado (TEG) está documentado y configurado de la siguiente forma:

Capítulo I “El Problema”; se conceptualiza y define el problema considerándose una investigación proyectiva. La respectiva ubicación, necesidad y aplicación del estudio a realizar, se formulan el objetivo general y los objetivos específicos, los cuales conducen al desarrollo de la investigación.

Capítulo II “Marco Metodológico”. El fin esencial del marco metodológico es exponer la metodología a utilizar en el desarrollo del TEG, considerando los diferentes tipos de investigación, su diseño, la población o universo, la muestra a utilizar, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, así como para el análisis de los mismos, la definición y conceptualización de las variables y sus respectivos indicadores que miden los logros y las metas.

Capítulo III “Marco Teórico”. El marco teórico es la base principal de todo estudio. Permite expresar la idea y la descripción del problema planteado, es aquí donde se integran lo teórico con lo investigado, se presentan los antecedentes del TEG. También se incluyen las bases legales para el proyecto de estructuras en Venezuela, así como un glosario de algunos términos de utilidad en el presente proyecto.

Capítulo IV “Desarrollo del Trabajo”. En este capítulo se plantean las diferentes hipótesis para el fundamento y desarrollo del análisis estructural, cálculo y posterior diseño de los diferentes miembros que conforman la estructura del “Dispositivo para Levantar Premoldeados de Gran Peso en la Construcción de la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda”.

Capítulo V “Conclusiones y Recomendaciones”

En este trabajo, de investigación proyectiva, se desarrolla una herramienta basada en el estado del arte, nacional e internacional, aplicable a dispositivos o equipos de levantamiento de cargas y para su uso por parte de profesionales en el área de la Ingeniería Estructural y de futuras investigaciones. La interpretación de la información investigada conduce a la obtención de unas conclusiones y por ende, de unas recomendaciones. Luego de concluir los resultados de una investigación, el paso siguiente es definir algunas recomendaciones para que el trabajo sea aún más beneficioso, y son aquellas acciones que “se sugieren” realizar, obteniendo un mayor nivel de profundidad del tema en estudio y resultados más favorables.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

En el presente capítulo se realiza la descripción del problema objeto de estudio, la justificación y objetivos que fueron planteados para la solución del problema, el alcance y las limitaciones.

1.1 Contextualización del problema

Se acepta ampliamente que la sola formación en técnicas especializadas de diseño y en procedimientos codificados no es suficiente para una práctica profesional exitosa, por otro lado el principal objetivo del ingeniero estructural es diseñar eficientemente estructuras seguras y económicas. Por tanto, con esta premisa fundamental como base, es esencial la familiarización con los procedimientos actuales de diseño.

1.2 Definición del problema

En el proceso académico surge una dificultad debida al método acostumbrado de tratar con problemas “establecidos”. Este procedimiento, en cierta forma, se justifica, ya que el estudio de ideas individuales se simplifica cuando las ideas pueden aislarse. Existe una tendencia a tratar con situaciones muy controladas con circunstancias simplificadas, a fin de que los resultados puedan restringirse a ciertos casos. Así, los problemas se diseñan primero (por el docente) con el fin de asegurar algunas soluciones, y los esfuerzos del estudiante se limitan al manejo de procedimientos predeterminados, a fin de obtener respuestas predecibles.

Si bien el procedimiento de aprendizaje que se acaba de describir tiene alguna validez, el peligro radica en el hecho de que el estudiante no esté consciente de su naturaleza imaginaria o artificial. Con frecuencia, en las situaciones en las que es necesario

resolver problemas reales, el aspecto más difícil del trabajo es la identificación del problema mismo. Una vez que el problema se ha definido con precisión, la investigación real, a menudo, sigue en verdad adelante casi automáticamente, suponiendo que se poseen los conocimientos o el equipo para realizar el trabajo.

1.3 Planteamiento del Problema

La Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda pertenece al desarrollo del sistema Camburito-Caparo, el cual se encuentra en el enclave de los Estados Mérida-Táchira-Barinas. El Desarrollo Camburito-Caparo consiste en la regulación y aprovechamiento hidráulico de los caudales de los ríos Camburito y Caparo, a los que se sumará el caudal proveniente de la descarga de la Central "La Colorada" del Desarrollo Doradas-Camburito. Los componentes básicos del Camburito-Caparo está formado por dos (2) presas. Una presa llamada Borde Seco, sobre el río Camburito, con una altura máxima sobre el fondo o fundación de 120 m y una longitud de superficie de 400 m, provista de descarga de fondo y un aliviadero del tipo de borde libre con una capacidad máxima de diseño de $775 \text{ m}^3/\text{seg}$. Una presa llamada La Vueltosa, sobre el río Caparo, con una altura máxima sobre el fondo o fundación de 130 m y una longitud de superficie de 600 m, la cual posee una descarga de fondo similar a la anterior.

La torre de Toma de la presa La Vueltosa la constituyen tres torres de concreto estructural que albergan los equipos de maniobra para el control del paso del agua hacia los conductos forzados, mediante la utilización de tres compuertas de operación y dos de mantenimiento accionadas hidráulicamente.

La Central Fabricio Ojeda es del tipo convencional al aire libre, y consistirá en un Edificio de Servicios donde se ubican los sistemas de control de la central, dos Naves de Montaje (A y B, entre ejes 1-2 y 2-3) y tres Monolitos (Monolito 1 entre ejes 3-4, Monolito 2 entre ejes 4-5 y Monolito 3 entre ejes 5-6) para las Unidades de generación denominadas Casa de Máquinas (ver figura 1). En los Monolitos se ubicarán turbinas tipo Francis, de potencia nominal de 257 MW, el respectivo generador y equipos relacionados, cuya potencia nominal de salida será 266 MVA y tensión nominal 13,8 KV. La salida de cada

generador se conectará mediante un sistema de barras de fase aislada a un banco de tres (3) transformadores de potencia monofásicos elevadores (13,8/230/KV). La potencia eléctrica generada en cada unidad será transmitida por una línea eléctrica de 230 KV, desde la Central Fabricio Ojeda a la Subestación La Vueltosa. Esta Subestación, se interconectará mediante dos (2) líneas eléctricas de transmisión de 230 KV, a la Subestación Uribante, siendo ésta el punto de conexión al sistema Eléctrico Occidental Venezolano.

La casa de Máquinas y las Naves de Montaje son una gran estructura de 120,00 m de largo comprendido entre los ejes 1 al 6, y por 24,00 m de ancho comprendido entre los ejes A y B, donde cada módulo es de 26,40x24,00 m sin miembros estructurales intermedios entre los ejes A y B. La altura libre, es decir, sin interactuar con el terreno, va desde la cota 204,30 msnm hasta la cota 226,70 msnm. Esta gran nave tiene un sistema estructural conformado por vigas de concreto estructural cuya sección es de 1,20x2,30 m y vanos (luces entre apoyos) de 24,00 m, sobre la cual se apoyan losas prefabricadas y de geometría circular de manera isostática temporalmente y después del montaje serán unidas, de tal forma, que sea una estructura monolítica con las respectivas vigas de apoyo. Este es el sistema de cobertura objeto del presente estudio. Ver figura 1.

El encofrado que se utiliza para la elaboración de los premoldeados será del tipo REDI RADIUS de EFCO®, el conjunto de las piezas del sistema se ubicará en el espacio aguas arriba del eje "A" (ver fig. 1) paralelo a la Nave de Montaje "A", en los que se preverá los 28,40 m de longitud a cubrir por línea de cobertura. La disposición y características de los premoldeados deberán reflejarse como se indica en el proyecto, para lo cual el encofrado deberá prever los distintos elementos, la disposición y forma contenidos en los planos EFCO.

Los Premoldeados presentan geometrías variables, ya sea considerando el ancho, el largo, el lugar de posicionamiento definitivo, el peso, capacidad de carga y alcance de la grúa dependiendo de la ubicación del Premoldeado en su disposición final en la cobertura total de la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica.

1.3.1 Evaluación Sísmica y Riesgo de Sitio.

La información sismológica empleada abarca el cuadrángulo entre la coordenadas 6°-10.50°N y 69°-74°W, el cual está centrado en el sitio donde se construirá la Central Hidroeléctrica. La base de datos utilizada proviene de las siguientes fuentes, entre otras:

- a. Boletín sismológico de Venezuela, periodo 1990-1996 departamento de sismología de Funvisis-Intevep-Caracas.
- b. Análisis de la actividad sísmica en la región del Uribante-Caparo, Red Sismológica y red de acelerógrafos periodos enero de 1998 a abril de 1991.
- c. Reporte general de sismos localizados por la red Sismológica Uribante-Caparo, periodo 1980-1996, Desurca-Gerencia de Proyectos, Unidad de sismología.

En el informe presentado por la Empresa Coral 83 se expone los resultados de la evaluación de la amenaza y riesgo sísmico del sitio. Para la evaluación probabilística del peligro sísmico, se analizó la información geológica y sismológica acopiada dando origen a la elaboración de dos modelos sismotectónicos, se adoptaron tres leyes de atenuación para las aceleraciones máximas del terreno y varianzas representativas de las incertidumbres del ajuste estadístico, finalmente, se obtuvieron 6 distribuciones de aceleraciones, para el sitio en estudio.

De acuerdo a la información obtenida de los mapas geológicos, la zona presenta una litología donde predomina una alternancia de formaciones constituidas por areniscas, lutitas areniscas y conglomerados y algunas formaciones cretácicas, que acuerdo al modelado corresponden al mismo tipo de roca. Para determinar los movimientos sísmicos a usar en la Central Hidroeléctrica la Vueltosa, se siguieron las recomendaciones de United States Committe on Large Dams (USCOLD), así como los criterios en la verificación sísmica de Subestaciones de alto voltaje.

En tal sentido, se proponen movimientos sísmicos con periodos de retorno de 1280 y 1950 años, lo que conduce a aceleraciones máximas del terreno de 0.32g y 0.35g respectivamente.

La selección de los movimientos para el análisis y el diseño se ha fundamentado en la aceptación de una pequeña probabilidad de excedencia durante la vida útil de las instalaciones construidas para la casa de Maquinas, donde se estiman movimientos sísmicos con probabilidades de excedencia de 5% y 7.50%. para otras instalaciones se indican movimientos sísmicos con probabilidades de excedencia del 10% y 18%; valores que son considerados para el “DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LEVANTAR PREMOLDEADOS DE GRAN PESO EN LA CONSTRUCCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA FABRICIO OJEDA”.

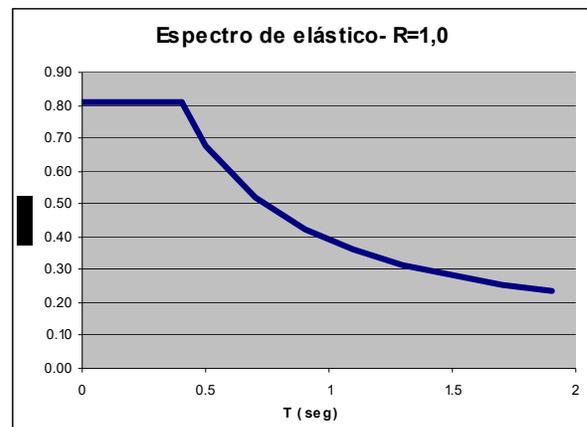
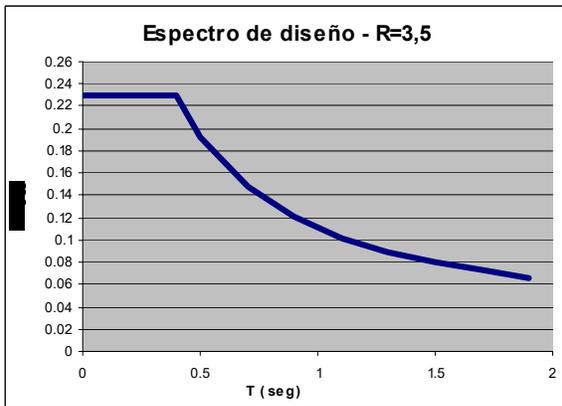
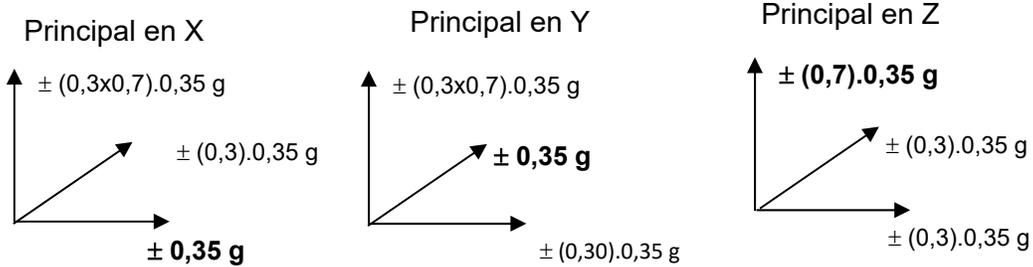
1.3.2 Consideraciones Sismorresistentes Premoldeado-Estructura.

El análisis estructural, tanto los premoldeados como la estructura de cada módulo de la Casa de Máquinas, fue realizado con el software SAP2000, por el método de los elementos finitos, con modelos estructurales apropiados y con las cargas actuantes en las estructuras. Fueron considerados elementos tipo cáscara (shell) para representar las losas y elementos de barras (frame) para representar las vigas simulando el comportamiento estructural del trecho analizado ante las hipótesis de carga.

Se ha modelado la estructura completa, para aproximarse de la geometría real de la casa de máquinas, donde pequeñas aproximaciones fueron necesarias para facilitar la elaboración de los archivos para procesamiento en el SAP2000, evitando distorsiones que influenciasen significativamente los valores de los esfuerzos solicitantes. Ver figura 1 y los detalles de la geometría de las estructuras consideradas.

Las consideraciones de la curva de respuesta espectral en aceleraciones y las relaciones de esfuerzos direccionales debido al sismo están de acuerdo con el Estudio Sismológico Tomo 17 (Hidroeléctrica La Vuelta y Sus Obras Asociadas–Corpoelec–Desurca). En el referido estudio, para la estructura de la casa de máquinas fue utilizado el factor de minoración de respuesta “R” igual a 3,5 para las elevaciones arriba de la cota El. 204,25, (msnm).

1.3.3 Relaciones de Esfuerzos Direccionales por acción sísmica.



El valor de la amplificación (factor de importancia) $\alpha_2 = 1,98$ arriba de la elevación 204,25.

Fuente: propia-2016.

Las solicitaciones de la acción sísmica están referenciado, (según documentos de la Ingeniería estructural), en las memorias de cálculo de cada módulo estructural de las Unidades 1, 2 y 3 de generación y las dos Naves de Montaje, A y B. En los mencionados documentos se tiene una distribución de la carga basal horizontal a nivel de cobertura:

Peso máximo estimado de toda la cobertura $W_i = 1026.20$ Ton.

Esfuerzo basal en nivel de la cobertura dirección X = $F_{xi} = 679.10$ Ton.

Esfuerzo basal en nivel de la cobertura dirección Y = $F_{yi} = 1085.40$ Ton.

De acuerdo al capítulo 7, artículo 7.3.2 de la Norma COVENIN 1756-1-2001

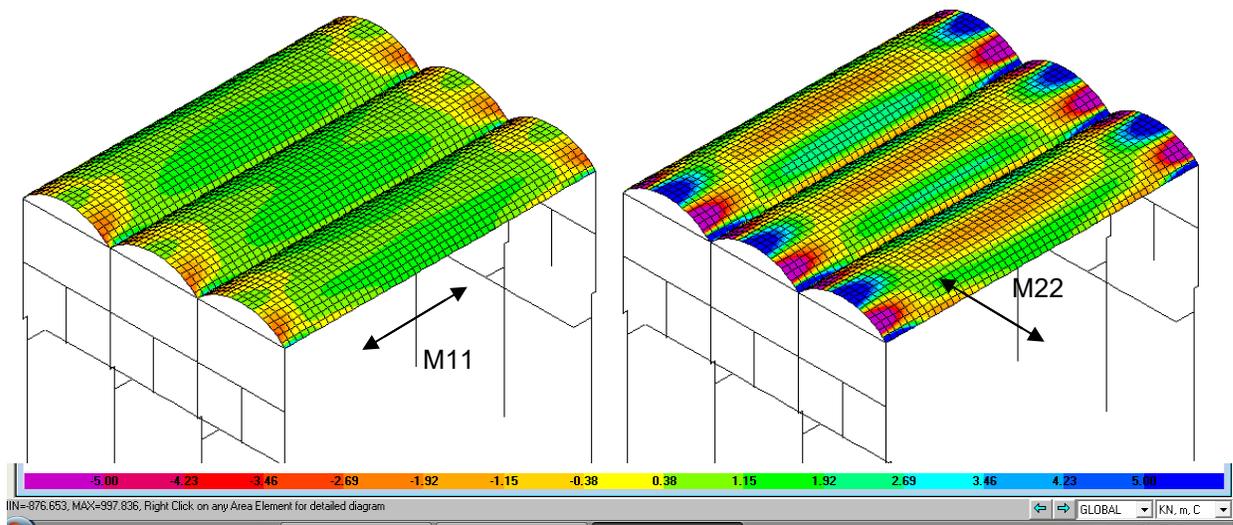
$F_i / W_i = 679.10 / 1026.20 = 0,672$ en la dirección X.

$F_i / W_i = 1085.40 / 1026.20 = 1,057$ en la dirección Y.

La respuesta dinámica se puede obtener según el criterio de la combinación cuadrática, que toma en cuenta el acoplamiento aleatorio de sus modos, según se indica en artículo 9.4.5 de COVENIN 1756-1-2001.

$$F_i / W_i = \sqrt{0,672^2 + 1,057^2} = 1,25$$

Este valor se estimará en los cálculos de los elementos de anclaje de los premoldeados a la estructura y en los cálculos de las piezas como aplicación de fuerzas de inercia, de acuerdo con las combinaciones de carga (9.2 y (9.3) de COVENIN 1753.



Solicitaciones máximas (+/-) en los premoldeados. Fuente: Alstom Hydro. Memoria de cálculo estructural. Modelo matemático-2013

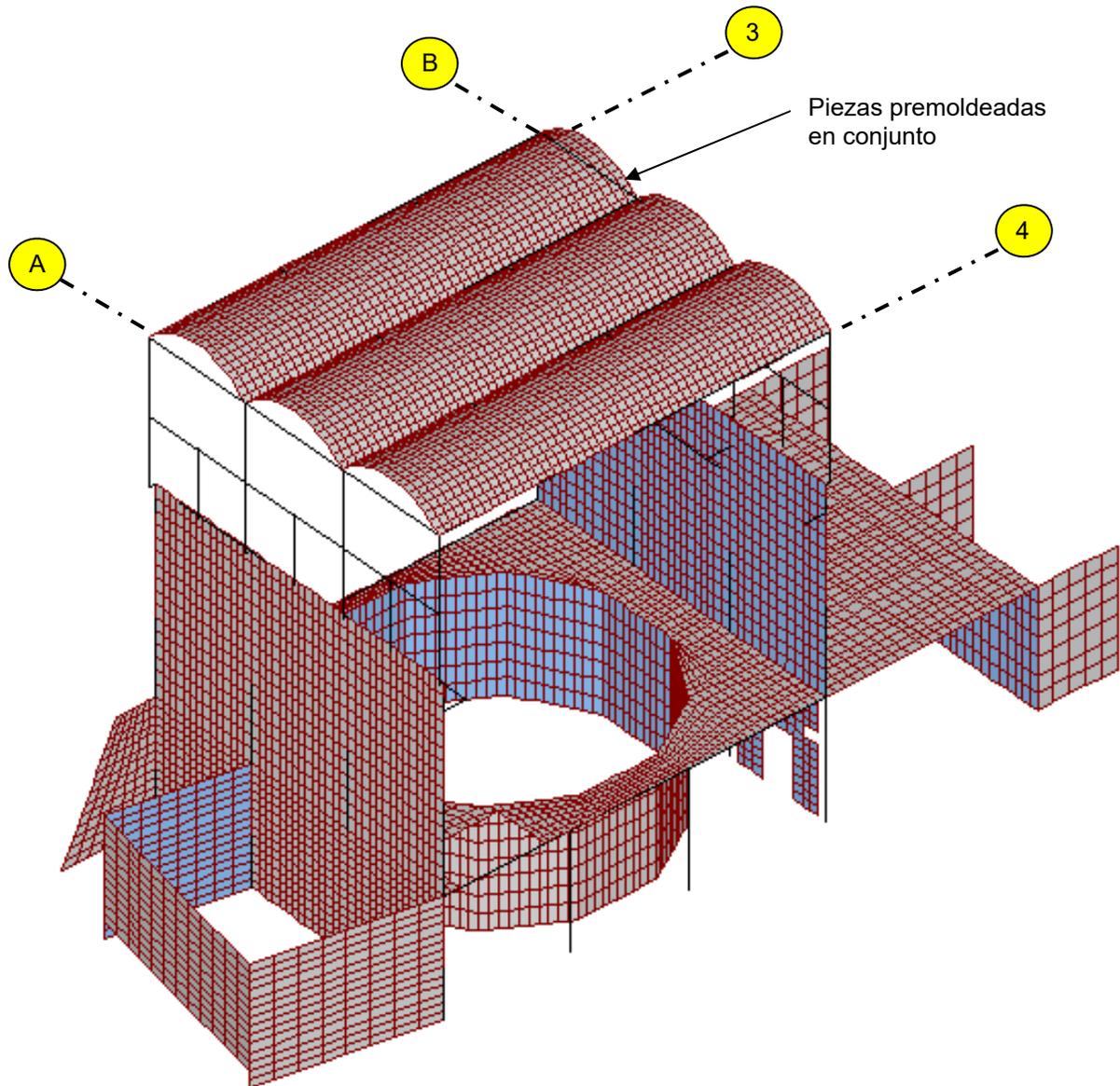
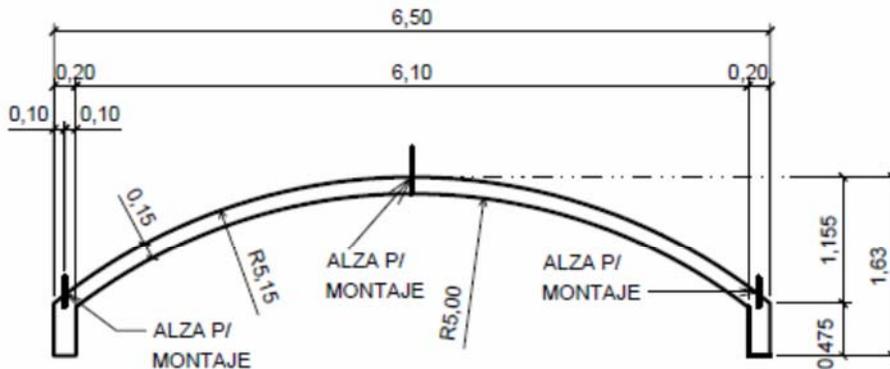


Figura 1. Esquematización de un Monolito (ej.: Monolito 1) de la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda.

Fuente: Alstom Hydro. Memoria de cálculo estructural. Modelo matemático-2013

Se han etiquetado los premoldeados considerando el largo (luz libre entre apoyos, ver figura 14), obteniéndose 2 tipos.

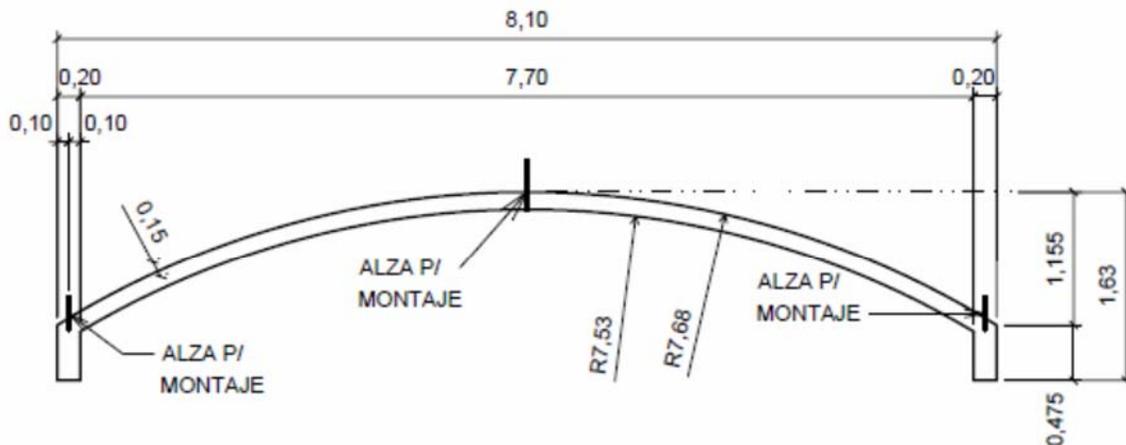
Premoldeados Tipo 1:



PREMOLDEADO TIPO 1

Largo 6.10 m, indistinto del peso, etiquetados como PM1, PM2, PM3 PM4, PM5 y PM6, cada uno con un ancho particular.

Premoldeados Tipo 2:



PREMOLDEADO TIPO 2

Largo 7.70 m, indistinto del peso, etiquetados como PM7, PM8 y PM9, cada uno con un ancho particular.

Están definidos como una placa en sección curva de radio $R=5,00$ m para el Tipo 1 y $R=7,528$ m para el Tipo 2, siendo la cuerda la longitud libre entre apoyos de cada premoldeado y una sagita de 1,1558m para los dos tipos, el espesor de la losa es de 15 cm, como condición de borde se tienen dos vigas laterales de 20 cm y de altura 47 cm (ver

figura 14), las cuales se apoyarán a su vez sobre las vigas de sección 1,20x2,30 m que conforman la estructura principal de cada nave de montaje y de los tres monolitos de la casa de máquinas.

La resistencia especificada del concreto en compresión es de $f'c=350 \text{ kgf/cm}^2$ a los 28 días, y la condición de curado se hará durante las 36 horas siguientes de la colocación del concreto, una vez cumplido este tiempo se debe retirar el premoldeado del encofrado, por tanto, es exigencia en el diseño de la mezcla que al cabo de las 36 horas de fraguado debe alcanzar una resistencia mínima a la compresión de $f'c=150 \text{ kgf/cm}^2$. Esta condición y además, de la restricción del desplazamiento horizontal en la cota inferior de las vigas laterales menor o igual a 4mm, son requerimientos establecidos en la memoria de cálculo estructural.



Figura 2. Isometría de los premoldeados tipos 1 y 2.
Fuente: propia – 2014.

El problema que se plantea es: ¿Cuáles deben ser las características y requisitos de un dispositivo que soporte levantar los premoldeados de gran peso y sección variable, sin que éstos sufran ningún daño?

1.4 Justificación de la Investigación

Este estudio encuentra su justificación en la necesidad que tiene la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda de realizar etapas de construcción en el menor tiempo posible y reducción de costos, a fin de cumplir con el cronograma de ejecución de obra.

Dada la importancia de acelerar los trabajos de montaje de los sistemas mecánicos referidos a las turbinas, es indispensable colocar las cubiertas premoldeadas de techo en un tiempo muy limitado, mediante el uso de un dispositivo adecuado que realice el proceso y proteja cada pieza de las deformaciones que pudieran suscitarse durante el izado hacia las vigas de la cobertura. La manipulación del dispositivo de izamiento deberá realizarse de manera cuidadosa para evitar daños al premoldeado y deformaciones al mismo, con el fin de que éste pueda ser reutilizado para colocación de otras piezas. El buen funcionamiento de este dispositivo permitirá el ajuste controlado y contacto directo entre el dispositivo y el premoldeado, manteniendo todo el conjunto en perfecto equilibrio y correctamente tensionado antes de elevar cada sección de cobertura. Un error durante las maniobras conlleva al daño a la pieza prefabricada, afectando la integridad física de las estructuras adyacentes o el desajuste de fijación al dispositivo, trayendo como consecuencia el desplome del premoldeado con agravantes importantes a la obra, al personal y a las actividades inherentes.

1.5 Objetivos de la Investigación

Se presenta a continuación el objetivo general y los objetivos específicos que se plantean para el desarrollo de la investigación propuesta. El estudiante de la escuela de Ingeniería Civil, a lo largo de sus estudios adquiere los conocimientos que son básicos para su desempeño en la vida profesional. A través del ejercicio de la profesión éstos conocimientos, si son bien canalizados, logran las destrezas necesarias para que el profesional realice un trabajo exitoso, y es aquí donde surge la idea y la inquietud de realizar un proyecto: “DISEÑO DE UN DISPOSITIVO PARA LEVANTAR PREMOLDEADOS DE GRAN PESO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL FABRICIO OJEDA”.

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un Dispositivo reutilizable para levantar premoldeados de geometría circular de concreto estructural de gran peso, así mismo, un manual de procedimiento de uso adecuado.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Analizar las referencias bibliográficas, teóricas y prácticas referidas al diseño y la construcción de estructura metálicas.
2. Definir el diseño estructural como un proceso creativo y obteniendo como producto una estructura segura y económica que cumple un propósito.
3. Definir las funciones estructurales tales como los aspectos básicos de la estructura, cargas (origen, distribución y combinación), y comportamiento estructural que actúan sobre el dispositivo.
4. Considerar diferentes materiales a utilizar y sus características desde el punto de vista estructural.
5. Elaborar el modelo matemático de la estructura del dispositivo, mediante el método de los elementos finitos con el programa SAP2000.
6. Analizar los diagramas de tensiones arrojados por el programa SAP2000.
7. Elaborar las memorias descriptivas y de cálculo del diseño del dispositivo.
8. Dibujar los planos correspondientes.
9. Elaborar un manual de procedimiento para un uso adecuado del dispositivo.

1.6 Alcance o delimitación de la Investigación

Diseño de un Dispositivo que pueda ser reutilizado en el retiro de diversas piezas premoldeadas de concreto estructural de los respectivos encofrados, el procedimiento para el izado y colocación de los mismos de acuerdo al proyecto estructural, así como la elaboración del manual para la manipulación del mismo.

1.7 Limitaciones de la Investigación

La investigación se inicia con la búsqueda de los obstáculos y las limitaciones en la viabilidad y ejecución del proyecto, entre otras, se citan:

-Espacio físico en sitio: la producción y construcción de las piezas premoldeadas debe estar adyacente a la estructura de la Central Hidroeléctrica, y así, se crea una rutina fija en cuanto a colocación de concreto (vaciado), fraguado, levantar y posicionar las piezas en el menor tiempo posible.

-Equipo a utilizar: el tipo de grúa, capacidad de carga y alcance hasta cualquier posición de los diferentes tamaños de los premoldeados.

-Factor tiempo: la necesidad de realizar las actividades del cerramiento total de la cobertura de la Casa de Máquinas en el menor tiempo posible.

-Tipo de concreto estructural: diseño de una mezcla de concreto adecuada para la manipulación temprana con respecto al curado y fraguado.

-Encofrados: determinación del tipo único de cimbra o encofrado para la colocación o vaciado del concreto estructural y que debe satisfacer la producción rápida y eficaz considerando los tiempos de producción y diferentes tamaños de premoldeados.

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico se refiere al conjunto de procedimientos implícitos en el proceso de investigación. Para garantizar que los resultados obtenidos sean confiables y sólidos, además de cumplir con los objetivos planteados, ofrecer un procedimiento ordenado de acción donde se busca identificar el tipo y diseño de investigación, los lineamientos y los métodos específicos que servirán para establecer la población y la muestra a utilizar, las técnicas de recolección de los datos y la técnica de análisis de los mismos.

2.1 Aspectos básicos de la Metodología

Todos los objetos físicos tienen estructuras. En consecuencia, el diseño de estructuras es una parte del problema general del diseño para todos los objetos físicos; no se puede comprender o entender porqué las estructuras se construyen como son, si no se conoce ni comprende los problemas de las mismas, en síntesis, sin un conocimiento claro y conciso de los conceptos básicos, los proyectistas no pueden tomar decisiones inteligentes sin tener criterios definidos en cuanto a formas, métodos y diseños de estructuras.

2.2 Tipo de Investigación

La investigación se basa en el diseño, manipulación y procedimiento de un dispositivo para el izado de premoldeados de gran peso a ser utilizado en la construcción de la cobertura de la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda. El tipo de estudio se enmarca dentro de una investigación tipo proyectiva, la cual según explica Jacqueline Hurtado 2008 en referencia a la investigación proyectiva:

“Este tipo de investigación, también llamada Proyecto factible (UPEL, 1990) consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, los cuales constituyen una solución a un problema o necesidad de tipo práctico. (p. 311). A continuación la autora (op. cita) explica que se pueden ubicar como proyectivas, todas aquellas investigaciones que conducen a inventos, a programas, a diseños o a creaciones dirigidas a cubrir una determinada necesidad, y basadas en conocimientos anteriores” (p. 311).

El Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL (2006), expresa que el Proyecto factible:

“consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades” (p 21).

Según Palella y Martins (2006) el Proyecto factible “consiste en elaborar una propuesta viable destinada a atender las necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica” (p 107). La “Guía Práctica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado (TEG). Especialización en Gerencia de Proyectos” de la UCAB (2006) define como Investigación Proyectiva la “elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible a un problema de tipo práctico, para satisfacer necesidades de una institución o grupo social” (p. 5).

En base a los conceptos anteriormente expuestos, unido a los objetivos planteados, el tipo de estudio se enmarca dentro de una investigación tipo proyectiva modalidad proyecto descriptivo.

2.3 Diseño de la Investigación

La estrategia adoptada por el investigador se basa en relacionar y contrastar hechos con teorías y obtener respuesta al problema planteado, ésta investigación posee un diseño de campo, y de acuerdo a Arias, F (2001) quien determina que “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna” (p.48). La recolección de datos será recabada con la colaboración de

ingenieros, técnicos, supervisores y documentación del proyecto en general, basado en las informaciones suministradas por el proyectista estructural y para las áreas de la cobertura de la Casa de máquinas.

2.4 Operacionalización de objetivos

Planteamiento de los objetivos específicos para identificar las variables y su definición conceptual.

Tabla 1. Operacionalización de objetivos

OBJETIVO ESPECÍFICO	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
1.-Analizar las referencias bibliográficas, teóricas y prácticas referidas al diseño y la construcción de estructura metálicas.	Métodos, procedimientos y normativas o códigos para el diseño de sistemas estructurales.	Aplicación de códigos en el sistema estructural analizado.	En general, -El diseño. -Conceptualización. -Idealización y decisión. -Descripción y realización del proyecto.
2-Definir el diseño de la estructura como un proceso creativo y obteniendo como producto una estructura segura y económica que cumple un propósito.	Propósito y funciones estructurales para el respectivo análisis.	Conocimientos de estática, dinámica, mecánica de sólidos y análisis de estructuras.	Los sistemas estructurales: -Sirven para muchos propósitos. -Adoptan una amplia variedad de formas y detalles. -Cumplir con los requerimientos de uso. -Satisfacer las necesidades del usuario.
3-Definir las funciones estructurales, objetivos de las estructuras, cargas (origen, distribución y combinación), y ante todo el comportamiento estructural.	Función estructural, objetivo de las estructuras, cargas (origen, distribución y combinación) y el comportamiento estructural.	Aplicación de los conocimientos y el análisis estructural.	Cada estructura es <u>única</u> en su combinación específica de ubicación, orientación y comportamiento estructural.

OBJETIVO ESPECÍFICO	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
4-Considerar diferentes materiales a utilizar, características desde el punto de vista estructural.	Materiales a utilizar, características desde el punto de vista estructural.	Materiales utilizados en la construcción de estructuras.	<p>-Todos los materiales, sólidos, líquidos o gaseosos, tienen alguna naturaleza estructural.</p> <p>-En el diseño de estructuras se usan los materiales estructurales disponibles y los productos formados por ellos y sus usos representativos en la construcción.</p>
5-Elaborar el modelo matemático de la estructura del dispositivo, mediante el método de los elementos finitos con el software SAP2000.	Preparar y analizar el modelo estructural mediante el software especializado (Análisis en el plano y en el espacio).	Uso de computadoras para el análisis matemático.	Preparación de las diferentes matrices en el manejo e introducción de datos de acuerdo al software seleccionado para la obtención de cálculos estructurales.
6-Analizar los diagramas de esfuerzos arrojados por el software SAP2000.	Interpretación de los resultados de la data obtenida en los cálculos. Entender y comprender el comportamiento de las estructuras.	Verificar la data obtenida del software utilizado.	Los programas solo realizan operaciones matemáticas con los datos que le suministran, por lo tanto, introducir valores errados, el programa suministrará resultados errados.
7-Elaborar las memorias descriptivas y de cálculo del diseño del dispositivo.	La memoria descriptiva es un documento informativo que debe contener la descripción y justificación de las soluciones técnicas adoptadas, con tantos capítulos y apartados como divisiones o subdivisiones se hayan adoptado para su realización.	La extensión del documento de la memoria debe ser tal que su lectura sea clara, concisa, directa y completa. Tendrá preferencia total la exposición de la línea fundamental del proyecto intentando eliminar la relación excesivamente pormenorizada y detallada que dificulte la correcta ilación del proyecto.	<p>-De la lectura de la memoria debe obtenerse claramente, sin necesidad de consultar restantes documentos, una idea concreta de lo que el proyecto representa.</p> <p>-Por ello debe contener antecedentes e información suficiente para proporcionar un conocimiento completo de la justificación adoptada, la forma en que ha de llevarse a cabo.</p> <p>-La cuantía de la inversión y todo lo relacionado con su realización.</p>

OBJETIVO ESPECÍFICO	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES
8-Dibujar los planos correspondientes.	Grafotécnica de las imágenes visuales de configuraciones geométricas y físicas del proyecto.	Dibujo de los planos de plantas (envigados), despiece de acero en los diferentes miembros estructurales y detalles específicos.	El diseño o proyecto de ingeniería es un proceso conceptual, de ideas, que se realiza en la mente, mientras que el dibujo de planos es un proceso de registro, de memorización y expresión gráfica.
9-Elaborar un procedimiento de manipulación del dispositivo.	El procedimiento de manipulación del dispositivo es un documento informativo que debe contener la descripción, la forma de uso y adaptación y justificar las soluciones técnicas adoptadas, con tantos capítulos y apartados como divisiones o subdivisiones se hayan adoptado para su realización.	La extensión del procedimiento de manipulación debe ser tal que su lectura sea clara, concisa, directa y completa.	<ul style="list-style-type: none"> -De la lectura del manual de procedimiento debe obtenerse claramente, sin necesidad de consultar restantes documentos, una idea concreta de lo que el proyecto representa. -Por ello debe contener antecedentes e información suficiente para proporcionar un conocimiento completo de la justificación adoptada, la forma en que ha de llevarse a cabo. -La cuantía de la inversión y todo lo relacionado con su realización.

2.5 Población y muestra objeto de estudio

En el proceso de la investigación se establece el objeto de la misma, definido como la población, de ella se extrae la información requerida para su respectivo estudio. En éste orden de ideas, Ramírez, T. (1998) define población como: “La que reúne tal como el universo a individuos, objetos, entre otros que pertenecen a una misma clase de características similares, se refiere a un conjunto limitado por el ámbito del estudio a realizar. La población forma parte del universo”.

Para consideración y estudio del presente trabajo de TEG, podemos definir la población como todas las normas (nacionales y foráneas), textos de estudio, sistemas existentes de dispositivos de izamiento y cualquier otro documento que sirva como guía y

referencia para el desarrollo de la metodología en el proyecto diseño, manipulación y procedimiento de un dispositivo para el izamiento de premoldeados de gran peso a ser utilizado en la construcción de la cobertura de la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda.

Héctor Lerma (2003) define la población como:

“La población es el conjunto de todos los elementos de la misma especie que presentan una característica determinada o que se corresponden a una misma definición y a cuyos elementos se les estudiarían sus características y relaciones” (p 73) y también agrega que: “La muestra es un subconjunto de la población. A partir de los datos de las variables obtenidos de ella (estadísticos), se calculan los valores estimados de esas mismas variables de la población” (p 74).

Tamayo y Tamayo M. (1998) define la población como: “La totalidad del fenómeno de estudio, en donde las unidades de la población poseen una característica común, cuyo estudio da origen a los datos de la investigación” (p.96).

Gabaldon Mejía Néstor (1969), define la población como:

“...Estadísticamente hablando, por población se entiende un conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos que presentan características comunes, como por ejemplo, una población puede estar constituida por los habitantes de Venezuela, por el total de vehículos de Caracas, por el número de nacimientos o defunciones de Maracay” (p 7).

Existen diferentes tipos de sistemas de izamiento, entre los más comunes y usuales se tienen:

- Grúas puente.
- Grúas móviles.
- Montacargas.
- Grúas fijas.
- Grúas portuarias.
- Grúas para plataformas marinas.
- Winches y polipastos.

En cuanto a la muestra Sabino, C. (1996) la define como:

“Parte de todo lo que llamamos universo y que sirve para representarlo, es decir, consiste en un número de sujetos que reúnen las mismas características de la población estudiada y, por lo tanto, son representativos de la misma. Cuando la muestra cumple con las condiciones anteriores, es decir, cuando nos refleja en sus unidades lo que ocurre en el universo, la llamamos muestra representativa” (p. 104)

Hernández Sampieri Roberto (1994) define la muestra como: “La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p. 212).

En la rama de la ingeniería estructural (civil y electromecánica) dedicada al proyecto y diseño de sistemas de izamiento abarca una extensa variedad de estructuras en las que se pueden citar puentes grúa, torre-grúas, grúas pórtico, plataformas submarinas de perforación, winches, polipastos, y muchas más, y en este caso la muestra es una estructura muy particular para el diseño, manipulación y procedimiento de un dispositivo para el izamiento de premoldeados de gran peso a ser utilizado en la construcción de la cobertura de la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda; el cual presenta condiciones muy específicas en cuanto a geometría y capacidad. En el presente trabajo se puede definir como muestra a los planteamientos de necesidad, condiciones prácticas y equipos, entre otros:

- Condiciones físicas del lugar de trabajo.
- Restricciones, capacidad y ubicación de los equipos involucrados en el proceso.
- Selección de materiales y formaletas para el proceso de colocación del concreto en las piezas premoldeadas.

2.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son las diferentes formas de obtener y recabar la información. En base a los objetivos de la presente investigación donde

se propondrá el proyecto, diseño, manipulación y procedimiento de un dispositivo para el izamiento de premoldeados de gran peso, se emplearán como técnicas e instrumentos de recolección de datos los puntos siguientes:

- La observación, en su modalidad directa de los diferentes sistemas de izamiento más comunes. Con respecto a la observación, Navarro (2009) indica que “es la técnica que permite obtener información en función de los objetivos de la investigación, sin entablar comunicación con los sujetos objeto de estudio” (p 70).

La observación directa e indirecta (no aplicable para el caso en estudio) es definida por Palella y Martins (2006) como:

“la observación es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar. Es indirecta cuando el investigador entra en conocimiento del hecho o fenómeno a través de observaciones realizadas anteriormente por otra persona. Esto último ocurre cuando se utilizan libros, revistas, informes, grabaciones, fotografías, relacionadas con lo que se está investigando, los cuales han sido obtenidos o elaborados por personas que antes se ocuparon de lo mismo” (p 129).

- Las consultas a los diferentes documentos y entidades con respecto al proyecto estructural de la casa de Máquinas de la Central Fabricio Ojeda.
- Normativa aplicada al diseño, seguridad e inspección de dispositivos y equipos de los diferentes sistemas de izamiento.
- Comportamiento del concreto armado para la fabricación de premoldeados y su manipulación a edades tempranas de fraguado.
- Manuales de materiales de los diferentes tipos de acero
- Tablas y especificaciones técnicas de los diferentes tipos de perfiles y secciones estructurales en acero. Para Méndez (2001) las técnicas e instrumentos de recolección de datos “es la información que se obtiene de las fuentes, así como de su tabulación, ordenamiento, procesamiento y presentación”.

Las técnicas de recolección de información permiten la expresión operativa del diseño de investigación y la especificación concreta de cómo se hará la investigación. Para ello, se definen el proceso de recolección de información como “recursos que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente”. Se

deduce de todo lo planteado que la recolección de datos es el uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para conocer en detalle la información que se requiere estudiar.

2.7 Técnicas para el análisis de los datos

La técnica de análisis de datos representa la forma de cómo será procesada la información recopilada para la investigación y puede ser: cualitativa o cuantitativa. Según Hernández, Fernández y Baptista (2003), el análisis cualitativo se define como: “un método busca obtener información de sujetos, comunidades, contextos, variables o situaciones en profundidad, asumiendo una postura reflexiva y evitando a toda costa no involucrar sus creencias o experiencia” (p 451-452). Por otra parte, Sabino (1992) conceptualiza el análisis cuantitativo como “una operación que se efectúa, con toda la información numérica resultante de la investigación. Esta, luego del procesamiento que ya se le habrá hecho, se nos presentará como un conjunto de cuadros y medidas, con porcentajes ya calculados” (p.451).

Debido a lo señalado anteriormente, en esta investigación, se utilizarán ambas técnicas de análisis de datos. La técnica de análisis cualitativo, para la recolección y clasificación de datos obtenidos a través de la bibliografía, documentos, entrevistas e inspecciones; y la técnica de análisis cuantitativo, para la aplicación de los programas de análisis y cálculo estructural a los datos y a la información ya obtenida y clasificada.

Para lograr la recolección de datos de manera adecuada y eficiente y alcanzar los objetivos trazados en la presente investigación, es conveniente y necesario considerar la búsqueda de factores que influyen en el logro de los objetivos específicos, las cuales se presentan a continuación:

- Dimensiones y masas adecuadas de los premoldeados.
- Tipo y características del concreto para las condiciones de retiro temprano de las losas premoldeadas de los encofrados.
- Diseño de los encofrados adecuados y compatibles con el diseño del dispositivo de izamiento.

- Tiempos de producción de piezas premoldeadas.
- Definir tipo de material y secciones de acero para el diseño.
- Restricciones desde el punto de vista del proyecto estructural.
- Restricciones físicas del área de trabajo y manejo de la grúa.
- Condicionar el diseño del dispositivo para el manejo de las diferentes piezas premoldeadas en cuanto a radios de curvatura, longitud entre apoyos de los mismos y anchos máximos.
- Capacidad de la grúa para levantar el conjunto de dispositivo y premoldeado y posicionarlo en las vigas de cobertura.
- Condiciones físicas del lugar de apoyo de los premoldeados.

El estudio partirá desde el análisis de las referencias teóricas y prácticas referidas a la construcción de estructuras de acero, determinación de los valores de cargas, modelos matemáticos, asignación de propiedades para los perfiles a utilizar, verificación de los resultados obtenidos, utilización y manejo de accesorios para el izamiento (eslingas, grilletes, cáncamos y ganchos de carga), así mismo, las memorias descriptivas y de diseño del sistema estructural a proyectar.

El diseño o proyecto de ingeniería es un proceso conceptual, ideal, que se realiza en la mente en su mayor parte y el trazado de croquis y planos es un proceso de registro, un método para memorizar y expresar en forma gráfica lo que el diseñador o proyectista emplea para comunicarse consigo mismo y manifestar la idea original hacia los demás; también es la forma que le ayuda a “pensar en profundo” o visualizar todos los diversos aspectos considerados en el proyecto.

- a) Evaluar las posibles soluciones a la luz de los requisitos específicos.
- b) Seleccionar la “mejor” solución para un posterior análisis.
- c) Construir y ensayar. Es un paso esencial para verificar el diseño efectuado según solicitud, en otras palabras, descubrir las deficiencias del mismo.
- d) Trazado de los planos del proyecto final.
- f) Modificar y rediseñar, es decir, regresar al paso (a) y comenzar el proceso de nuevo. Este caso puede darse si el proyecto tiene errores en cuanto a lo solicitado o por modificaciones del proyecto.

La experiencia obtenida en la realización de proyectos con muchas soluciones es muy valiosa. Es la clase de experiencia que permitiría hacer frente con confianza a los problemas reales de la ingeniería que se presentan en el desempeño de la profesión. Muchos éxitos en el diseño, en la investigación, en el desarrollo y la producción, provienen del *trabajo en conjunto*, es esencial que un ingeniero adquiera capacidad de tomar decisiones por su cuenta; en resumen: “El arte creativo de idear un medio físico de alcanzar un objetivo o realizar un propósito es el primer paso y el más importante de la ejecución de un proyecto en ingeniería”.

El proceso de diseño no es un acto sino un proceso de actos y de decisiones creativas, condicionadas de muy distintas maneras según sea el objeto del diseño. Asimismo el proceso de diseño implica una serie de toma de decisiones previas sobre aspectos que puedan condicionarlo y que dependen a su vez de las intenciones que motivan al proyectista. Las estructuras sirven para muchos propósitos y adoptan una amplia variedad de formas para cumplir tanto con los requerimientos de uso y satisfacer las aspiraciones y necesidades de los usuarios. Asimismo, cada estructura es única en su combinación específica de ubicación, orientación, y comportamiento estructural.

Y tal como lo expresa Tamayo (1.998) señala “...en los antecedentes se trata de hacer una síntesis conceptual de las investigaciones o trabajos realizados sobre el problema formulado, con el fin de determinar el enfoque metodológico de la misma investigación...” (p. 73).

En conclusión se expresa que el presente estudio no encuentra paralelos o trabajos similares, ya que el dispositivo es atípico, para un propósito específico, para una circunstancia particular y de una disposición final desechable.

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

El marco teórico es la base principal de todo estudio. Permite expresar la idea y la descripción del problema planteado, es aquí donde se integran lo teórico con lo investigado, y así, encontrar la forma en que se interrelacionan, como así también la delimitación del objeto de estudio.

Carlos Sabino (El proceso de investigación, Lumen-Humanitas, Bs. As., 1996) afirma que:

"El planteamiento de una investigación no puede realizarse si no se hace explícito aquello que nos proponemos conocer: es siempre necesario distinguir entre lo que se sabe y lo que no se sabe con respecto a un tema para definir claramente el problema que se va a investigar".

3.1 Antecedentes relacionados con el proyecto.

A lo largo de mucho tiempo el hombre ha requerido de manipular y movilizar una heterogénea cantidad de objetos, ya sea en la horizontal o de forma vertical, utilizando cuerdas de origen vegetal y poleas fabricadas en madera. Hoy día se utilizan diferentes sistemas de izamiento y manipulación de objetos utilizando desde pequeños equipos hasta grandes equipos tales como:

Grúas móviles: Se denomina Grúa Móvil a todo conjunto formado por un vehículo portante, sobre ruedas o sobre orugas, dotado de sistemas de propulsión y dirección propios sobre cuyo chasis se acopla un aparato de elevación tipo pluma. Ver figuras 3 y 4.



Figura 3. Fotografía de grúa móvil telescópica.
Fuente: Internet www.gruasa.com

- Grúas móviles telescópicas, sobre orugas de acero o de ruedas de neopreno.



Figura 4. Fotografía de grúa móvil de celosía y sobre orugas.
Fuente: Internet www.gruasa.com

- **Torres Grúas:** para la construcción de edificios.
- **Pórticos grúa:** las grúas del tipo pórtico son aquellas grúas que están montadas sobre pilares de variadas secciones y perfiles que se mueven por rieles anclados al suelo. Este tipo de equipo es útil para la manipulación de compuertas en los canales de descarga para establecer la eficiencia de las unidades generadoras en centrales hidroeléctricas.

En el caso de los diferentes tipos de diseños de estas grúas se encuentran: las de dos pilares y las de cuatro pilares, en este último diseño los pilares se distribuyen de a pares en cada extremo o apoyo de la viga de cargas, formando un ángulo con la vertical de hasta 60° entre las dos. En este caso no se utiliza porque son grúas de mayor capacidad de carga y además incurre en un mayor gasto de materiales.



Figura 5. Fotografías de grúas pórtico.
Fuente: Internet www.gruasa.com

- **Los puentes grúas:** son aparatos destinados al transporte de materiales y cargas en desplazamientos verticales y horizontales en el interior y exterior de industrias o depósitos. Generalmente consta de una o dos vigas móviles sobre carriles,

apoyadas en columnas, consolas, a lo largo de dos paredes opuestas de un edificio rectangular. El bastidor del puente grúa consta de dos vigas transversales en dirección a la luz de la nave (vigas principales) y de uno o dos pares de vigas laterales (testeros), longitudinales en dirección a la nave y que sirven de sujeción a las primeras y en donde van las ruedas

Desde el punto de vista de seguridad se consideran tres partes diferenciadas:

El puente: se desplaza a lo largo de la nave.

El carro: se desplaza sobre el puente y recorre el ancho de la nave.

El gancho: va sujeto del carro mediante el cable principal, realizando los movimientos de subida y bajada de las cargas.



Figura 6. Fotografías de puentes grúas.

Fuente: Internet www.gruasa.com

- **Grúas de celosía sobre rieles:** en puertos para carga y descarga de buques.
Ver figura 7.



Figura 7. Fotografía de grúa en puertos.
Fuente: Internet. gruasliebherr.com

- Grúas para plataformas marinas.

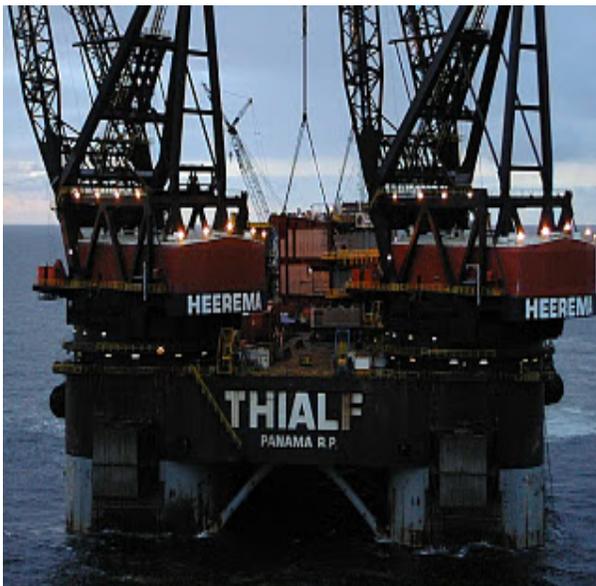


Figura 8. Fotografías de grúas para plataformas marinas.
Fuente: Internet <http://bp0.blogger.com>

- **Grúas flotantes:** Las grúas flotantes son el tipo de grúa de mayor capacidad de elevación, algunas superan las 10.000 toneladas. Normalmente se usan en la construcción de puentes y puertos, ayudando a mover grandes estructuras.

Aunque pueda parecer lo contrario, que la superficie de apoyo de estas grúas sea el agua es una ventaja ya que las características de ésta son bien conocidas y se mantienen constantes.



Figura 9. Fotografía de un tipo de grúa flotante.
Fuente: Internet <http://bp0.blogger.com>



Figura 10. Fotografía de otro tipo y uso de grúas flotantes.
Fuente: Internet <http://bp0.blogger.com>



Figura 11. Fotografía de la grúa flotante más grande que existe.
Fuente: Internet <http://bp0.blogger.com>

La SSCV-Thialf es la grúa flotante más grande. Puede levantar 14.200 toneladas (7.100 por cada grúa) y se utiliza para todo tipo de tareas, tales como levantar otros barcos, submarinos, estructuras de plataformas petrolíferas y en la construcción de gasoductos y oleoductos marinos. Ver figura 11

- **Grúas montacargas.**



Figura 12. Fotografía de izamiento de cargas con equipo hidráulico.
Fuente: Internet. gruasliebherr.com

Es oportuno aclarar que los diferentes equipos de izamiento de carga, las características, usos y propiedades presentados anteriormente es solo para información, ya que tal descripción no está en el alcance del presente Trabajo Especial de Grado.

3.2 Bases teóricas

Aspectos básicos.

Todos los objetos físicos tienen estructuras. En consecuencia, el diseño de estructuras es una parte del problema general del diseño para todos los objetos físicos; no se puede comprender o entender porque los edificios se construyen como son, si no se conoce ni comprende los problemas de sus estructuras, en síntesis, sin un conocimiento claro y conciso de los conceptos básicos de las estructuras, los proyectistas no pueden tomar decisiones acertadas sin tener criterios definidos de la forma y diseño de estructuras.

3.2.1 Seguridad estructural.

El aspecto más importante de las estructuras es ofrecer seguridad. La estructura también debe soportar cargas; en este caso, la seguridad consiste en cierto margen de capacidad estructural más allá de la estrictamente requerida para la función real. Este margen se expresa por el factor de seguridad, FS, que se define de la siguiente forma:

$$FS = \frac{\text{Capacidad de la estructura}}{\text{Capacidad requerida de la estructura}}$$

El deseo de seguridad debe ser moderado por los aspectos prácticos. El usuario de una estructura puede considerar cómodo un factor de seguridad tan alto como 10, pero el costo o el tamaño total de la estructura pueden ser inconvenientes. Por lo general, las estructuras de edificios se diseñan para un factor de seguridad promedio alrededor de 2. Para esto no existe una razón particular que no sea la experiencia. Es decir, con el uso consistente de un factor de seguridad promedio de 2 se han producido relativamente pocas fallas estructurales atribuidas a errores menores de diseño y construcción.

No se debe suponer que se puede establecer con gran precisión un verdadero factor de seguridad en una situación dada. Lo que el proyectista debe lograr es simplemente un

nivel general de seguridad con respecto a un comportamiento adecuado, sin acercarse a los límites de la estructura al colapso. Existen dos técnicas básicas para asegurar el margen de seguridad:

a) *Método de las tensiones de trabajo o de cargas de servicio.* Con este método se determinan condiciones de trabajo bajo uso real (cargas de servicio) y se establecen los límites como un porcentaje de las capacidades máximas (últimas) definidas de los materiales. El margen de seguridad se determina a partir del porcentaje específico utilizado para las tensiones de trabajo. El problema que se presenta con este método es que muchos materiales no se comportan de la misma manera cerca de los límites de falla máxima, como en niveles de carga de trabajo. Por tanto, no se puede hacer una predicción de falla a partir de una evaluación de las tensiones, basándose en una simple proporcionalidad lineal.

b) *Método de diseño por resistencia o del factor de carga.* La base de este método es sencilla. Se determina la capacidad total de carga de la estructura en el punto de falla y se establece la carga permisible (de servicio) en el nivel deseado, dividiendo simplemente la carga de falla entre el factor de seguridad seleccionado. Las únicas condiciones de tensión consideradas en este método son aquellas que se presentan en el colapso. Aunque la seguridad es muy importante, el proyectista también debe tratar muchos otros factores para lograr una solución satisfactoria en cualquier estructura.

3.2.2 La factibilidad

Las estructuras son reales, por lo que en ellas se deben usar materiales y productos disponibles, que puedan manejar los trabajadores de la construcción y las empresas de producción. El proyectista debe tener un conocimiento razonable del inventario corriente de materiales y productos disponibles y de los procesos usuales para la construcción de estructuras. Mantenerse actualizado en este tipo de conocimientos es un desafío ante su crecimiento, el estado cambiante de la tecnología y la competencia de mercado entre proveedores y constructores. La factibilidad no es solo una cuestión de potencialidades tecnológicas, sino que está relacionada con la utilidad práctica de una estructura.

Solo porque algo se puede construir no es razón para que se deba construir. Se tiene que considerar la complejidad del diseño, los costos, el tiempo de construcción, la aprobación de los departamentos reguladores de la construcción, etc.

3.2.3 La optimización.

Con frecuencia, los proyectistas están motivados por deseos de originalidad y expresión individual. Sin embargo, también están presionados generalmente para producir un diseño práctico en términos de función y factibilidad. En muchos casos, para esto se necesita tomar decisiones que constituyan balances entre consideraciones conflictivas u opuestas. A menudo, la solución óptima o la “mejor” es difícil de encontrar. Conflictos obvios son aquellos entre los deseos de seguridad, calidad de acabados, amplitud de los espacios y lujo general, por una parte, factibilidad práctica y economía por otra. Todos estos atributos pueden ser importantes, pero a menudo los cambios que tienden a mejorar un factor hacen que se degraden otros. Generalmente, se necesita ordenar por categorías los diversos atributos, donde normalmente el costo encabeza la lista. Así, la “mejor” solución puede tener que calificarse en términos de las prioridades específicas utilizadas en el diseño.

3.3 Descripción conceptual del dispositivo propuesto.

El dispositivo de izamiento consiste en un marco rígido de acero ASTM A36, con propósito reutilizable, con miembros laterales removibles a modo de cerchas tridimensionales y cables de acero (guayas) para la fijación al mecanismo de una grúa móvil. Se han seleccionado perfiles laminados IPE cuya sección normalizada tiene forma de doble T, también llamado I, con el espesor denominado Europeo. Las caras exteriores e interiores de las alas son paralelas entre sí y perpendiculares al alma, y así las alas tienen espesor constante (principal diferencia con respecto al perfil IPN). Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas. Las alas tienen el borde con aristas exteriores e interiores vivas. La relación entre la anchura de las alas y la altura del perfil se mantiene menor que 0,66.

Este acero es considerado suave, que es el tipo de acero más común utilizado en la construcción y muchas otras industrias. De los aceros al carbono, el acero ASTM A36 es una de las variedades más comunes en parte debido a su bajo costo. Ofrece una excelente resistencia y fuerza para un acero bajo en carbono, aunque es propenso al óxido. Como todos los aceros, el A36 se compone predominantemente de hierro (98 a 99 por ciento). Sin embargo, a diferencia de la mayoría de los aceros, tiene muy pocos elementos añadidos a él. Contiene 0,18 por ciento de carbono, 0,2 por ciento de cobre y entre 0,8 y 0,9 por ciento de manganeso para aumentar la fuerza y la resistencia.

Debido a que el acero ASTM A36 tiene una composición química simple, es muy fácil de soldar, lo que lo convierte en un material estructural atractivo en los oficios de construir donde puede ser encontrado como un soporte temporal o permanente de material de revestimiento. Entre las propiedades físicas el acero ASTM A36 tiene una densidad o masa por unidad de volumen de 7850 kgf/m^3 , con módulo de elasticidad (E) de $2,1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$, módulo de corte o cizallamiento (G) de 808000 kgf/cm^2 y un coeficiente de dilatación térmica lineal (α) de $11,70 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. En términos de propiedades mecánicas, el acero A36 tiene una resistencia a la tensión cedente mínima especificada de 2530 kgf/cm^2 y un alargamiento del 20 por ciento.

Todos los miembros serán conectados con uniones soldadas, donde todas las soldaduras se ejecutarán de acuerdo a las Normas "AMERICAN WELDING SOCIETY", siguiendo los códigos para soldaduras estructurales "STRUCTURAL WELDING CODE" (AWS D1.1-96).

Los grupos de miembros (marco superior y cerchas laterales) removibles o intercambiables se unirán por medio de pernos ASTM A325 y deben cumplir las especificaciones para el diseño por el Método de los Estados Límites de las juntas estructurales con pernos ASTM A325, aprobadas por el Consejo de Investigaciones sobre Conexiones Estructurales precalificadas. Los pernos se instalarán con arandelas endurecidas tipo ASTM F436 bajo la cabeza del tornillo y su respectiva tuerca, estas deben cumplir con los requisitos de la Normativa ASTM A563.

Las dimensiones del marco dependerán del tipo de premoldeado a levantar, para el caso del Tipo 1 es de $6,46 \times 3,70 \text{ m}$ entre ejes y para el Tipo 2 es de $8,06 \times 3,70 \text{ m}$ entre ejes. Lateralmente se encuentran las cerchas tridimensionales (ver piezas 3 y 4 en figura 14) y

su altura es de 3,105 m. El mismo está diseñado para resistir y evitar las tensiones y deformaciones en los premoldeados durante el proceso de izado y su disposición final. (Ver las figuras 13 y 14).

Con este dispositivo se podrán movilizar los Premoldeados Tipo 1 (PM1 al PM6 de ancho 6.10 m), las seis piezas identificadas con el No.2 y No.5 mostradas en la figura 13, actúan como suplementos o extensiones que permiten abarcar las piezas más grandes de los Premoldeados Tipo 2 (PM7, PM8 y PM9 de ancho 7,70 m). La manipulación del dispositivo de izamiento deberá realizarse de manera segura para evitar daños al premoldeado y deformaciones al mismo dispositivo, con el fin de que éste pueda ser reutilizado para la colocación de todas las piezas (un total de 82 piezas). Se deberá realizar un manual de uso y manejo para cumplir con los diferentes cánones de seguridad industrial ajustado a las exigencias normativas.

Se dispondrán elementos para izado de los premoldeado, tales como los tensores de quijada y quijada Crosby® o similar, de referencia HG-228 de 1"x6" o mayor disponible, con una carga de trabajo de 4536 kgf y ubicados en las vigas laterales. También se dispondrán elementos de suspensión a lo largo del eje central del domo del premoldeado, tales como los tensores de quijada y quijada Crosby® o similar, de referencia HG-228 de 3/4"x12" o mayor disponible con carga de trabajo de 2359 kgf.

Igualmente se dispondrá de dos láminas de neopreno para asegurar la unión de la Barra de Ojo Tipo 1 embutida en el concreto del premoldeado, los tensores quijada-quijada y la Unión Tipo 7; lo anterior con la finalidad de evitar movimientos bruscos en dicha unión por la ocurrencia de un movimiento sísmico. Ver figura 15 y 16 (igualmente los detalles indicados en los planos 2014-035/CHFO-EM-1005 y EM-1007). Se toma ésta consideración para no modificar el diseño original del proyecto realizado en San Pablo-Brasil.

Para evitar daños al concreto del premoldeado se colocará un tensor fabricado con dos (2) barras de acero S60 de diámetro No.11 con rosca rápida, (según especificaciones de EFCO) en los extremos, las dos barras se unen por medio de una caja con planchas de acero ASTM A36 de dimensiones 250 mm de largo, 120 mm de ancho y 160 mm de alto, soldando en la parte interna una tuerca EFCO Acme de 32 mm para cada barra S60 (ver figura 14 o detalle en plano 2014-035/CHFO-EM-1010), la caja actúa como calibrador de

tensión, los extremos opuestos de las barras unidas pasan por un “encamisado” de diámetro 2”, previamente dispuestas antes de la colocación del concreto. Por la cara exterior de las vigas laterales, una plancha circular perforada de 160 mm de diámetro y 16 mm (5/8”) de espesor se ajusta al concreto (de las vigas laterales del premoldeado) por medio de una arandela y tuerca EFCO Acme de 32 mm de rosca rápida según especificaciones de EFCO, confinando el premoldeado para mantener el radio de curvatura del mismo y evitando el desplazamiento horizontal.

Cada una de las cuatro eslingas que conforman el sistema de izado, consisten en miembros flexibles a modo de guaya de 6,00 m de longitud y $\Phi=1.1/4$ ” con alma de acero, las cuales vinculan el dispositivo de izado al sistema de elevación de la grúa a través de anillos en sus extremos en el marco superior.

Para retirar el premoldeado del sitio de fabricación (encofrado tipo Redi Radius de EFCO), se remueven los encofrados laterales de las vigas de 20x47 cm, se posiciona el dispositivo sobre el premoldeado y sujetándolo por los ganchos o barras de ojo, embutidas en el concreto, con los tensores de quijada y quijada (ver figura 14). Así mismo y de manera simultánea se hará contacto de la pieza prefabricada por sus vigas laterales a través del conjunto que forma el sistema de ajuste de premoldeados ubicado en la parte inferior (pieza 4 del dispositivo). Cuando se requiera movilizar los premoldeados de 7.70 m de ancho (PM7, PM8 y PM9), se colocarán los suplementos No.2 y No.5 (ver figura 13) para adaptar el dispositivo a este nuevo tamaño.

Una vez izado el premoldeado se colocan inmediatamente los tensores provisionales de cabilla No.11 grado S-60 para la restricción de tensiones horizontales. Se sujeta el dispositivo conjuntamente con el premoldeado y se levanta hasta la elevación 225,90 m con el uso de los miembros No.1 y No.3 según se indica en la figura No.13. En el caso de los premoldeados PM7, PM8 y PM9 se colocarán los suplementos No.2 y No.5 para el izado. Se coloca cada premoldeado en su sitio verificando la posición dispuesta para cada uno de ellos conforme se indica en los planos generales del proyecto estructural de la Central.

**DISPOSICION DE PIEZAS PARA EL SISTEMA
DE IZAMIENTO DE LOS PREMOLDEADOS.
ISOMETRIA**

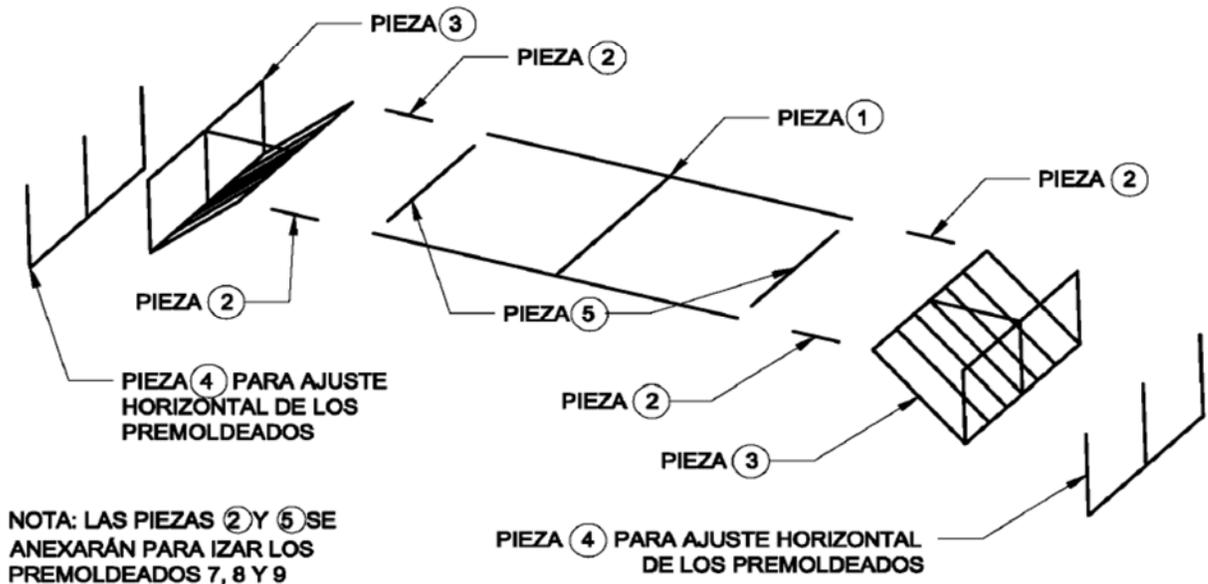


Figura 13. Conceptualización del dispositivo de izamiento en estudio.
Fuente: propia-2014

3.4 Bases legales

El presente estudio se fundamenta en el uso de las normas COVENIN 1618:1998 “ESTRUCTURAS DE ACERO PARA EDIFICACIONES. MÉTODO DE LOS ESTADOS LIMITES” en conjunto con las de la AISC “SPECIFICATION FOR STRUCTURAL Steel Buildings”.

Las Normas permiten el análisis por medio de modelos matemáticos como una forma de reemplazar los métodos analíticos de cálculo estructural. El análisis de éstos modelos se deben proporcionar junto con los cálculos correspondientes. El análisis por medio de modelos matemáticos resulta un método bastante eficaz para predecir el comportamiento de estructuras reales.

Orden numérico de los cálculos estructurales:

1. Memoria descriptiva: descripción clara y concisa de las características del proyecto uso, requerimientos, ubicación, orientación.

2. Especificaciones generales: preparar una sinopsis detallando la información de entrada y salida de datos, método de cálculo, hipótesis que se plantean para el desarrollo del análisis, las normas que se utilizan y la información de salida que se genera.

La ingeniería estructural debe ser del Dominio y Conocimiento del proyectista de acuerdo a las exigencias de la normativa vigente y la ética profesional. La ingeniería estructural considera etapas tanto en el análisis como en el diseño de un sistema estructural. Los objetivos técnicos del procedimiento de análisis, en su mayor parte, se refieren a la determinación de fuerzas y desplazamientos de una estructura dada.

Los objetivos técnicos del proceso de diseño incluyen la selección y el detallamiento de los componentes que conforman los sistemas estructurales o ambos. Las estructuras y los elementos estructurales se diseñarán para tener en todas las secciones una resistencia de diseño mayor o igual a la resistencia requerida, la cual se calculará para las cargas y las fuerzas factorizadas, en las combinaciones que se estipulan en la normativa vigente.

El análisis sísmico no aplica en el presente estudio ya que el dispositivo trabaja en tiempos relativos a condiciones de producción en campo, no tiene puntos fijos de colocación y disposición definida, el análisis sísmico fue considerado en la memoria de cálculo del proyectista una vez que los premoldeados se integran a la superestructura de cada uno de los Monolitos de las unidades generadoras y las Naves de Montaje.

No obstante, se colocan dos láminas de neopreno dispuestas de la forma siguiente:

Parte inferior del tensor: láminas de diámetro 120 mm, espesor de 7 mm y una abertura de diámetro 30 mm, en el centro, para dar paso al perno del tensor, una a cada lado. Ver figura 15.

Parte superior del tensor: láminas de diámetro 120 mm, espesor de 9 mm y una abertura de diámetro 30 mm, en el centro, para dar paso al perno del tensor, una a cada lado. Las láminas de neopreno son más gruesas para lograr un ajuste apretado y porque

dicha unión se mantiene fija, no removible, durante la vida operativa del dispositivo de izado de los premoldeados. Ver figura 16.

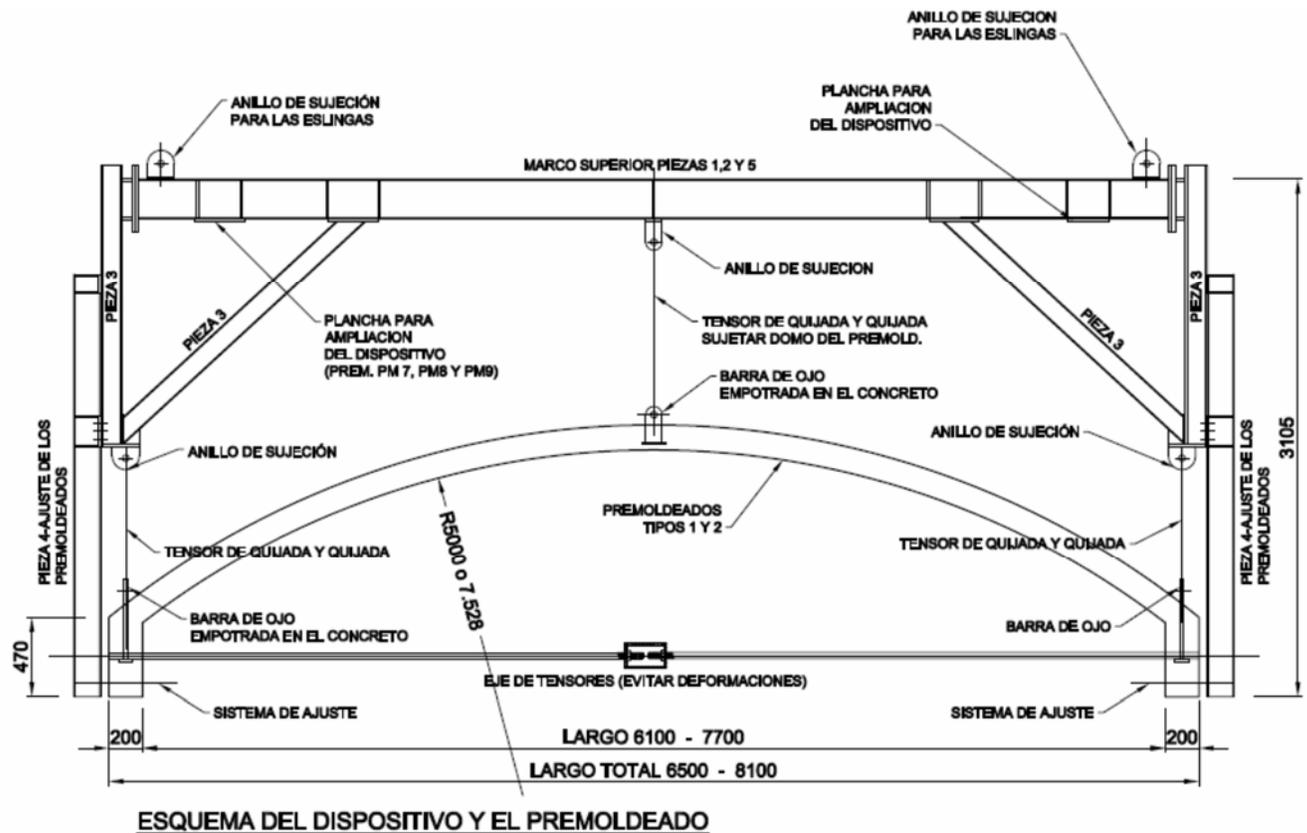


Figura 14. Esquema conceptual del conjunto premoldeado y dispositivo en estudio.

Fuente: propia-2014

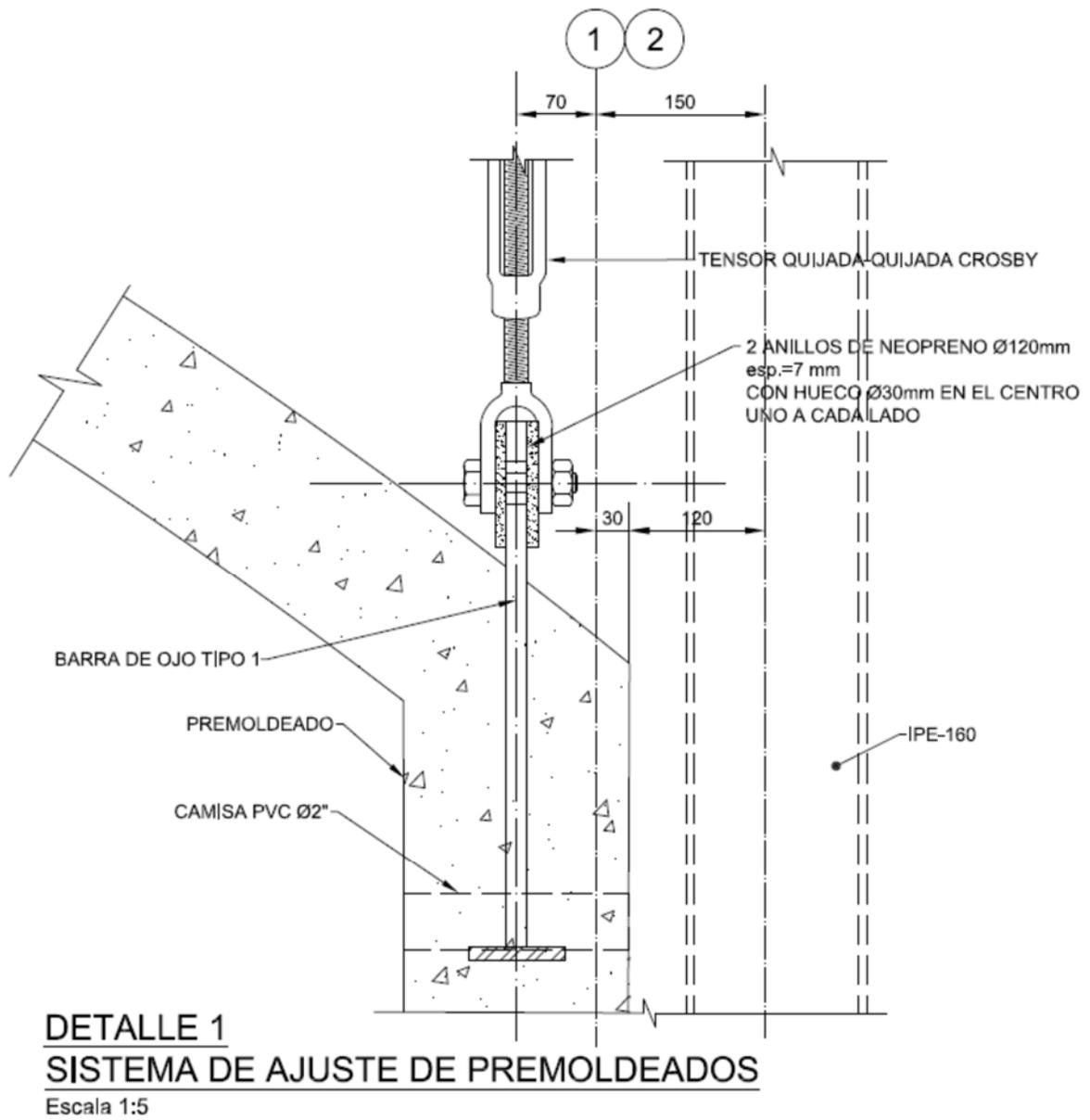


Figura 15. Detalle inferior del ajuste Premoldeado-Dispositivo de izado (utilizando láminas de neopreno) en caso de ocurrencia de movimiento Sísmico.
 Fuente: propia-2016

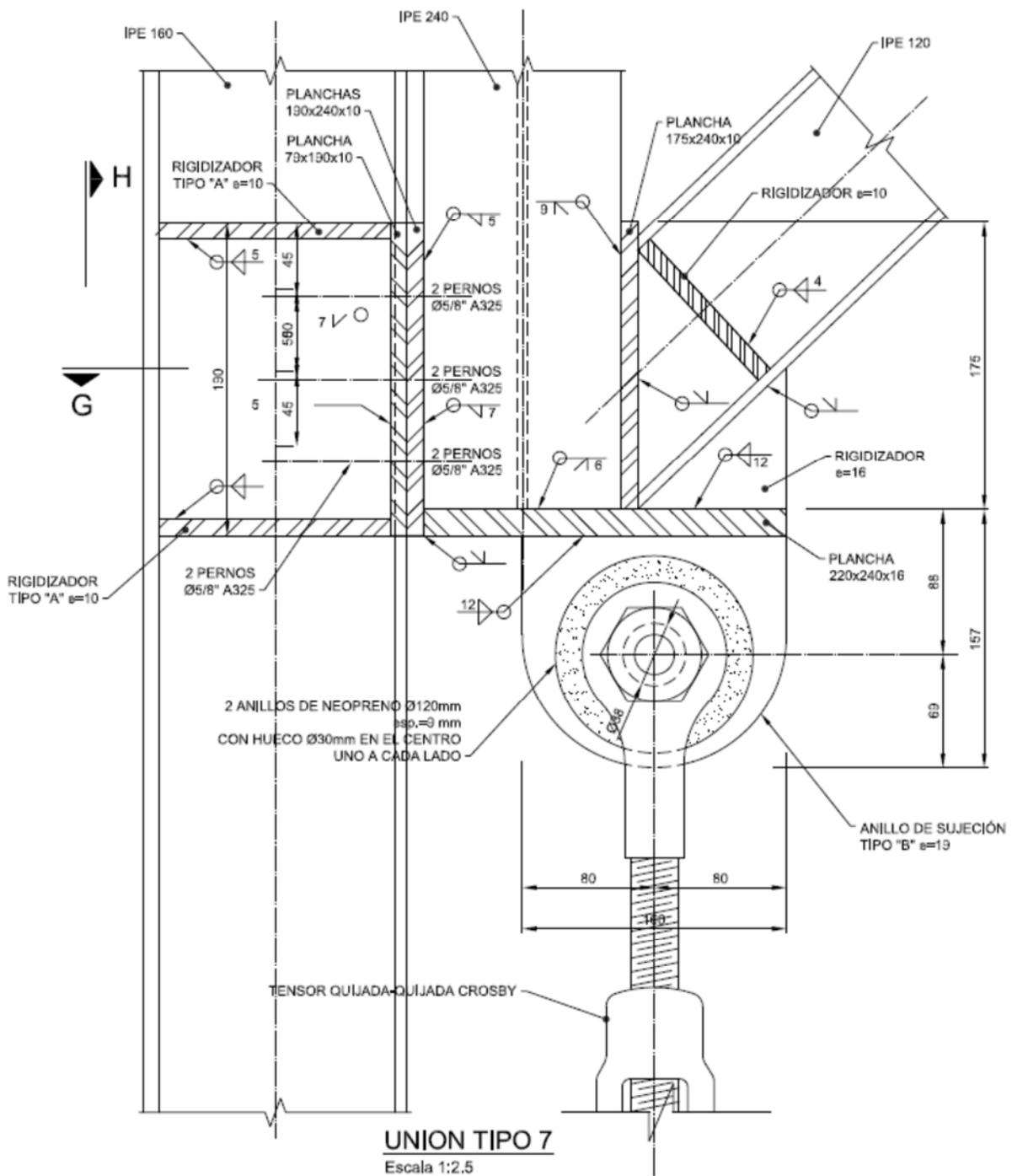


Figura 16. Detalle superior del ajuste Premoldeado-Dispositivo de izado (utilizando láminas de neopreno) en caso de ocurrencia de movimiento Sísmico.
Fuente: propia-2016

3.5 Glosario de términos.

Para los propósitos del presente estudio, se aplican las siguientes definiciones:

Acciones: Fenómenos que producen cambios en el estado de tensiones y deformaciones en los miembros de una estructura. Las acciones se clasifican en permanentes, variables, accidentales y extraordinarias ("loading").

Acciones permanentes: Acciones que actúan continuamente sobre la edificación y cuya magnitud puede considerarse invariable en el tiempo, como las cargas debidas al peso propio de los componentes estructurales y no estructurales ("dead loads").

Acciones térmicas: Acciones producidas por las deformaciones que originan los cambios de temperatura ("temperature effects").

Acciones variables: Acciones que actúan sobre la estructura con una magnitud variable en el tiempo y que se deben a su ocupación y uso habitual, como las cargas de personas, objetos, herramientas, grúas móviles y sus efectos de impacto, que tengan un carácter variable ("live loads").

Acero estructural: En las estructuras metálicas, aplicase a todo miembro o elemento que se designa así en los documentos del contrato y/o es necesario para la resistencia y la estabilidad de la estructura ("structural steel").

AISC: "American Institute of Steel Construction" (Instituto Americano de la Construcción de Acero).

Análisis: Determinación, según modelos matemáticos, de las respuestas correspondientes a las acciones previstas ("analysis").

Análisis estructural: Determinación de las sollicitaciones en los miembros de una estructura ("structural analysis").

ANSI: "American National Standards Institute" (Instituto de Normas Nacionales de los Estados Unidos de Norteamérica).

ASTM: "American Society for Testing and Materials" (Sociedad Americana de Ensayos y Materiales).

Aseguramiento de la calidad: Conjunto de acciones planificadas y sistemáticas necesarias para propiciar la confianza adecuada de que un producto o servicio cumple con los requisitos de calidad establecidos.

AWS: "American Welding Society" (Sociedad Americana de la Soldadura).

Cable de acero: es un conjunto de alambres retorcidos y agrupados helicoidalmente, formando una cuerda metálica, apta para resistir tensiones de tracción y flexión.

Carga de agotamiento o máxima: Carga que conduce al estado límite de agotamiento resistente ("ultimate load"). Carga límite plástica o de estabilidad, según corresponda ("ultimate load, maximum load").

Carga mayorada: El producto de una carga de servicio por un factor de mayoración.

Carga permanente: Carga debida al peso propio de la estructura y de todos los materiales o elementos constructivos soportados por ella en forma permanente, tales como el peso de la estructura y sus accesorios, excluyen los dispositivos para los cables de arriostamientos de las torres atirantadas, etc. ("dead load").

Carga permanente guayas, CP_g : Carga permanente de todos los componentes de las guayas de anclaje, incluyendo guayas, guarniciones de extremo, y aisladores.

Código de prácticas: Documento que describe prácticas recomendadas para el diseño, fabricación, instalación, mantenimiento, o uso de equipos, instalaciones, estructuras o productos (Definición oficial COVENIN) ("code of practice").

Concreto estructural: Concreto usado para propósitos estructurales, incluyendo los concretos simples y los reforzados ("structural concrete").

COVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Diseño: En un miembro estructural, conocidas sus solicitaciones, la determinación racional y económica de sus dimensiones, así como la distribución y detallado adecuados de todos

sus materiales y componentes, satisfaciendo a cabalidad las normas para los estados límites. Método de diseño consistente en determinar todos los modos potenciales de falla o inutilidad (estados límites), y mantener unos niveles de seguridad aceptables contra su ocurrencia, los cuales se establecen habitualmente con criterios probabilísticos ("limit state design").

Ductilidad: En general, capacidad de deformación una vez rebasado el límite de proporcionalidad. En Ingeniería Sísmica, capacidad que poseen los componentes de un sistema estructural de hacer incursiones alternantes en el dominio inelástico, sin pérdida apreciable de su capacidad resistente ("ductility").

Esfuerzo: Úsese la acepción moderna tensión. Fuerza por unidad de área ("stress").

Eslinga: es un tramo relativamente corto de un material flexible y resistente (típicamente un cable de acero) debidamente preparado para sujetar una carga y vincularla con el equipo de izamiento que ha de levantarla, a modo de constituir una versátil herramienta para el levantamiento de cargas.

Especificación técnica: Documento que establece las características de un producto o servicio, tales como niveles de calidad, rendimiento, seguridad, dimensiones. Puede incluir también terminología, símbolos, métodos de ensayo, embalaje, requisitos de marcado o rotulado. La especificación técnica puede adoptar la forma de un código de prácticas (Definición oficial COVENIN) ("technical specification").

Estados límites: La situación más allá de la cual una estructura, miembro o componente estructural queda inútil para su uso previsto, sea por su falla resistente, deformaciones y vibraciones excesivas, inestabilidad, deterioro, colapso o cualquier otra causa ("limit state").

Estado límite de servicio: Las estructuras en conjunto y cualquiera de sus partes, deben tener suficiente rigidez tal que el Estado Límite de Deformación definido no sea excedido bajo las cargas de servicio

Estructura: Conjunto de miembros y elementos cuya función es resistir y transmitir tensiones ("structure").

Estado límite de agotamiento resistente: Las estructuras en conjunto y cualquiera de sus partes, deben tener estabilidad y resistencia de diseño, ϕR_t , definida en las Normas aplicables al material empleado, igual o mayor que las solicitaciones mayoradas.

Fabricación: Proceso de manufactura para convertir materiales brutos en componentes estructurales destinados a la construcción ("fabrication"). Proceso de manufactura para convertir materiales metálicos brutos en componentes estructurales destinados a la construcción, principalmente mediante operaciones de formado en frío, cortado, punzonado, soldadura, limpieza y pintura.

Fabricante: En una edificación, el responsable de producir miembros o elementos fabricados "fabricator". La parte responsable de producir el acero estructural fabricado.

Factores de mayoración: Factores empleados para incrementar las solicitaciones a fin de diseñar en el estado límite de agotamiento resistente ("load factors"), factor que considera: las desviaciones de la carga actual respecto a la carga nominal, las incertidumbres en el análisis de transformar las cargas en solicitaciones, y la probabilidad de que más de una carga extrema ocurra simultáneamente.

Factores de minoración: Factores empleados para reducir la resistencia teórica y obtener la resistencia de diseño ("strength reduction factors").

Factor de seguridad: Relación de un criterio de falla respecto a las condiciones de utilización previstas. Aplicado al criterio de resistencia, cociente de la resistencia de agotamiento dividida entre la resistencia de utilización o prevista ("safety factor").

Falla: Inutilidad; depende del propósito buscado y de los criterios especificados ("failure").

Fundente: Material usado para proteger el arco eléctrico, proporcionar elementos de aleación, facilitar la remoción de óxidos u otras sustancias indeseables, y proteger la soldadura durante su enfriamiento ("flux").

Inestabilidad: Condición que se alcanza al cargar un elemento, miembro o estructura comprimida, en la cual deformaciones progresivas resultan en una disminución de la capacidad de carga.

Memoria descriptiva: Documento donde se exponen las razones que justifican la solución adoptada, así como las hipótesis en el análisis y el diseño y, en general, todo lo necesario para dar una visión completa del conjunto del trabajo. La memoria descriptiva debe permitir su debida y clara interpretación por otros profesionales ("scope of the work").

Método de agotamiento resistente: Método de diseño estructural, también llamado "de Rotura", donde las resistencias de diseño son iguales o mayores que las solicitaciones mayoradas ("ultimate strength design").

Método de tensiones admisibles: Método de diseño estructural donde las tensiones calculadas en condiciones de servicio no exceden los valores límites establecidos por las normas ("working stress design").

Modelo matemático: Formulación de la situación real en forma idealizada, adecuada para el cálculo y con propósitos de predicción y control ("mathematical model").

Montaje: Aplicase al montaje y fijación en la obra de los componentes de acero estructural para formar una estructura completa ("erection").

Montador: La entidad responsable por el montaje del acero estructural ("erector").

Plancha de nodo: Plancha metálica que se coloca en las juntas de las celosías para unir sus miembros; también se conoce como "cartela" ("gusset plate").

Planos de construcción: Planos usados por el constructor para realizar sus trabajos ("erection drawings").

Planos de proyecto: Planos suministrados por la parte responsable del proyecto de la estructura ("plans").

Planos de taller: Planos usados por el fabricante para realizar sus trabajos ("shop drawings").

Proyecto estructural: Conjunto del análisis y el diseño estructural de una edificación ("structural project").

Resistencia cedente: Tensión para la cual un material exhibe una desviación límite de la proporcionalidad entre tensiones y deformaciones, expresándose esta desviación en términos de deformaciones. Siempre que se especifica la resistencia cedente, es necesario citar el método de ensayo utilizado así como el porcentaje de desviación o la deformación total ("yield strength").

Resistencia (de agotamiento) a la tracción: Aplicase a la tensión máxima a la tracción que un material es capaz de resistir ("tensile strength").

Resistencia de agotamiento: Resistencia máxima posible de una sección. Usualmente no es la carga máxima de una estructura; ("ultimate strength"). Máxima resistencia de una sección. Por ejemplo, en una viga de acero de sección compacta sometida a flexión es el momento de agotamiento. No debe utilizarse como la carga máxima de una estructura.

Solicitaciones: Conjunto de fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momentos flectores, momentos torsores y bimomentos que permiten el diseño de las secciones de los elementos y miembros estructurales.

Solicitaciones mayoradas: Conjunto de las solicitaciones simultáneas combinadas de servicio o utilización previstas multiplicadas por los factores de mayoración fijados en las normas aplicables al material utilizado, necesario para diseñar las secciones de los elementos y miembros estructurales en el Estado Límite de Agotamiento Resistente ("set of factored load effects", "required strength"). $\sum \alpha_i Q_i$: la suma de los efectos de carga debido a la aplicación de las cargas mayoradas y a las combinaciones de carga.

Tensión: Fuerza por unidad de área; úsese preferentemente en lugar de "esfuerzo" ("stress").

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1 Prólogo.

Una estructura debe concebirse como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con alto grado de seguridad razonable y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones de servicio, además de satisfacer requisitos en cuanto a costos dentro de límites económicos y finalmente satisfacer exigencias estéticas.

El presente proyecto tiene como propósito la construcción de un dispositivo que satisfaga las condiciones de lugar, estabilidad, manejo y seguridad del traslado de las piezas premoldeadas de gran peso para cubrir la cobertura de los monolitos en la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda. El uso del dispositivo es exclusivo para la actividad descrita, por tanto, no es aplicable a ninguna otra actividad. La geometría del dispositivo se debe ajustar a la geometría de los diferentes tipos de premoldeados. En la determinación final de la geometría definitiva de la estructura del dispositivo de izamiento se consideraron las siguientes variables fundamentales:

1. Condiciones físicas del sitio de trabajo.
2. Dinámica de la ejecución de las obras de las diferentes disciplinas, tales como, estructura principal, instalaciones electro-mecánicas, procesos y mantenimiento.
3. Materiales y equipos para la actividad propia del proyecto, tales como grúas y tipo de encofrado a utilizar.
4. Dimensiones y forma de los premoldeados dependiendo de la ubicación en el conjunto formado por la cobertura de la Sala de Máquinas.
5. Peso de las piezas premoldeadas.

6. Diseño de la mezcla de concreto estructural adecuada para la manipulación temprana en cuanto al curado del concreto de los premoldeados.
7. Consideraciones de diseño estructural de los premoldeados.
8. Limitaciones provenientes del diseño estructural de los premoldeados de acuerdo a lo expresado en la respectiva memoria de Cálculo.

Una vez analizadas, concluidas y cumplidas todas y cada una de las variables previas, proceder a los análisis y estudios para el planteamiento de las hipótesis para cumplir en el diseño final del dispositivo, entre las hipótesis planteadas se tienen:

1. Dimensiones y forma del dispositivo.
2. Materiales y accesorios a considerar.
3. Diseño de Cargas.
4. Limitaciones de uso del dispositivo.
5. Vida útil del dispositivo.

4.2 Descripción del Trabajo.

El desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado se ha dividido en cinco partes a saber:

Primera Parte: Memoria Descriptiva.

Segunda Parte: Memoria de Cálculo.

Tercera Parte: Manual de Uso y Manipulación del Dispositivo de izamiento y de los Premoldeados.

Cuarta Parte: Normativa general para manipulación de premoldeados en la cobertura de la casa de máquinas.

Quinta Parte: Grafotécnica.

4.3 Primera Parte. Memoria Descriptiva.

Objetivo. El objetivo del presente trabajo es describir el Dispositivo de izamiento de los premoldeados para la cobertura de la Casa de máquinas en la construcción de la Central

Hidroeléctrica Fabricio Ojeda en el Desarrollo Camburito-Caparo. Es de particular interés que éste documento forme parte del Proyecto Estructural en conjunto con los planos respectivos.

Descripción de la Estructura. El dispositivo de izamiento consiste en un marco metálico con perfiles Europeos IPE de acero ASTM A36 con propósito reutilizable, cerchas espaciales en los extremos, elementos de unión entre ellas y sustentado por medio de 4 cables de acero para la fijación del mecanismo a la grúa. El mismo está diseñado para resistir las tensiones y deformaciones del premoldeado durante el proceso de izado hasta su disposición final. Se dispondrán elementos de izado directo del premoldeado tales como los tensores de quijada y quijada Crosby® o similar, de referencia HG-228 de 1"x6" o mayor disponible, con una carga de trabajo de 4536 kgf y ubicados en las vigas laterales, según lo dispuesto en los planos. También se dispondrán elementos de suspensión a lo largo del eje central del domo, tales como los tensores de quijada y quijada Crosby® o similar, de referencia HG-228 de ¾"x12", o mayor disponible, con carga de trabajo de 2359 kgf. Cada una de las cuatro eslingas que conforman el sistema de izado, consisten en un elemento flexible a modo de guaya de 6,00 m de longitud y un diámetro $\Phi = 1.1/4"$ con alma de acero, las cuales vinculan el dispositivo de izado al sistema de elevación de la grúa a través de anillos en sus extremos.

Tipo de Soldaduras. Todas las Soldaduras se ejecutarán de acuerdo a las Normas "AMERICAN WELDING SOCIETY", siguiendo los códigos para soldaduras estructurales "STRUCTURAL WELDING CODE" (AWS D1.1-96). Se recomienda el uso de Soldadura Tipo ARCO METÁLICO PROTEGIDO. Los Tamaños de las Soldaduras de Filete se determinan tomando como base el espesor de la más gruesa de las dos piezas a unirse, pero en ningún caso serán inferiores al espesor de la pieza más delgada. Las Soldaduras de Filete se ejecutarán a lo largo de todo el contorno de la sección transversal del perfil, para que la superficie resistente de la misma sea superior a la sección del perfil. No se permitirá la práctica de perforaciones para la soldadura de las almas de las vigas cerca de sus alas.

Pernos. Todos los pernos cumplirán las especificaciones para el diseño por el Método de los Estados Limites (L.F.R.D) de las juntas estructurales con pernos ASTM A325, aprobadas por el Consejo de Investigaciones sobre Conexiones Estructurales. Los pernos

se instalarán con arandelas endurecidas tipo ASTM F436 bajo la cabeza del tornillo y su respectiva tuerca, con excepción de los pernos de anclaje que solo llevarán arandela bajo la tuerca, a su vez, las tuercas deben cumplir con los requisitos de la Norma ASTM A563. Para el apretado de los pernos se aplicara la tabla 22.7 del Capítulo 22 de la Norma 1618:1998 en consonancia con las tablas J3.1 y J3.1M de la AISC-2010. El ajuste de los pernos deberá cumplir con los requisitos de las dimensiones nominales de agujeros de acuerdo a la tabla 22.2 de la Normativa 1618:1998 en consonancia con las tablas J3.3 y J3.3M de la AISC-2010. El apriete de las tuercas se efectuará aplicando cualquiera de los métodos siguientes:

- a) El método denominado ROTACIÓN DE LAS TUERCAS.
- b) Mediante un indicador directo de tracciones.
- c) Con llaves de tuercas adecuadamente calibradas.
- d) Por diseño alternativo del perno.

Alcance del Proyecto. El dispositivo de izamiento está diseñado para resistir las tensiones y deformaciones en el premoldeado durante el proceso de izado hasta su disposición final (ver planos 2014-035/CHFO-EM-1003, 2014-035/CHFO-EM-1004, 2014-035/CHFO-EM-1006 y 2014-035/CHFO-EM-1007 2014-035/CHFO-EM-1001 y 2014-035/CHFO-EM-1002. Comprende los trabajos para el izamiento de los premoldeados típicos con dimensiones variadas (piezas prefabricadas en concreto estructural), para realizar la cobertura prevista a partir de la elevación +225,90 m con altura final definida según el tipo de elemento, en coincidencia con los ejes "A" y "B" y entre los ejes "1" hasta "6" los cuales cubren las Naves de Montaje "A" y "B", Monolitos "1", "2" y "3" de la Casa de Máquinas.

Programa de Análisis. La estructura se analizará mediante el programa SAP2000. El sistema SAP2000, es un programa general, que permite la modelación de estructuras tridimensionales con una variada gama de elementos tipo, los cuales van desde elementos lineales con un grado de libertad en cada extremo, hasta elementos finitos sólidos tanto bidimensionales como tridimensionales, todos ellos con formas y geometría definibles por el usuario. El análisis permite el uso de solicitaciones espectrales multidireccionales, además considera la posibilidad de incorporación de sub-estructuras, sistemas de cargas móviles y posibilidades de acoplamientos con seis grados de libertad. El diseño posee una

interfaz gráfica para diseño y verificación de elementos en concreto y en acero, con lo cual permite una optimización iterativa de las secciones.

Consideraciones y Especificaciones Generales. El sistema sensible que lleva a cumplir con el objetivo del dispositivo de izado e integridad de la pieza de concreto, es el sistema de ajuste de premoldeados, cuyos detalles se pueden ver en los esquemas respectivos del plano 2014-035/CHFO-EM-1005. Su funcionamiento permite el ajuste controlado y contacto estrecho entre el Dispositivo y el Premoldeado. La manipulación del dispositivo de izamiento deberá realizarse de manera cuidadosa para que se eviten daños al premoldeado y deformaciones al mismo marco, con el fin de que éste pueda ser reutilizado para la colocación de las siguientes piezas. Se deberá verificar que todo el conjunto de izado esté equilibrado y correctamente tensionado antes de elevar cada sección de la cobertura.

4.4 Segunda Parte. Memoria de Cálculo.

El objetivo del presente trabajo es dimensionar el Dispositivo de izamiento de los premoldeados para la cobertura de la Casa de máquinas en la construcción de la Central hidroeléctrica Fabricio Ojeda en el Desarrollo Camburito-Caparo. Es de particular interés que éste documento forme parte del Proyecto Estructural en conjunto con los planos respectivos.

Materiales. En el proyecto se utilizaron las siguientes calidades de materiales:

- a) Acero de refuerzo. Barras Grado S-60: $F_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$
- b) Acero estructural. Perfiles Laminados y Planchas: $F_y = 2500 \text{ kgf/cm}^2$ (ASTM A36)
- c) Electrodo E70XX. Aplicable a las soldaduras de los elementos que concurren en los nodos, planchas de cabeza de vigas y columnas y las conexiones de vigas a vigas.
- d) Pernos: Pernos de conexión: ASTM A325

Bibliografía General. Para el desarrollo del proyecto se utilizaron las normas COVENIN-MINDUR vigentes en el país para la fecha de ejecución de este trabajo y en particular las siguientes:

Covenin 1618-98 “Estructuras de Acero para Edificaciones: Método de los Estados Límites”. Articulado y Comentarios.

Covenin 1755-87 “Código de Prácticas Normalizadas para la Fabricación y Construcción de Estructuras de Acero”.

Covenin 1756-1-2001 “Edificaciones Sismorresistente”. Articulado y Comentarios.

Covenin 2002-88 “Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones”.

Covenin 2003-87 “Acciones del Viento Sobre las Estructuras”.

En forma complementaria se utilizaron las siguientes normas extranjeras:

- ANSI/AISC 360-2010 “Specification for Structural Steel Building”. Articulates and Commentaries.
- ANSI/AISC 341 y 341S-2005 “Seismic Provisions for Structural Steel Building”
- “Manual of Steel Construction”, American Institute of Steel Construction, Inc., 9th edition, 1995.
- “Design of Welded Structures”. Omer w. Blodget. 3th. edition.
- “Soldadura de Elementos Metálicos” según Normas AWS.
- “Especificaciones para Fabricación de Acero” según Normativa ASTM.
- “Manual del Programa SAP2000” – Computers & Structures Inc.

Concepción Estructural y Criterios de Cálculo. El análisis estructural fue hecho a través del programa SAP2000, por el método de los elementos finitos, con modelos estructurales apropiados y con las cargas actuantes en las estructuras. Fueron considerados elementos (*frame*) para representar los elementos horizontales (vigas) y los elementos verticales (columnas) simulando el comportamiento estructural para el debido análisis ante las hipótesis de carga. La estructura fue calculada de acuerdo con las normas especificadas en la bibliografía.

Descripción de los Modelos Adoptados. Se ha modelado la estructura completa, donde pequeñas aproximaciones fueron necesarias para facilitar la elaboración de los archivos para procesamiento en el SAP2000, evitando distorsiones que influenciasen significativamente los valores de las tensiones actuantes. Para el análisis y diseño de los elementos de la estructura se han realizado dos modelos con las características siguientes:

Modelo 1. Considerando la estructura en un apoyo de segundo orden conformado con la unión de las cuatro eslingas en el gancho de la grúa y analizar este comportamiento.

Modelo 2. Considerando la estructura completa y simulando la unión de cada una de las cuatro eslingas en las barras de ojo de la estructura como una articulación y analizar este comportamiento.

Para el diseño Estructural del dispositivo se considera el modelo que satisfaga todas la hipótesis de diseño y de mayor exigencia de tensiones.

Condiciones de Carga.

El trabajo comprende el análisis de las diferentes hipótesis de carga dependiendo del tipo de Premoldeados, de L=6.50 m Tipo1 o L=8.10 m Tipo 2, según lo descrito en el Capítulo I en la página 9.

Carga Variable (CV). Esta hipótesis de carga considera que solo actúa a lo largo de los ejes 1 y 2 y en el momento en que el dispositivo esta en reposo sobre el suelo, ya que por seguridad industrial no es permitido la manipulación del conjunto dispositivo-premoldeado con personal de trabajo de obra. Esta hipótesis es válida para aplicar a los dos tipos de premoldeado.

$$CV = 50 \text{ kgf/ml.},$$

Carga del Peso Propio (PP). Esta hipótesis de carga pertenece al peso del dispositivo y se asume por defecto en el programa con un factor de mayoración de 1.40 por considerarse carga dinámica. Esta hipótesis es válida para aplicar a los dos tipos de premoldeado.

Carga Permanente (CP). Esta hipótesis de carga considera el premoldeado de mayores dimensiones, por tanto, el de mayor peso, con un factor de mayoración de 1.40 por considerarse carga dinámica. Esta hipótesis es particular para cada tipo de premoldeado.

Premoldeado Tipo 1:	Peso máximo: 16000 kgf. (Tipo PM3). Reacción en cada apoyo: 4000 kgf.
Premoldeado Tipo 2:	Peso máximo: 10000kgf. (Tipo PM8). Reacción en cada apoyo: 2500 kgf.

$$q_z = 0.00485 \cdot \alpha \cdot V^2$$

La velocidad básica del viento en la zona: $V=90$ km/h

$$q_z = 0.00485 \cdot 1.15 \cdot (90)^2 \quad q_z = 45.18 \text{ kgf/ml redondeando } q_z = 50 \text{ kgf/ml}$$

Esta hipótesis es válida para aplicar a los dos tipos de premoldeados.

Combinaciones. Las solicitaciones mayoradas para la estructura, sus miembros, juntas y conexiones, así como su sistema de fundación, se determinarán de la hipótesis de solicitaciones que produzca el efecto más desfavorable. Se tendrán en cuenta todas las combinaciones posibles, cambiando adecuadamente sus signos según las expresiones siguientes.

Combinación 1: $1.40 \cdot 1.40CP$

Combinación 2: $1.40 \cdot 1.20CP + 1.0CA$

Combinación 3: $1.40 \cdot 1.20CP + 1.0CA + 1.60W$

Combinación 3: $1.40 \cdot 1.20CP + 1.0CA - 1.60W$.

Diseño Sismorresistente. Las consideraciones de la curva de respuesta espectral en aceleraciones y las relaciones de tensiones direccionales debido al sismo no han sido tomadas en cuenta en el alcance del presente objetivo.

Análisis Estructural. Según el análisis arrojado por el Sap2000 se han seleccionado las solicitaciones obtenidas de las combinaciones más desfavorables que satisfacen los factores de mayoración de cargas y minoración de resistencias.

4.4.1 Análisis y Diseño de los Miembros.

Todos los miembros se diseñarán atendiendo las exigencias del nivel de diseño ND3, por tanto, se considera el sistema estructural del dispositivo como Pórtico Resistente a Momento con capacidad especial de disipar energía SMF (Special Moment Frames), solo se verifican los miembros que resulten con tensiones y deformaciones superiores al 50% de su capacidad. En los anexos 1 al 7 se encuentran las referencias de numeración de los miembros y juntas del dispositivo Tipo 1 y desde el anexo 8 al 14 para el Tipo 2.

4.4.2 Análisis y Diseño del Dispositivo para Premoldeados Tipo 1.

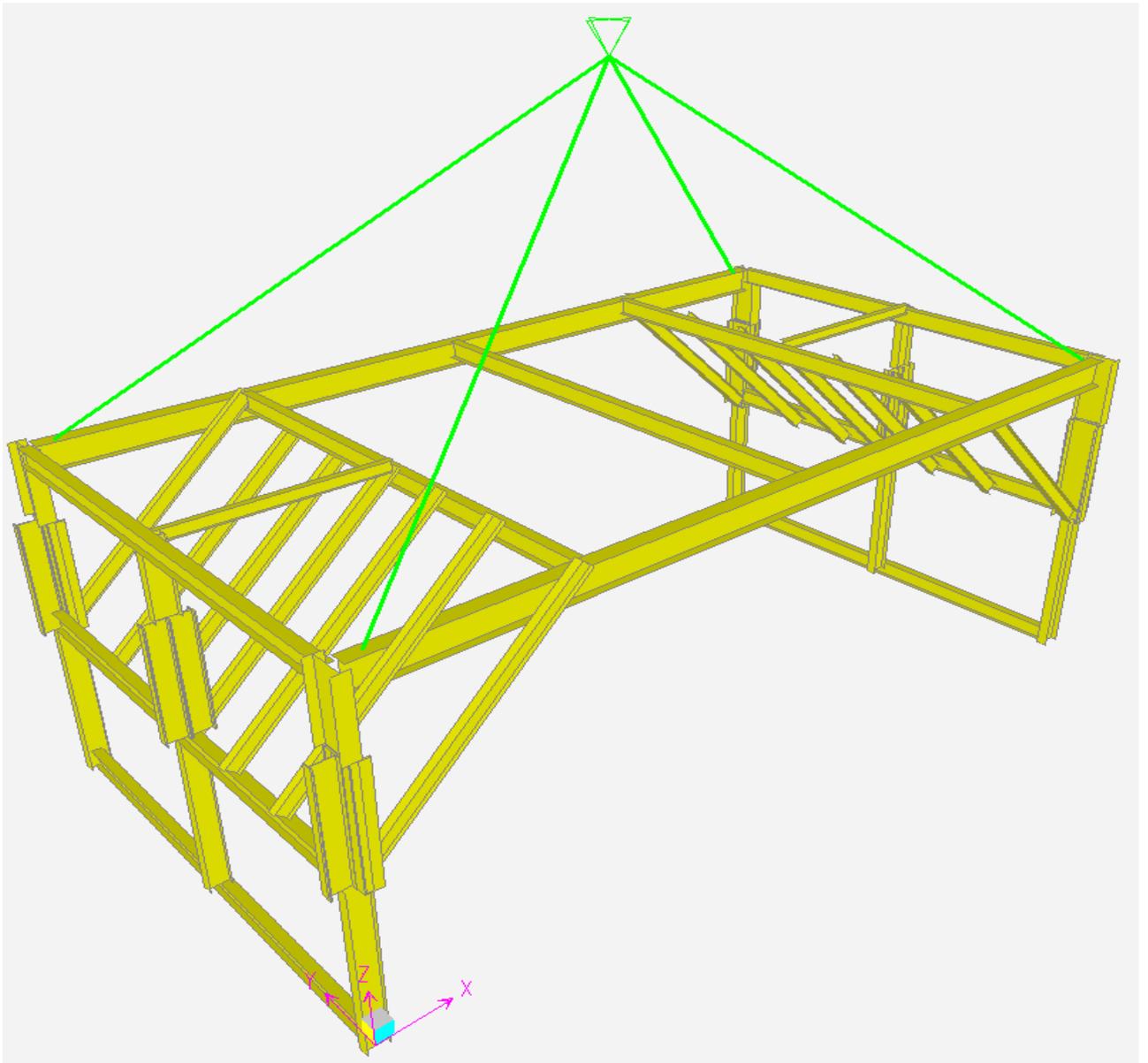


Figura 1-Isometría de la Estructura para el Premoldeado Tipo 1.

Fuente: SAP2000.

Diseño de la Estructura para Premoldeado Tipo 1.

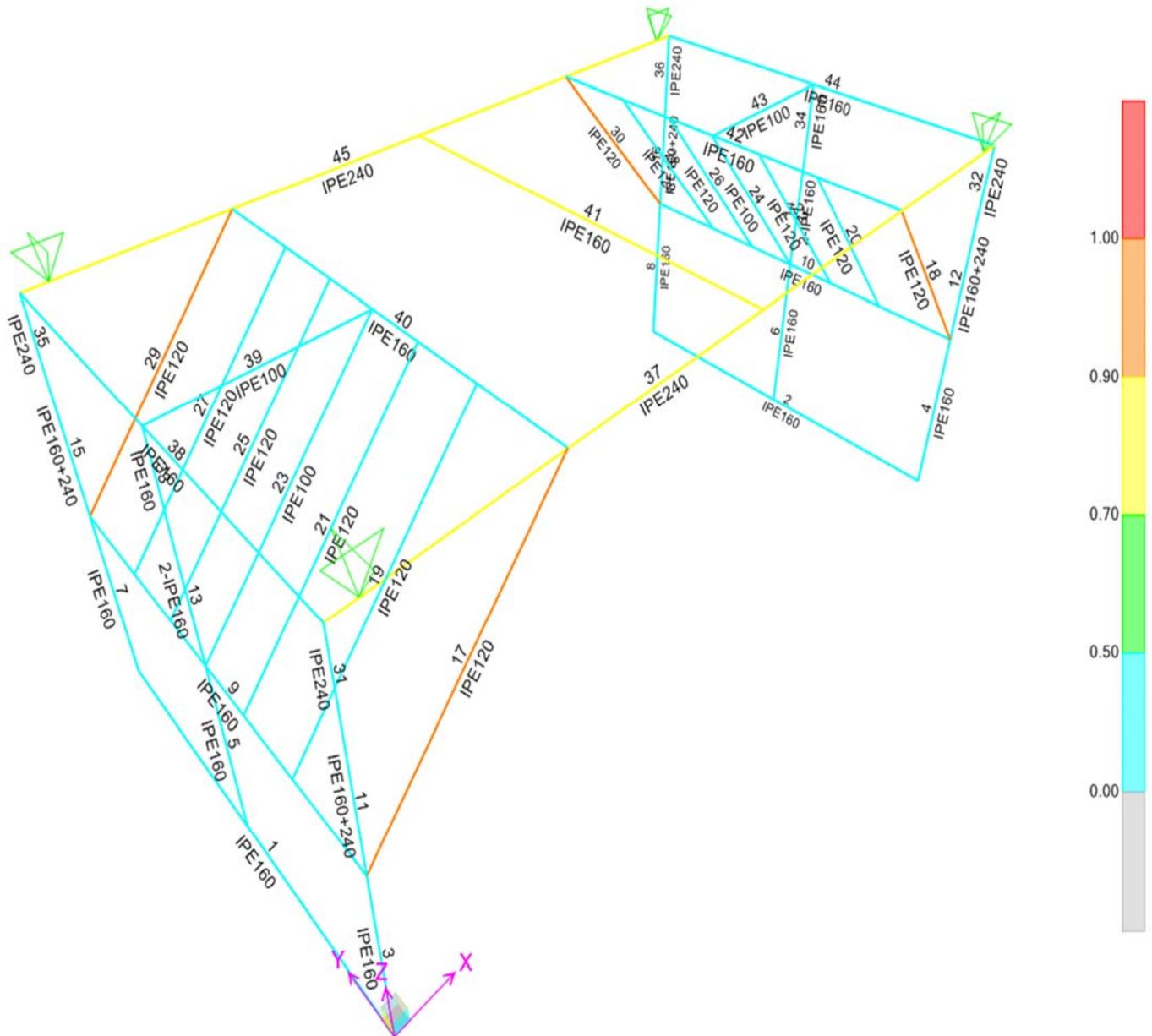


Figura 2-Tensiones y solicitaciones para el Premoldeado Tipo 1.

Fuente: SAP2000.

Análisis y Verificación de los Miembros para Premoldeado Tipo 1.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 37	X Mid: 3.440	Combo: COMB3	Design Type: Beam			
Length: 6.880	Y Mid: 0.000	Shape: IPE240	Frame Type: SMF			
Loc : 0.200	Z Mid: 3.190	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.111	AlphaPr/Pe=0.056	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.004	I33=3.890E-05	r33=0.100	S33=3.242E-04	Av3=0.002		
J=0.000	I22=2.830E-06	r22=0.027	S22=4.717E-05	Av2=0.001		
E=2.100E+10	fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=3.680E-04	Cw=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=7.850E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB3)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.200	-11028.099	-2713.740	3.455	20110.783	-45.620	0.031
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)						
D/C Ratio:	0.402 = 0.076 + 0.324 + 0.002					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0.535	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	0.250	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	0.267	1.000	1.223			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	-11028.099	72251.245	89030.700			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	-2713.740	8379.360	8379.360			
Minor Moment	3.455	1718.376				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	20110.783	22587.839	0.890	OK		
Minor Shear	45.620	32133.025	0.001	OK		
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS						
Major (U2)	UMajor Left	UMajor Right				
	20103.565	19462.949				

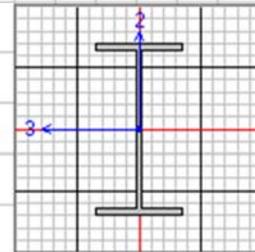


Figura 3-Tensiones y solicitaciones en Miembros 37 y 45.

Fuente: SAP2000.

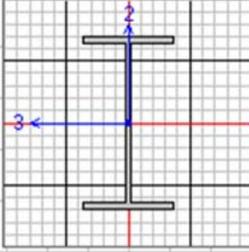
AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 41	X Mid: 3.440	Combo: COMB4	Design Type: Beam			
Length: 3.700	Y Mid: 1.850	Shape: IPE160	Frame Type: SMF			
Loc : 1.850	Z Mid: 3.190	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA Factor=0.800 EI Factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.246	AlphaPr/Pe=0.095	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.002	I33=8.690E-06	r33=0.066	S33=1.086E-04	Av3=0.001		
J=0.000	I22=0.000	r22=0.018	S22=1.663E-05	Av2=8.000E-04		
E=2.100E+10	fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=1.240E-04	Cw=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=2.720E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB4)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
1.850	12530.733	1921.652	0.000	996.272	0.000	0.000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1a)						
D/C Ratio: 0.879 = 0.274 + 0.605 + 0.000						
= (Pr/Pc) + (8/9)(Mr33/Mc33) + (8/9)(Mr22/Mc22)						
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1a)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	0.250	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1.000	0.250	1.421			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	12530.733	38931.243	45767.700			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
Minor Moment	0.000	606.015	2823.480			
						
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
Minor Shear	0.000	16580.203	0.000	OK		
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS						
Major (U2)	UMajor Left	UMajor Right				
	2188.762	2034.949				

Figura 4-Tensiones y solicitaciones en Miembro 41.
Fuente: SAP2000.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 8	X Mid: 6.880	Combo: COMB4	Design Type: Column			
Length: 1.500	Y Mid: 3.700	Shape: IPE160	Frame Type: SMF			
Loc : 1.500	Z Mid: 0.750	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.246	AlphaPr/Pe=0.199	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.002	I33=8.690E-06	r33=0.066	S33=1.086E-04	Av3=0.001		
J=0.000	I22=0.000	r22=0.018	S22=1.663E-05	Av2=8.000E-04		
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=1.240E-04	Cw=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=2.720E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB4)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
1.500	12523.880	-368.494	-15.123	245.301	21.380	0.000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1a)						
D/C Ratio:	0.412 = 0.274 + 0.116 + 0.022					
	= (Pr/Pc) + (8/9)(Mr33/Mc33) + (8/9)(Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1a)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1.000	1.857	1.823			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	12523.880	32615.206	45767.700			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	-368.494	2823.480	2823.480			
Minor Moment	-15.123	606.015				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	245.301	12144.000	0.020	OK		
Minor Shear	21.380	16580.203	0.001	OK		
CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS						
Joint Design	Cont P1 Area	Dbl P1 Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor		
	N/C	0.000	N/C	N/C		

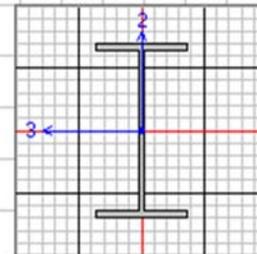


Figura 5-Mayores Tensiones y solicitaciones en Miembros de IPE160.

Fuente: SAP2000.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 29	X Mid: 0.800	Combo: COMB1	Design Type: Brace			
Length: 2.327	Y Mid: 3.700	Shape: IPE120	Frame Type: SMF			
Loc : 0.000	Z Mid: 2.345	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.149	AlphaPr/Pe=0.041	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.001	I33=3.180E-06	r33=0.049	S33=5.300E-05	Av3=6.720E-04		
J=0.000	I22=0.000	r22=0.014	S22=8.625E-06	Av2=5.280E-04		
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=6.100E-05	Cw=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=1.410E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	-4969.977	-1233.190	-0.827	-4972.490	-0.871	0.005
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1a)						
D/C Ratio:	0.997 = 0.206 + 0.789 + 0.002					
	= (Pr/Pc) + (8/9)(Mr33/Mc33) + (8/9)(Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1a)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	0.250	1.000	1.000	1.000	1.000	0.325
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1.000	1.000	2.945			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	-4969.977	24148.247	30056.400			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	-1233.190	1388.970	1388.970			
Minor Moment	-0.827	314.226				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	4972.490	8015.040	0.620	OK		
Minor Shear	0.871	11017.037	7.909E-05	OK		
BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS						
Axial	P Comp	P Tens	N/C			
	-4969.977					

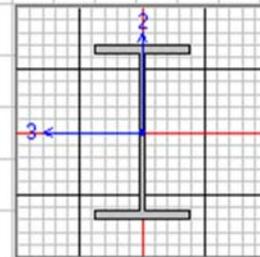


Figura 6-Tensiones y solicitaciones en Miembros 17,18, 29 y 30.

Fuente: SAP2000.

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 15	X Mid: 0.000	Combo: COMB4	Design Type: Column			
Length: 1.040	Y Mid: 3.700	Shape: IPE160+240	Frame Type: SMF			
Loc : 0.000	Z Mid: 2.020	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 90.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.091	AlphaPr/Pe=0.003	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiY=0.900	PhiF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiT=0.900				
A=0.008	I33=3.765E-05	r33=0.068	S33=2.209E-04	Av3=0.005		
J=1.041E-05	I22=4.850E-05	r22=0.077	S22=4.042E-04	Av2=0.002		
Ixy=0.000	Imax=4.850E-05	rmax=0.077	Smax=4.042E-04			
Rot= 90 deg	Imin=3.765E-05	rmin=0.068	Smin=2.209E-04			
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=3.728E-04			
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=4.932E-04			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB4)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	18720.857	850.310	-362.154	581.932	-377.089	0.000
PHM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)						
D/C Ratio:	0.259 = 0.051 + 0.169 + 0.039					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAxIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	L1tb	K1tb	Cb			
LTB	1.000	6.020	1.373			
	Pu	phi*Pnc	phi*Pnt			
Axial	Force	Capacity	Capacity			
	18720.857	182790.719	184983.480			
	Mu	phi*Mn	phi*Mn			
Major Moment	Moment	Capacity	No LTB			
Minor Moment	850.310	5029.565	5029.565			
	-362.154	9203.600				
SHEAR CHECK						
	Uu	phi*Un	Stress	Status		
Major Shear	Force	Capacity	Ratio	Check		
Minor Shear	581.932	26114.019	0.022	OK		
	377.089	67337.623	0.006	OK		

Figura 7-Tensiones y solicitaciones en Miembros 11, 12,15 y 16. Ver planos para la respectiva geometría.

Fuente: SAP2000.

AISC360-05/IBC2006 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 14	X Mid: 6.880	Combo: COMB3	Design Type: Column			
Length: 1.040	Y Mid: 1.850	Shape: 2-IPE160	Frame Type: SMF			
Loc : 0.000	Z Mid: 2.020	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA Factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.001	AlphaPr/Pe=0.000	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.004	I33=4.152E-05	r33=0.103	S33=2.595E-04	Av3=0.002		
J=0.000	I22=1.363E-06	r22=0.019	S22=3.325E-05	Av2=0.002		
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=3.103E-04			
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=5.157E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB3)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	78.284	38.617	-22.470	25.749	-21.402	0.000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)						
D/C Ratio:	0.037 = 0.000 + 0.007 + 0.030					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1.000	1.000	1.384			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	78.284	75475.232	88329.384			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
Minor Moment	38.617	5908.731	5908.731			
	-22.470	757.000				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
Minor Shear	25.749	22664.845	0.001	OK		
	21.402	31098.724	0.001	OK		

Figura 8-Tensiones y solicitaciones en Miembros 13 y 14. Ver planos para la respectiva geometría.

Fuente: SAP2000.

Reacciones en los Apoyos para el Premoldeado Tipo 1.

Para la verificación de las eslingas que soportan el sistema se considera la resultante de la tensión máxima en el plano XY (columna RES (2D)) y en el plano espacial XYZ (columna RES 3D) y comparar los valores con la capacidad máxima de las eslingas.

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3	RES (2D)	RES (3D)
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf	Kgf
28	COMB1	430.7	-0.82	-17625.97	0	0	0	17631.23	17631.23
28	COMB2	-213.32	-1.52	-21921.37	0	0	0	21922.41	21922.41
28	COMB3	3344.01	-2.31	-22335.24	0	0	0	22584.18	22584.18
28	COMB4	-3770.66	-0.73	-21507.51	0	0	0	21835.54	21835.54
32	COMB1	-430.7	-0.82	-17625.97	0	0	0	17631.23	17631.23
32	COMB2	213.16	-1.52	-21921.37	0	0	0	21922.41	21922.41
32	COMB3	-894.13	-3.19	-21830.42	0	0	0	21848.72	21848.72
32	COMB4	1320.44	0.15	-22012.32	0	0	0	22051.89	22051.89
47	COMB1	430.7	0.82	-17625.97	0	0	0	17631.23	17631.23
47	COMB2	-308.07	1.62	-21998.18	0	0	0	22000.34	22000.34
47	COMB3	747.06	-1428.41	-22089.13	0	0	0	22101.76	22147.87
47	COMB4	-1363.21	1431.65	-21907.23	0	0	0	21949.60	21996.24
51	COMB1	-430.7	0.82	-17625.97	0	0	0	17631.23	17631.23
51	COMB2	308.24	1.43	-21998.18	0	0	0	22000.34	22000.34
51	COMB3	-798.62	0.76	-21584.32	0	0	0	21599.09	21599.09
51	COMB4	1415.11	2.09	-22412.05	0	0	0	22456.68	22456.68
								ESLINGA	ESLINGA

Fuente: SAP2000.

El izamiento del dispositivo y el premoldeado se hará con 4 eslingas de acero de 1.1/4" de diámetro, según la Tabla de cargas indicada en el anexo 15 se tiene que:

30659 kgf > 22584.18 kgf de tensión máxima exigida.

Desplazamiento de las juntas para el Premoldeado Tipo 1.

Considerando la restricción en la Memoria de Cálculo de los Premoldeados que indica que los juntas numeradas 1, 2, 3, 4, 5, y 6 (ver Anexo 2) deben tener un desplazamiento máximo de 4 mm.

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
1	COMB3	0.168217	0.104015	-0.144364	-0.000034	-0.001278	6.626E-18
1	COMB4	-0.168217	-0.103841	-0.128257	-0.000043	0.000377	-5.407E-18
2	COMB3	0.168217	0.104015	-0.129449	-0.000025	-0.000436	6.626E-18
2	COMB4	-0.168217	-0.103841	-0.143172	-0.000053	0.001337	-5.407E-18
3	COMB3	0.249489	0.103943	-0.13895	0.000021	-0.001578	-7.983E-10
3	COMB4	-0.253175	-0.103767	-0.123669	-0.000022	0.001605	-4.04E-08
4	COMB3	0.125844	0.103943	-0.122213	0.000021	-0.000496	7.983E-10
4	COMB4	-0.122158	-0.103767	-0.140406	-0.000022	0.000469	4.04E-08
5	COMB3	0.168217	0.104015	-0.143319	0.000077	-0.001278	6.626E-18
5	COMB4	-0.168217	-0.103841	-0.129623	-0.000002039	0.000378	-5.407E-18
6	COMB3	0.168217	0.104015	-0.128404	0.000068	-0.000436	6.626E-18
6	COMB4	-0.168217	-0.103841	-0.144538	0.00000737	0.001336	-5.407E-18

Fuente: SAP2000.

$$0.104 \text{ cm} > 0.144 \text{ cm} > 0.253 \text{ cm} > 0.40 \text{ cm}$$

Material a Utilizar para el premoldeado Tipo 1.

TABLE: Material List 2 - By Section Property				
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
Text	Text	Unitless	m	Kgf
IPE100	Frame	4	7.85	63.50
IPE120	Frame	12	27.93	289.34
IPE160	Frame	17	43.60	687.85
IPE240	Frame	6	16.36	502.08
IPE160+240	Frame	4	4.160	265.26
2-IPE160	Frame	2	2.08	63.33
	TOTALES	45		1871.36

Fuente: SAP2000.

4.4.3 Análisis y Diseño del Dispositivo para Premoldeados Tipo 2.

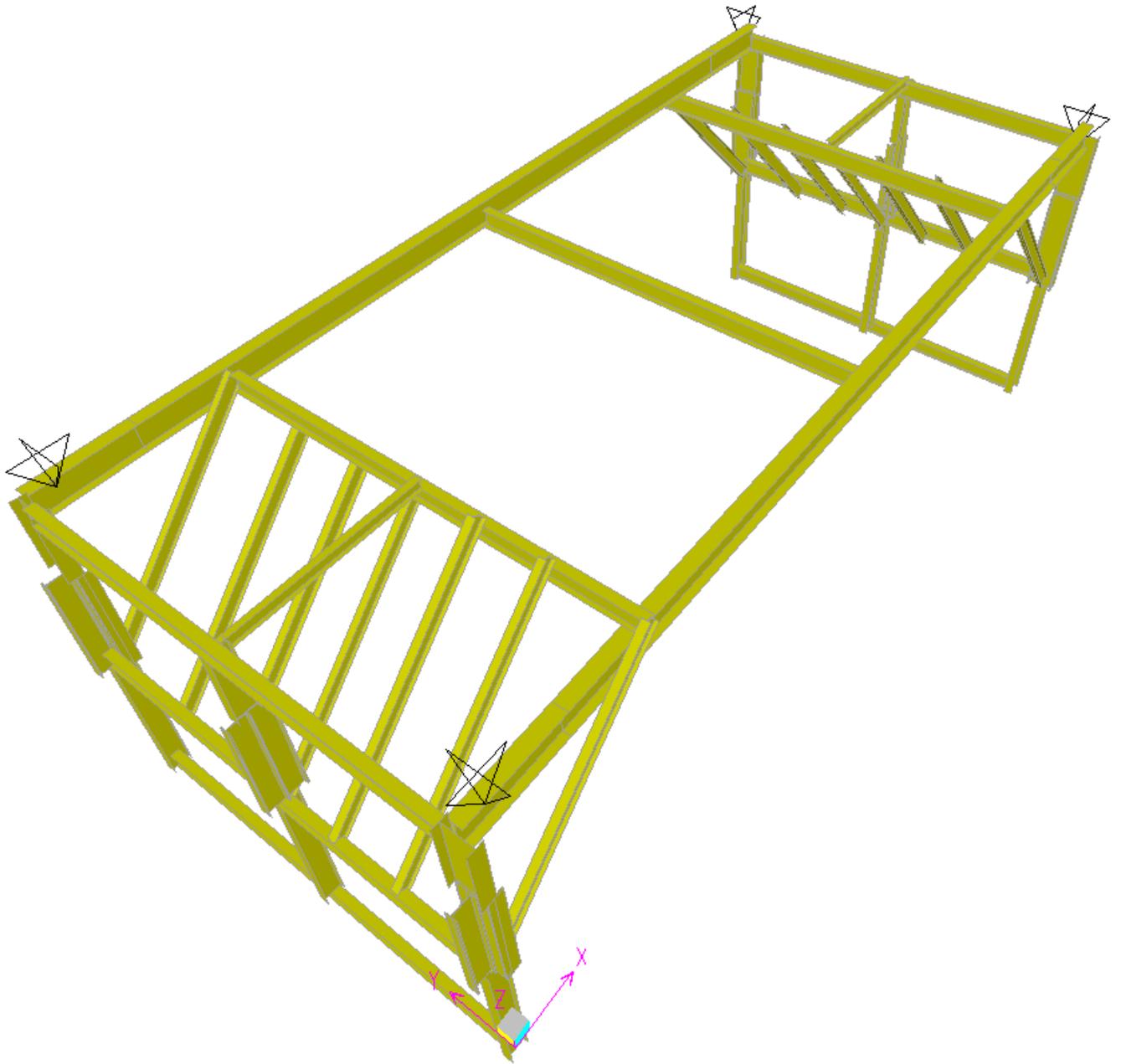


Figura 9-Isometría de la Estructura para el Premoldeado Tipo 2.

Fuente: SAP2000.

Diseño de la Estructura para Premoldeado Tipo 2.

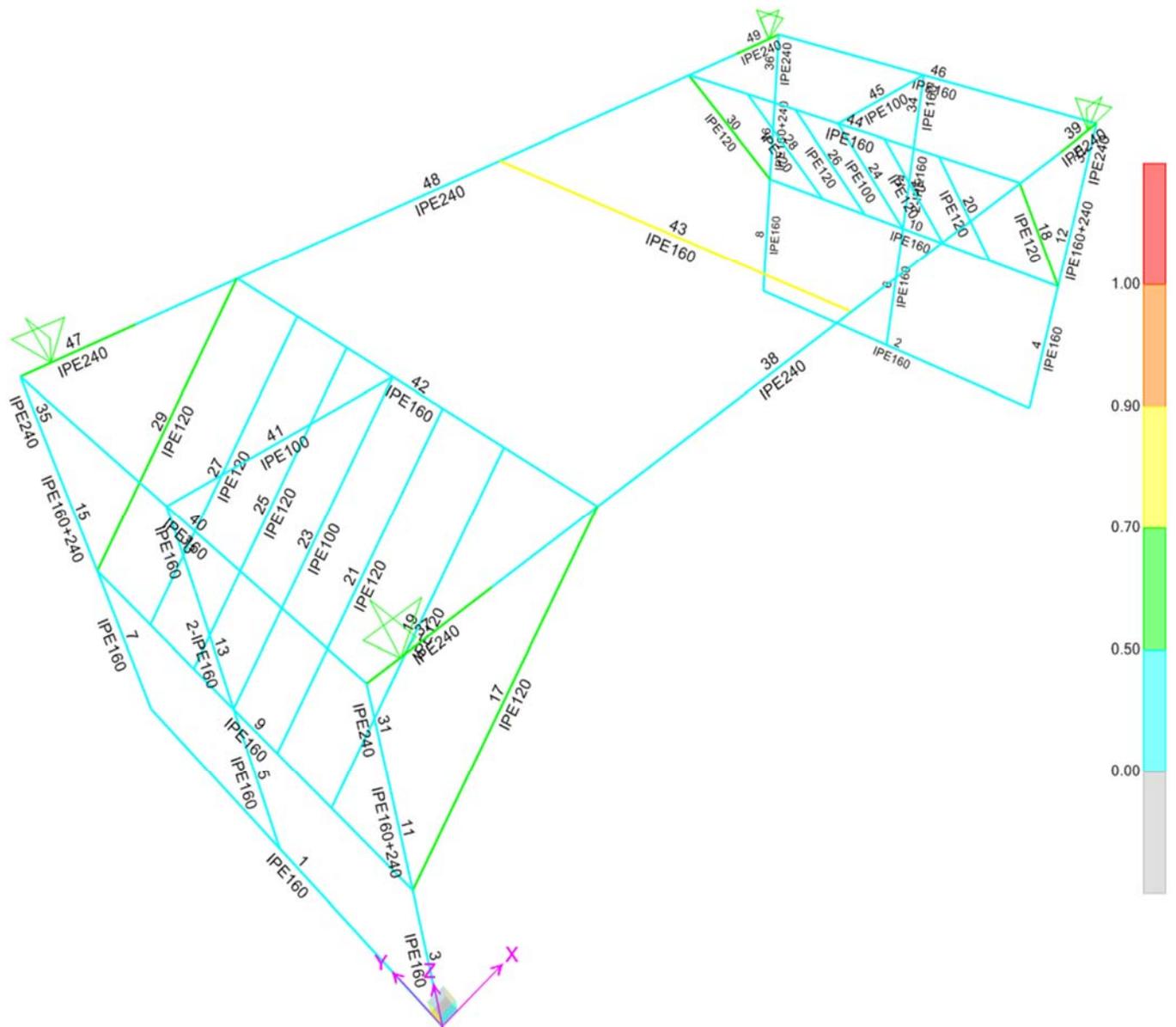


Figura 10-Tensiones y solicitaciones para el Premoldeado Tipo 2.

Fuente: SAP2000.

Análisis y Verificación de los Miembros para Premoldeado Tipo 2.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 48	X Mid: 4.240	Combo: COMB4	Design Type: Beam			
Length: 6.880	Y Mid: 3.700	Shape: IPE240	Frame Type: SMF			
Loc : 3.440	Z Mid: 3.190	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA Factor=0.800 EI Factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.000	AlphaPr/Pe=0.000	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.004	I33=3.890E-05	r33=0.100	S33=3.242E-04	Av3=0.002		
J=0.000	I22=2.830E-06	r22=0.027	S22=4.717E-05	Av2=0.001		
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=3.680E-04	Cw=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=7.850E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB4)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
3.440	0.000	1945.177	-130.484	1196.954	-98.851	-7.441
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)						
D/C Ratio: 0.308 = 0.000 + 0.232 + 0.076						
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)						
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0.767	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	0.384	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	0.384	1.000	1.205			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	0.000	54434.675	89030.700			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	1945.177	8379.360	8379.360			
Minor Moment	-130.484	1718.376				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	1196.954	22587.839	0.053	OK		
Minor Shear	98.851	32133.025	0.003	OK		
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS						
Major (U2)	UMajor Left	UMajor Right				
	1438.887	1415.610				

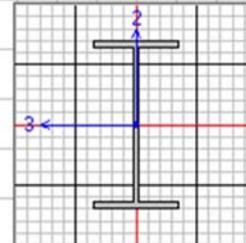


Figura 11-Tensiones y solicitaciones en Miembros 38 y 48.

Fuente: SAP2000.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 37	X Mid: 0.400	Combo: COMB3	Design Type: Beam			
Length: 0.800	Y Mid: 0.000	Shape: IPE240	Frame Type: SMF			
Loc : 0.200	Z Mid: 3.190	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.000	AlphaPr/Pe=0.000	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.004	I33=3.890E-05	r33=0.100	S33=3.242E-04	Av3=0.002		
J=0.000	I22=2.830E-06	r22=0.027	S22=4.717E-05	Av2=0.001		
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=3.680E-04	Cw=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=7.850E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB3)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.200	0.000	-2458.488	-0.267	12926.961	8.000	-0.148
PMH DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)						
D/C Ratio: 0.294 = 0.000 + 0.293 + 0.000						
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)						
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0.200	0.200	1.000	1.000	1.000	0.975
Minor Bending	0.200	0.200	1.000	1.000	1.000	0.638
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	0.200	0.200	1.025			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	0.000	88869.959	89030.700			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	-2458.488	8379.360	8379.360			
Minor Moment	-0.267	1718.376				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	12926.961	22587.839	0.572	OK		
Minor Shear	8.000	32133.025	0.000	OK		
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS						
Major (U2)	UMajor Left	UMajor Right				
	12900.650	1127.151				

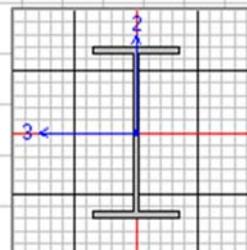


Figura 12-Tensiones y solicitaciones en Miembros 37, 47, 39 y 49.

Fuente: SAP2000.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 43	X Mid: 4.240	Combo: COMB3	Design Type: Beam			
Length: 3.700	Y Mid: 1.850	Shape: IPE160	Frame Type: SMF			
Loc : 1.850	Z Mid: 3.190	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.000	AlphaPr/Pe=5.E-05	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.002	I33=8.690E-06	r33=0.066	S33=1.086E-04	Av3=0.001		
J=0.000	I22=0.000	r22=0.018	S22=1.663E-05	Av2=8.000E-04		
E=2.100E+10	fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=1.240E-04	Cw=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=2.720E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB3)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
1.850	-11.753	2157.344	0.000	0.020	0.000	0.000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)						
D/C Ratio: 0.764 = 0.000 + 0.764 + 0.000						
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)						
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	0.200	0.200	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	0.200	0.200	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	0.200	0.200	1.002			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	-11.753	42145.260	45767.700			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	2157.344	2823.480	2823.480			
Minor Moment	0.000	606.015				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	0.020	12144.000	1.617E-06	OK		
Minor Shear	0.000	16580.203	0.000	OK		
CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS						
Major (U2)	UMajor Left	UMajor Right				
	1989.033	1989.053				

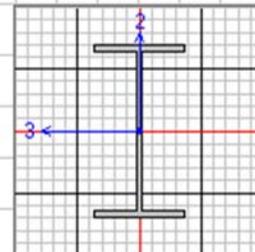


Figura 13-Tensiones y solicitaciones en Miembro 43.

Fuente: SAP2000.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 3	X Mid: 0.000	Combo: COMB3	Design Type: Column			
Length: 1.500	Y Mid: 0.000	Shape: IPE160	Frame Type: SMF			
Loc : 1.500	Z Mid: 0.750	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA Factor=0.800 EI Factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.135	AlphaPr/Pe=0.109	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.002	I33=8.690E-06	r33=0.066	S33=1.086E-04	Av3=0.001		
J=0.000	I22=0.000	r22=0.018	S22=1.663E-05	Av2=8.000E-04		
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=1.240E-04	Cv=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=2.720E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB3)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
1.500	6878.214	322.585	33.259	-279.885	-87.011	0.000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)						
D/C Ratio:	0.244 = 0.075 + 0.114 + 0.055					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1.000	1.857	1.908			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	6878.214	32615.206	45767.700			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	322.585	2823.480	2823.480			
Minor Moment	33.259	606.015				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	279.885	12144.000	0.023	OK		
Minor Shear	87.011	16580.203	0.005	OK		
CONTINUITY PLATE, DOUBLER PLATE AND BEAM/COLUMN RATIOS						
Joint Design	Cont Pl Area	Dbl Pl Thick	BC Ratio Major	BC Ratio Minor		
	N/C	0.000	N/C	N/C		

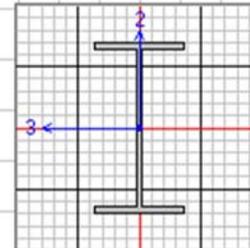


Figura 14-Mayores Tensiones y solicitaciones en Miembros de IPE160.

Fuente: SAP2000.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 29	X Mid: 0.800	Combo: COMB1	Design Type: Brace			
Length: 2.327	Y Mid: 3.700	Shape: IPE120	Frame Type: SMF			
Loc : 0.000	Z Mid: 2.345	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.132	AlphaPr/Pe=0.036	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.001	I33=3.180E-06	r33=0.049	S33=5.300E-05	Av3=6.720E-04		
J=0.000	I22=0.000	r22=0.014	S22=8.625E-06	Av2=5.280E-04		
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=6.100E-05	Cw=0.000		
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=1.410E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB1)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	-4416.164	-744.148	-0.452	-3072.944	-0.343	-0.001
PMH DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)						
D/C Ratio:	0.629 = 0.091 + 0.536 + 0.001					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	0.200	1.000	1.000	1.000	1.000	0.295
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1.000	1.000	2.837			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	-4416.164	24148.247	30056.400			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	-744.148	1388.970	1388.970			
Minor Moment	-0.452	314.226				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	3072.944	8015.040	0.383	OK		
Minor Shear	0.343	11017.037	3.110E-05	OK		
BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS						
Axial	P Comp	P Tens	N/C			
	-4416.164					

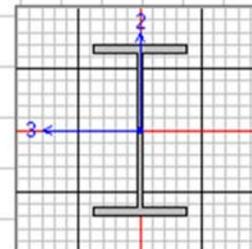


Figura 15-Tensiones y solicitaciones en Miembros 17, 18, 29 y 30.

Fuente: SAP2000.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 15	X Mid: 0.000	Combo: COMB4	Design Type: Column			
Length: 1.040	Y Mid: 3.700	Shape: IPE160+240	Frame Type: SMF			
Loc : 0.000	Z Mid: 2.020	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 90.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis		Reduction: Tau-b Variable			
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		EA factor=0.800 EI factor=0.800			
AlphaPr/Py=0.056	AlphaPr/Pe=0.002	Tau_b=1.000				
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.008	I33=3.765E-05	r33=0.068	S33=2.209E-04	Av3=0.005		
J=1.041E-05	I22=4.850E-05	r22=0.077	S22=4.042E-04	Av2=0.002		
Ixy=0.000	Imax=4.850E-05	rmax=0.077	Smax=4.042E-04			
Rot= 90 deg	Imin=3.765E-05	rmin=0.068	Smin=2.209E-04			
E=2.100E+10	fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=3.728E-04			
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=4.932E-04			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB4)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	11455.825	483.604	-362.053	304.685	-364.250	0.000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)						
D/C Ratio:	0.166 = 0.031 + 0.096 + 0.039					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1.000	6.020	1.314			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	11455.825	182790.719	184983.480			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
	483.604	5029.565	5029.565			
Minor Moment	-362.053	9203.600				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
	304.685	26114.019	0.012	OK		
Minor Shear	364.250	67337.623	0.005	OK		

Figura 16-Tensiones y solicitaciones en Miembros 11, 12, 15 y 16. Ver planos para la respectiva geometría.

Fuente: SAP2000.

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)						
Units : Kgf, m, C						
Frame : 13	X Mid: 0.000	Combo: COMB4	Design Type: Column			
Length: 1.040	Y Mid: 1.850	Shape: 2-IPE160	Frame Type: SMF			
Loc : 0.000	Z Mid: 2.020	Class: Non-Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees			
Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis					
D/C Limit=1.000	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Variable			
AlphaPr/Py=0.000	AlphaPr/Pe=0.000	Tau_b=1.000	EA factor=0.800	EI Factor=0.800		
PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiY=0.900	PhiTF=0.750			
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900				
A=0.004	I33=4.152E-05	r33=0.103	S33=2.595E-04	Av3=0.002		
J=0.000	I22=1.363E-06	r22=0.019	S22=3.325E-05	Av2=0.002		
E=2.100E+10	Fy=25300000.00	Ry=1.500	z33=3.103E-04			
RLLF=1.000	Fu=40778038.0		z22=5.157E-05			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo COMB4)						
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	30.739	239.947	-21.794	220.366	-20.793	0.000
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1.2,H1-1b)						
D/C Ratio:	0.070 = 0.000 + 0.041 + 0.029					
	= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1.2,H1-1b)						
Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.625	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	1.625	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
LTB	Lltb	Kltb	Cb			
	1.625	1.000	1.504			
Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
	30.739	58310.739	88329.384			
Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB			
Minor Moment	-21.794	5908.731	5908.731			
Minor Moment		757.000				
SHEAR CHECK						
Major Shear	Uu Force	phi*Un Capacity	Stress Ratio	Status Check		
Minor Shear	220.366	22664.845	0.010	OK		
	20.793	31098.724	0.001	OK		

Figura 17-Tensiones y solicitaciones en Miembros 13 y 14. Ver planos para la respectiva geometría.

Fuente: SAP2000.

Reacciones en los Apoyos para el Premoldeado Tipo 2.

Para la verificación de las eslingas que soportan el sistema se considera la resultante de la tensión máxima en el plano XY (columna RES (2D)) y en el plano espacial XYZ (columna RES 3D) y comparar los valores con la capacidad máxima de las eslingas.

TABLE: Joint Reactions									
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3	RES (2D)	RES (3D)
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf	Kgf
28	COMB1	4.08E-12	1.13E-14	-6551.09	0	0	0	6551.09	6551.09
28	COMB2	9.2E-12	3.52E-14	-13503.22	0	0	0	13503.22	13503.22
28	COMB3	2764.02	-64	-13858.18	0	0	0	14131.13	14131.28
28	COMB4	-2764.02	64	-13148.27	0	0	0	13435.65	13435.81
34	COMB1	-8E-13	-1.1E-14	-6551.09	0	0	0	6551.09	6551.09
34	COMB2	-1.7E-12	-3.5E-14	-13503.22	0	0	0	13503.22	13503.22
34	COMB3	-1.6E-12	-64	-13453.33	0	0	0	13453.33	13453.48
34	COMB4	-1.7E-12	64	-13553.12	0	0	0	13553.12	13553.27
49	COMB1	2.93E-13	-2.4E-12	-6551.09	0	0	0	6551.09	6551.09
49	COMB2	-5.2E-12	-3.1E-12	-13503.22	0	0	0	13503.22	13503.22
49	COMB3	-365.7	-1433.16	-13553.12	0	0	0	13558.05	13633.59
49	COMB4	365.7	1433.16	-13453.33	0	0	0	13458.30	13534.39
55	COMB1	-8E-13	1.13E-14	-6551.09	0	0	0	6551.09	6551.09
55	COMB2	-1.7E-12	3.52E-14	-13503.22	0	0	0	13503.22	13503.22
55	COMB3	-1.6E-12	1.25E-13	-13148.27	0	0	0	13148.27	13148.27
55	COMB4	-1.7E-12	-5.5E-14	-13858.18	0	0	0	13858.18	13858.18
								ESLINGA	ESLINGA

Fuente: SAP2000.

El izamiento del dispositivo y el premoldeado se hará con 4 eslingas de acero de 1.1/4" de diámetro, según la Tabla de cargas indicada en el anexo 15 se tiene que:

30659 kgf > 14131.28 kgf de tensión máxima exigida según SAP2000.

Desplazamiento de las juntas para Premoldeado Tipo 2.

Considerando la restricción en la Memoria de Cálculo de los Premoldeados que indica que los juntas numeradas 1, 2, 3, 4, 5, y 6 (ver Anexo 9) deben tener un desplazamiento máximo de 4mm.

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	cm	cm	cm	Radians	Radians	Radians
1	COMB2	-6.731E-17	-1.593E-15	-0.102517	-0.000175	-0.000329	4.724E-18
1	COMB3	0.326193	0.103396	-0.124094	-0.000171	-0.001642	6.096E-18
1	COMB4	-0.326193	-0.103396	-0.08094	-0.000178	0.000984	3.351E-18
2	COMB2	-6.731E-17	2.412E-15	-0.102517	-0.000175	0.000329	4.724E-18
2	COMB3	0.326193	0.103396	-0.082585	-0.000163	-0.001043	6.096E-18
2	COMB4	-0.326193	-0.103396	-0.122449	-0.000186	0.0017	3.351E-18
5	COMB2	-1.815E-15	-1.593E-15	-0.102517	0.000175	-0.000329	4.724E-18
5	COMB3	0.326193	0.103396	-0.122547	0.000218	-0.001641	6.096E-18
5	COMB4	-0.326193	-0.103396	-0.082488	0.000131	0.000984	3.351E-18
6	COMB2	-1.815E-15	2.412E-15	-0.102517	0.000175	0.000329	4.724E-18
6	COMB3	0.326193	0.103396	-0.081038	0.000209	-0.001043	6.096E-18
6	COMB4	-0.326193	-0.103396	-0.123997	0.00014	0.0017	3.351E-18

Fuente: SAP2000.

$$0.1034 \text{ cm} < 0.124 \text{ cm} > 0.326 \text{ cm} < 0.4 \text{ cm}$$

Material a Utilizar para el premoldeado Tipo 2.

TABLE: Material List 2 - By Section Property				
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
Text	Text	Unitless	m	Kgf
IPE100	Frame	4	7.85	63.50
IPE120	Frame	12	27.93	289.34
IPE160	Frame	17	43.60	687.85
IPE240	Frame	10	19.56	600.29
IPE160+240	Frame	4	4.16	265.26
2-IPE160	Frame	2	2.08	63.33
	TOTALES	49	105.18	1969.57

Fuente: SAP2000.

Conexiones Viga-Columna para los Premoldeados Tipos 1 y 2.

TABLE: Element Forces -Frames								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
37	0.06	COMB1	-8787.43	15470.93	4.12	0.00	0.29	42.39
37	6.68	COMB1	-8356.73	2146.62	-3.30	0.10	2.31	-2175.81
37	6.68	COMB1	-8787.43	-15479.36	-4.12	0.00	-0.29	-2124.13
37	0.06	COMB2	-10680.85	19462.95	7.64	0.00	0.53	97.55
37	6.68	COMB2	-10894.01	2451.20	-6.11	0.19	4.28	-2602.19
37	6.68	COMB2	-10680.85	-19470.17	-7.64	0.00	-0.53	-2627.77
37	0.06	COMB3	-11028.10	20103.56	-56.82	0.03	-3.72	101.26
37	6.68	COMB3	-9648.55	2728.35	44.40	0.36	-4.94	-2692.93
37	6.68	COMB3	-10542.68	-19102.07	41.20	-0.03	3.15	-2585.64
37	0.06	COMB4	-10333.60	18822.33	72.09	-0.04	4.79	93.83
37	6.68	COMB4	-12139.46	2174.06	-56.62	0.02	13.50	-2511.45
37	6.68	COMB4	-10819.02	-19838.26	-56.47	0.04	-4.21	-2669.90
45	0.06	COMB1	-8787.43	15470.93	-4.12	0.00	-0.29	42.39
45	6.68	COMB1	-8356.73	2146.62	3.30	-0.10	-2.31	-2175.81
45	6.68	COMB1	-8787.43	-15479.36	4.12	0.00	0.29	-2124.13
45	0.06	COMB2	-10732.89	19555.43	-7.15	0.00	-0.50	97.86
45	6.68	COMB2	-11041.14	2435.53	5.73	-0.18	-4.01	-2603.42
45	6.68	COMB2	-10732.89	-19562.65	7.15	0.00	0.50	-2640.41
45	0.06	COMB3	-10943.54	19908.90	0.61	0.00	0.04	97.65
45	6.68	COMB3	-9659.50	2676.90	3.05	-0.09	-2.14	-2657.83
45	6.68	COMB3	-10458.12	-18907.41	3.81	0.00	0.27	-2562.00
45	0.06	COMB4	-10522.24	19201.96	-14.91	0.01	-1.04	98.07
45	6.68	COMB4	-12422.77	2194.16	8.40	-0.26	-5.88	-2549.00
45	6.68	COMB4	-11007.66	-20217.89	10.49	-0.01	0.73	-2718.82

Tensiones máximas en los miembros 37 (juntas 27, 33) y 45 (juntas 46 y 52) para el Premoldeado Tipo 1.

Fuente: SAP2000.

Nota: se han tomado las tensiones que ocurren en el premoldeado Tipo 1 en los miembros 37 y 45, ya que son superiores a las tensiones en el miembro 38 (juntas 27 y 35) y el miembro 48 (juntas 48 y 56) del premoldeado Tipo 2.

OBRA:	TRABAJO ESPECIAL DE GRADO					FECHA:					
CALCULO DE PLANCHA DE CABEZA Y PERNOS						26/12/2014					
VIGA	df (cm)	bf (cm)	tf (cm)	tw (cm)	Sx (cm ³)	Fy (kg/cm ²)	PERNOS				
IPE-240	24.00	12.00	0.98	0.62	324.00	2500.00	ASTM A325				
Φ= 0.75		b (plancha cabeza) cm= 24.00			RESISTENCIA Rt <22.9.1>						
dH (cm.)= 23.02	T (Kg.)= 31668.11		# PERNOS 4.00		Ø1/2" (Kg)		6029.33				
T(C/PERNO)= 7917.03	Ø(PERNOS)= 3/4"		DIAMETRO 0.75		Ø5/8" (Kg)		9400.05				
Tensión admisible (Kg)= 54121.50		mayor que		31668.11 Kg.		Ø3/4" (Kg)		13530.38			
Cumple con <22.9.1> Resistencia a la Tracción y al Corte						Ø7/8" (Kg)		18420.30			
MOMENTO CRITICO EFECTIVO M_{cu}			M _{cu} = α _m *P _{uf} *P _e *.35			Ø1" (Kg)		24069.83			
C _b = 0.707107	(A _f /A _w) ^{1/3} = 0.873713		P _e = 1.812500		Ø1.1/8" (Kg)		30431.48				
(P _e /d _b) ^{1/4} = 1.246821	α _m = 1.116930				Ø1.1/4" (Kg)		37600.20				
M _{cu} = 22438.51		Kg-cm.				Ø1.3/8" (Kg)		45481.05			
						Ø1.1/2" (Kg)		54121.50			
						Valor de Ca		1.45			
CALCULO DEL ESPESOR DE LA PLANCHA DE CABEZA											
t _p (En cm.) 1.823245		t _p (En mm.)= 19		RESISTENCIA V _u (pernos)							
CAPACIDAD DE LOS PERNOS AL CORTE						<16.4.3>					
V _u (Kg)= 20088		PERNOS REQUERIDOS: 4 Ø3/4"				Ø1/2" (Kg)		3210.00			
20088 kg >		54121.50 kg				Ø5/8" (Kg)		5004.00			
RESISTENCIA DE LOS PERNOS AL APLASTAMIENTO						<22.9.2>					
Tensión en pernos (Kg)= 31668.11		menor que		54843.12 Kg.		Ø3/4" (Kg)		7203.00			
CALCULO DE SOLDADURA EN EL ALMA (tw)						Ø7/8" (Kg)				9807.00	
D _{min.} (mm)= 5.05		D _{min.} (mm)= 6				Ø1" (Kg)		12814.00			
CONEXIONES Y RIGIDIZADORES						Ø1.1/8" (Kg)				16201.00	
PLANCHAS DE CONTINUIDAD			t _{fb} (mm)= 10.78	t _{fb} (mm)= 13			Ø1.1/4" (Kg)		20017.00		
RIGIDIZADORES VERTICALES			t _s (mm)= 6.82	t _s (mm)= 10			Ø1.3/8" (Kg)		24212.00		
SOLDADURA PLANCHA CONTINUIDAD			D _{fb} (mm)= PENETRACION COMPLETA				Ø1.1/2" (Kg)		28811.00		
SOLDADURA RIGIDIZADOR VERTICAL			D _s (mm)= 6								

Fuente: Propia.

Corte máximo según SAP2000 = 20217,89 kgf < 54843,12 kgf.

DISEÑO DE LAS BARRAS DE OJO.

Las barras de ojo se diseñan atendiendo la mayor sollicitación de tracción actuante, según tabla de las reacciones en los apoyos del premoldeado tipo 2 dicha sollicitación es de 14131 kgf y la tensión por capacidad máxima de la eslinga es de 30659 kgf.

Propiedades geométricas.

Ancho de la barra $w = 13.80$ cm

Diámetro en la cabeza $d = 13.80$ cm

$b = 5.0$ cm

Espesor de la barra $t = 1.90$ cm

Diámetro para el pasador $d = 3.80$ cm

Tolerancia para el diámetro del pasador $d_h = 4.20$ cm.

Acero ASTM A36: $F_y = 2530$ kgf/cm² $F_u = 4770$ kgf/cm²

Verificación de la sección de la barra de ojo:

a) Según AISC 360 Sección D6.1 y D6.2

$t \geq 1.25$ cm 1.90 cm ≥ 1.25 ok.

b) Ancho de la barra

$w \leq 8t$ 13.80 cm $\leq 8 * 1.90 = 15.20$ cm. ok.

c) Relación de la dimensiones en la cabeza y el cuerpo de la barra

$d \geq w$ 13.80 cm = 13.80 cm ok.

d) $d_h \geq d + 0.40$ cm 4.20 cm = $3.80 + 0.40$ ok.

e) $2/3 * w > b \leq 3/4 * w$ $2/3 * 13.80 < 5.0 \leq 3/4 * 13.80$

9.20 cm > 5.0 cm < 10.40 cm

1-Fluencia a la tensión de la sección total:

Cálculo de la resistencia a la fluencia a la tensión en el cuerpo de la barra de ojo

$\phi P_n = \phi F_y * A_g$ donde $\phi = 0.90$

$A_g = w * t = 13.80 * 1.90$ $A_g = 26.20$ cm²

$\phi P_n = 0.90 * 2530 * 26.20$ $\phi P_n = 59657.40$ kgf

14131 kgf actuante < 30659 kgf eslinga < 59657.40 kgf ok.

2-Fractura por tensión sobre área efectiva neta.

- a) Resistencia de la fractura a la tensión sobre el área neta efectiva.

$$\phi P_n = \phi 2 * t * b_e * F_u \quad \text{Ecuación D5.1 del AISC 360.}$$

En donde t = espesor de la placa y $b_e = 2t + 0.63$, pero no debe exceder la distancia del borde del agujero a la orilla medida perpendicularmente a la línea de la fuerza.

$$\phi P_n = \phi 2 * (t) * (2t + 0.63) * F_u \quad \text{donde } \phi=0.90$$

$$\phi P_n = 0.90 * 1.90 * (2*1.90 + 0.63) * 4770 = 36134.20 \text{ kgf}$$

$$14131 \text{ kgf actuante} < 30659 \text{ kgf eslinga} < \phi P_n = 36134.20 \text{ kgf.}$$

- b) Resistencia a la fractura por cortante sobre el área efectiva

$$\phi P_n = \phi 0.60 * 2t * (b + d/2) * F_u \quad \text{donde } \phi=0.90$$

$$\phi P_n = 0.90 * 0.60 * 2 * 1.90 * (5.0 + 3.80/2) * 4770 = 67537.50 \text{ kgf}$$

$$14131 \text{ kgf actuante} < 30659 \text{ kgf eslinga} < \phi P_n = 67537.50 \text{ kgf.} \quad \text{Ok.}$$

- c) Resistencia por aplastamiento de superficie. Este aplastamiento es sobre el área rectangular proyectada de la ranura del pasador.

- d) $\phi P_n = \phi 1.80 * F_y * d * t$ donde $\phi=0.90$

$$\phi P_n = 0.90 * 1.80 * 2530 * 3.80 * 1.90 \quad \phi P_n = 29591.90 \text{ kgf}$$

$$14131 \text{ kgf actuante} < 30659 \text{ kgf eslinga} < \phi P_n = 29591.90 \text{ kgf.} \quad \text{ok.}$$

3- Por fractura al cortante sobre el área efectiva

$$\phi P_n = \phi F_u * A_{sf} \quad \text{donde } \phi=0.75 \quad \text{Ecuación D5.2 del AISC 360.}$$

En donde $A_{sf} = 2t * (b + d/2)$, siendo b es la distancia más corta del borde del agujero del pasador a la orilla del miembro medida paralelamente a la fuerza.

$$A_{sf} = 2 * 1.90 * (5.0 + 3.80/2) \quad A_{sf} = 26.22 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = 0.75 * 4770 * 26.22 \quad \phi P_n = 92802.05 \text{ kgf}$$

$$14131 \text{ kgf actuante} < 30659 \text{ kgf eslinga} < \phi P_n = 92802.05 \text{ kgf} \quad \text{ok.}$$

4.4.4 Diseño de los miembros.

El diseño se realizará de acuerdo con las disposiciones del método de diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD), atendiendo las disposiciones de los Capítulos B hasta J de la normativa ANSI/AISC 360 y la normativa Covenin 1918-1998. Con la normativa ANSI/AISC, en las Especificaciones y los Comentarios del Capítulo B en el acápite B.3 se expresa, en cuanto a capacidad/demanda lo siguiente:

1. Required Strength

This Specification permits the use of elastic, inelastic or plastic structural analysis. Generally, design is performed by elastic analysis. Provisions for inelastic and plastic analysis are given in Appendix 1. The required strength is determined by the appropriate methods of structural analysis.

In some circumstances, as in the proportioning of stability bracing members that carry no calculated forces (see, for example, Appendix 6), the required strength is explicitly stated in this Specification.

Y en el Capítulo H con respecto a “Miembros con simetría simple y doble solicitados a flexión y carga axial”

(a) When $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (\text{H1-1a})$$

(b) When $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (\text{H1-1b})$$

Donde la ecuación H1-1a es la descrita en la página 62 (imagen del SAP2000) para los miembros 17,18,29 y 30, donde se lee el valor de la expresión a la izquierda de la ecuación en 0.997 y es menor a la unidad.

En la Normativa Covenin 1618, en su capítulo 18, la exigencia está representada en los artículos 18.2, 18.4 y su respectivo Comentario en el capítulo C-18, como se ve a continuación.

a) Cuando $N_u / \phi N_t \geq 0.2$

$$\frac{N_u}{\phi N_t} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{tx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ty}} \right) \leq 1.0 \quad (18-1a)$$

b) Cuando $N_u / \phi N_t < 0.2$

$$\frac{N_u}{2\phi N_t} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{tx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ty}} \right) \leq 1.0 \quad (18-1b)$$

Todos los miembros declarados en las páginas 58 hasta la 64, del premoldeado Tipo1, y las páginas 68 hasta la 75, del premoldeado Tipo 2, cumplen las dos normativas. El software SAP2000 tiene opciones particulares para el manejo, uso y criterios de las exigencias de la normativa para limitar la demanda/capacidad en los miembros estructurales, tales opciones han sido modificadas para el cumplimiento estricto de las inecuaciones planteadas.

En las páginas 64 y 75 los miembros 13 y 14 (premoldeados Tipos 1 y 2) están sobredimensionados, aquí se hace evidente el concepto integral del dispositivo y la unión de las piezas 3 y 4 indicadas en la figura 13 página 39, donde dichas piezas conforman el conjunto Dispositivo-Premoldeado. Estos miembros están sobrediseñados considerando que la Memoria de Cálculo de los Premoldeados tiene una limitante en la deformación del arco de concreto un máximo de 4 mm, es decir, los miembros citados no deben presentar ningún tipo de desplazamiento o deformación. Ver Tabla de los desplazamientos de las juntas.

$$0.1034 \text{ cm} < 0.124 \text{ cm} > 0.326 \text{ cm} < 0.4 \text{ cm}$$

4.4.5 Diseño de las uniones con pernos.

El diseño se realizará de acuerdo con las disposiciones del método de diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD), atendiendo las disposiciones de los Capítulos B y J de la normativa ANSI/AISC 360.

Las conexiones tipo FR (Fully Restrained Moment connections) se harán empernadas del tipo Planchas de Cabeza (Extended End-Plate Connections) con pernos en el cordón superior e inferior. Los pernos serán definidos en función de la capacidad a la tracción del ala de la viga de conexión. La cantidad de pernos será verificada en base a la capacidad a corte de la viga. Los pernos serán ASTM A325 y con trabajo por aplastamiento y corte. La plancha de cabeza se une a la columna mediante planchas rigidizadoras horizontales y verticales. La plancha horizontal transmite las tracciones y compresiones y la plancha vertical fuerza cortante. Ver análisis y diseño en las páginas 78 y 79. Ver diseño y detallado en los planos respectivos.

Para todas las demás uniones con pernos se consideran conexiones tipo PR (Partially Restrained Moment connections) usando pernos ASTM A325 y con trabajo por aplastamiento y corte, no se indican hojas de cálculo particulares debido a que todas las solicitaciones están por debajo de una tensión de trabajo mayorada menor a 5000 kgf y momentos muy bajos según lo indicado en el análisis estructural, por tanto, se atenderá lo indicado en el capítulo 21 "Conexiones, Juntas y Medios de Unión" según norma Covenin 1618-1998. Ver diseño y detallado en los planos respectivos.

4.4.6 Diseño de las uniones con soldadura

El diseño se realizará de acuerdo con las disposiciones del método de diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD), atendiendo las disposiciones de los Capítulos B y J de la normativa ANSI/AISC 360.

La mayoría de las soldaduras se han diseñado como soldadura a tope de penetración completa (CJP-Complete Joint Penetration) de garganta simple y en ángulo a 45°, donde la resistencia, cargada en tracción o compresión, depende de la resistencia del material base y no necesita de cálculos particulares atendiendo lo indicado en la tabla 3.1 de la normativa AWS D1.1. Ver diseño y detallado en los planos respectivos.

La resistencia de una junta que contiene una soldadura de tope con junta de penetración completa (CJP), cargada tanto en tracción o compresión, depende en la resistencia del metal base, y no se necesita calcular la resistencia de la soldadura de tope

CJP. Para aplicaciones en tracción, se necesita de la compatibilidad con el metal de aporte, tal como se indica en la Tabla 3.1 de la AWS D1.1. Para aplicaciones en compresión, se permite de una disminución de hasta 715 kgf/cm² en la resistencia del metal de aporte, lo que es equivalente a un nivel de resistencia.

Las soldaduras de tope CJP solicitadas en tracción o compresión paralela al eje de la soldadura, tales como esquinas soldadas de tope de columnas cajón, no transfieren cargas principales a través de la junta. En casos tales como éste, no se necesita calcular la resistencia de la soldadura de tope CJP. Las juntas en tracción con soldadura de tope CJP son realizadas para proveer una resistencia equivalente a la del metal base, por lo tanto se necesita de la compatibilidad o ajuste de la resistencia del metal de aporte con la resistencia del miembro. Se ha demostrado que las soldaduras de tope CJP no exhiben fallas en compresión aun cuando ellas sean compatibles. La cantidad de sub-ajuste no ha sido establecida antes de que ocurran deformaciones inaceptables, pero se considera conservador y por lo tanto se permite un nivel de resistencia estándar. Las juntas en las cuales, la resistencia de la soldadura es calculada en base a la resistencia por clasificación del metal de aporte pueden ser diseñadas utilizando cualquier resistencia del metal de aporte menor o igual a la del metal compatible. La selección del metal de aporte aún está sujeto a la conformidad respecto de la AWS D1.1.

Las soldaduras de filete cumplen con las disposiciones de la Tabla J2.4 "Minimum Size of Fillet Welds" y el artículo 2b de la normativa ANSI/AISC 360, ver especificaciones y detallado en los planos respectivos.

4.5 Tercera Parte. Manual y Uso del Dispositivo de izamiento de los Premoldeados.

Objetivo. Descripción de la metodología a seguir en las actividades para la fabricación de los premoldeados, la fabricación y utilización del dispositivos de izamiento y transporte hasta la colocación de las piezas ubicadas según proyecto estructural, con el fin de conformar la cobertura de la Casa de Máquinas de la Central Hidroeléctrica Fabricio Ojeda.

Alcance del Trabajo. Comprende los trabajos de la elaboración de los premoldeados típicos con dimensiones variadas (piezas prefabricadas en concreto estructural clase 350 kgf/cm²), para realizar la cobertura prevista a partir de la elevación 225,90 msnm, en coincidencia con los ejes “A” y “B” y entre los ejes “1” hasta “6” los cuales cubren las Naves de Montaje “A” y “B”, Monolitos “1”, “2” y “3” de la Casa de Máquinas; comprende también la fabricación y uso del respectivo dispositivo reutilizable para el transporte, izamiento y colocación, así como de las respectivas piezas complementarias, las cuales serán adaptables a las dimensiones y forma de cada uno de los tipos de premoldeados según proyecto.

Responsabilidad. El Gerente de Obra es el responsable principal dentro del sistema de calidad de la empresa. El Gerente de Producción y Control es el responsable de la implantación y mantenimiento de este procedimiento dentro de la obra. Cualquier requerimiento adicional, mejoras o sugerencias a este documento deben ser informados por escrito, para su respectiva consideración.

Programación. Este procedimiento será utilizado cada vez que se tenga que suministrar, transportar, acarrear, colocación concreto estructural con una resistencia especificada a los 28 días de $f'c=350$ kgf/cm² para la fabricación de los premoldeados y la extracción de las cimbras o encofrados. También comprende los trabajos para la fabricación del dispositivo de izamiento y los tensores provisionales de cabilla grado S60 de diámetro No.11 y los tensores definitivos de $\Phi=1$ ” de conexión estructural, adaptados de acuerdo con las especificaciones del proyecto y los materiales requeridos para tal fin.

Descripción y Aplicación. Para la fabricación y manipulación de los premoldeados de concreto estructural hasta su colocación en el sitio de obra, se considerarán las siguientes indicaciones.

Proceso de Fabricación de Premoldeados. La fabricación de los premoldeados de concreto estructural deberá regirse como se indica a continuación.

El encofrado que se utilizará para la elaboración de los premoldeados será del tipo REDI RADIUS de EFCO®, el conjunto de las piezas del sistema se ubicará en el espacio contra el talud hacia aguas arriba del eje “A” paralelo a la Nave de Montaje “A”, en los que

se preverá los 28,40 m de longitud a cubrir por línea de cobertura; la disposición y características de los premoldeados deberán reflejarse como en proyecto, para lo cual el encofrado deberá prever los distintos elementos, la disposición y forma contenidos en los planos EFCO suministrados.

La armadura será colocada conforme se indica en los planos del proyecto estructural del concreto y que a su vez están soportados por la respectiva memoria de cálculo, para lo cual se tomarán las previsiones de materiales y las geometrías de cada cabilla diseñada, dejando un recubrimiento mínimo de concreto de 2,5 cm.

Los premoldeados típicos son de 6,10 m y 7,70 m de luz libre entre apoyos, de anchura y longitud variables, constan cada uno de una placa en sección curva de radios $R=5,00$ m y $R=7,528$ m, respectivamente, de 15 cm de espesor y dos vigas laterales de 20 cm de espesor y de altura 47,5 cm integradas al resto del elemento las cuales se apoyarán a su vez sobre las respectivas macrovigas de soporte en la estructura principal, se fabricarán en concreto estructural con una resistencia especificada a los 28 días de $f'c=350$ kgf/cm² y relación agua/cemento según se indica en el respectivo diseño. De acuerdo con las siguientes piezas típicas que se relacionan a continuación (las dimensiones y geometría están indicadas en los respectivos planos de referencia).

- a) Nave de Montaje A: Tipos PM1, PM2, PM3, PM4, PM5, PM6 de 6,10 m de ancho libre; PM7, PM8 y PM9 de 7,70 m de ancho libre.
- b) Nave de Montaje B: con ancho libre de 6,10 m de Tipos PM1, PM2, PM3.
- c) Monolitos 1, 2 y 3: con ancho libre de 6,10 m de Tipos PM1, PM2, PM3.

Cada Nave de Montaje y los tres Monolitos tienen previstas en proyecto tres líneas de cobertura, los premoldeados se fabricarán en serie en una cantidad tal que abarquen una línea por vez y serán vaciados en forma continua, a excepción de la línea paralela al eje 1 en la Nave de Montaje "A", Premoldeados de $L=8,10$ m, que debido a su mayor longitud, entre apoyos, se realizará su fabricación independientemente, debido a las limitaciones en la cantidad del encofrado (ver plano 2014-035/CHFO-CC-1001).

A cada premoldeado se le dejará una serie de siete recesos, dos de los cuales están distribuidos por cada viga de apoyo y tres a lo largo del eje central del domo superior, para colocar elementos para el izamiento, la suspensión y el montaje, constituidos por dos

barras de ojo y anclaje mecánico, con el objeto de distribuir las tensiones y evitar posibles deformaciones desde el momento mismo del desencofrado, de esta manera se contribuye a equilibrar y estabilizar la pieza mientras esté suspendida para su manipulación y colocación definitiva.

Se dejará una serie de orificios a modo de camisas de tubería de PVC reforzado de $\Phi=1\frac{1}{2}$ " en cada viga, el cual será retirado posteriormente, en proyección con el lado opuesto del mismo premoldeado con una distancia del borde de entre 0,65 m y 0,80 m y una separación máxima al siguiente orificio de 1,50 m para la colocación de los tensores, tanto el tensor provisional para izado como para el definitivo; el tensor provisional reutilizable para izado excede la longitud del premoldeado para sujetarla desde las caras exteriores de la viga, de esta manera se evita que la fuerza de desplazamiento horizontal que ejerce el premoldeado al ser levantado, conduzca a deformaciones no deseadas. Este elemento tensor está sujeto por tuercas ajustables desde la cara exterior de las vigas laterales, y el mismo estará fabricado con cabilla grado S-60 y diámetro No.11.

Adicionalmente cada uno de los orificios presentes en una de las vigas del premoldeado deberán coincidir a la cara de la viga del premoldeado opuesto apoyado en la misma macroviga base de la estructura principal y perteneciente a la siguiente línea de cobertura, con el fin de colocar el tensor definitivo y la colocación de concreto en segunda etapa y hacer monolítica la unión de los premoldeados con la estructura principal, conforme se indica en los planos respectivos.

Para el proceso de fabricación y vaciado del premoldeado se tendrán en cuenta los siguientes pasos:

- El concreto será transportado por los camiones mezcladores, los cuales lo colocarán a su vez sobre baldes metálicos con accionamiento de descarga manual.
- De acuerdo con el sitio donde se ubican los encofrados, el balde metálico podrá ser izado tanto por las grúas disponibles, así como por cualquier otro equipo de izamiento disponible.
- El acabado superior será solamente hecho con llana de madera, con terminación áspera para una mejor fijación de la impermeabilización.
- El proceso de curado será realizado y controlado por un sistema de cubrimiento con

la utilización de sacos de sisal o similar.

Las restricciones de rigidez del dispositivo de izado evitará deformaciones en el momento de ser levantado y colocado el Premoldeado y ser llevado a la cobertura de la Casa de Máquinas o en un sitio de espera hasta obtener la resistencia requerida para su movilización.

La colocación en el sitio definitivo deberá realizarse de manera tal que el pre-moldeado sea asentado simultánea y uniformemente en toda su base a diez centímetros (internamente) del borde de la macroviga de la estructura principal en la elevación +225,92 msnm (incluido el mortero de regularización), y con una separación de 0,5cm del anterior. Así mismo se tendrá especial cuidado de hacer coincidir las aberturas en la viga con el premoldeado opuesto para realizar a través de éstos la colocación del tensor de unión definitivo, conforme se indica en los planos 2014-035/CHFO-CC-1001 y 2014-035/CHFO-CC-1002.

Manejo y movilización de los premoldeados. Cumplidas las 30 horas establecidas en el diseño de la mezcla de concreto para obtener una resistencia mínima especificada de $f'c=150 \text{ kgf/cm}^2$, se podrá movilizar el premoldeado, teniendo en cuenta las consideraciones descritas más adelante. Para ser retirado el premoldeado del encofrado con el dispositivo de izado, se retirarán los elementos laterales del encofrado y se sujetará por sus asas sobresalientes al mismo marco a través de los elementos de suspensión y nivelación ajustables (tensores de quijada-quijada Crosby®). Así mismo y de manera simultánea se hará contacto de la pieza vaciada por sus vigas laterales con el dispositivo de izado, a través del conjunto que forma el sistema de ajuste de premoldeados ubicado en la parte inferior.

Cuando se requiera movilizar los Premoldeados de L=8,10 m (PM7, PM8 y PM9), se colocarán los suplementos No.2 y No.5 (ver figura 13, pág. 39) para adaptar el dispositivo a este nuevo tamaño siempre que se requiera.

Una vez izado el premoldeado se colocan inmediatamente los tensores provisionales de cabilla No.11 grado S-60 para la restricción de tensiones horizontales. Se coloca el premoldeado en el sitio provisional de espera hasta el momento de su segundo

izado para su colocación definitiva, de ser necesario. Una vez se requiera colocar cada premoldeado en su sitio definitivo, se procede a retirar las piezas No.4 a lado y lado del dispositivo, para evitar el contacto con la armadura (previamente colocada) como tope en la parte superior de las macrovigas de soporte de la estructura principal.

Se sujeta el dispositivo conjuntamente con el premoldeado y se iza hasta la elevación +225,90 msnm con los elementos generales del dispositivo No.1 y No.3 (ver figura 13, pág. 39); en el caso de los premoldeados PM7, PM8 y PM9 se colocarán los suplementos No.2 y No.5 en el dispositivo de izado. Se coloca cada premoldeado en su sitio verificando la posición dispuesta para cada uno de ellos conforme se indica en los planos generales y de localización de tensores (ver planos 2014-035/CHFO-CC-1001 y 2014-035/CHFO-CC-1002). Una vez completada la línea opuesta en la misma macroviga de base, se colocan los tensores pasantes definitivos utilizando los mismos orificios definidos para los tensores provisionales. Los orificios de $\Phi=1\frac{1}{2}$ " serán reparados posteriormente e inyectados con mortero expansivo, con Sonogrout Auxiliar® de Tecnoconcret® o similar, en la siguiente proporción:

- | | |
|------------------------|------------------|
| ○ Sonogrout Auxiliar®: | 425 gramos |
| ○ Cemento: | 1 Saco (42,5 kg) |
| ○ Arena cedazo #16: | 30 litros |
| ○ Agua: | 19 litros |

La inyección será hecha utilizándose una bomba manual marca BUNK B1 de 75 kgf/cm² o similar, con una presión regulable de inyección máxima de 0,2 kgf/cm².

4.6 Cuarte Parte. Normativa General para Manipulación de los Premoldeados.

Objetivo. Describir la metodología a seguir en las actividades para la manipulación general de los premoldeados de la cobertura en la Casa de Máquinas para evitar daños a las piezas construidas, atendiendo las consideraciones de los documentos pertinentes.

Descripción. Para la manipulación de los premoldeados se deben seguir los siguientes pasos:

- Se debe verificar antes de la colocación del concreto durante la fabricación del premoldeado que las camisas de tubería PVC embutidas en la sección de las vigas

laterales se encuentren debidamente colocadas como lo indican los planos 2014-035/CHFO-EM-1001 y 2014-035/CHFO-EM-1002, a fin de que los tensores (provisionales y/o definitivos) atraviesen el premoldeado sin obstrucciones. De ser necesario se corregirá en campo la alineación de las camisas según lo indique el ingeniero responsable.

- Para la manipulación de cualquier pieza involucrada en la colocación del concreto del premoldeado se debe esperar que la resistencia especificada del mismo haya alcanzado un valor mínimo de $f'c=150 \text{ Kgf/cm}^2$, ver indicaciones en la Memoria de Cálculo del Proyectista, el cual describe “la rigidez del dispositivo de izado evitará deformaciones en el momento de ser levantado y colocado el premoldeado para ser llevado a la cobertura de la Casa de Máquinas o en un sitio de espera hasta obtener una resistencia especificada mínima de $f'c=150 \text{ Kgf/cm}^2$ antes de ser colocado en su sitio definitivo”.
- Antes de remover las guías de las juntas, aparte de tener en consideración los puntos anteriores, no deben ser extraídos los laterales del encofrado cuando no se tenga certeza de haber alcanzado el concreto la resistencia mínima requerida para su manipulación, evitando así el daño al detalle de la junta de concreto entre cada premoldeado. Sólo se ejecutará esta actividad si los laterales del encofrado se encuentran en su lugar o si ya se encuentra fijado el dispositivo de izamiento al premoldeado a movilizar.
- Al momento de levantar los premoldeados con el dispositivo de izamiento, se debe respetar la colocación de los tensores según se indica en los planos generales y de localización de tensores, los cuales señalan que para los premoldeados tipo PM1, PM2, PM3, PM4, PM5 y PM6 se utilizaran tres (3) tensores mínimo, mientras que para los premoldeados tipo PM7, PM8 y PM9 se emplean mínimo dos (2) tensores. Los tensores deben estar debidamente colocados y armados según se indica en los planos 2014-035/CHFO-EM-1003 y 2014-035/CHFO-EM-1004.
- Antes de separar el dispositivo de izamiento del premoldeado se debe asegurar que los tensores se encuentren debidamente armados y apretados en sus respectivas posiciones. Prestar suma atención de que los tensores posean todas las piezas

requeridas según los planos indicados anteriormente.

- En caso de presentar el Premoldeado imperfecciones producto de la colocación del concreto estructural o incorrecta manipulación del mismo, se deben efectuar las reparaciones según los procedimientos efectuados para tal fin los cuales han sido aprobados y ejecutados en distintas áreas y etapas de la obra.

MONITOREO. Un profesional autorizado por el responsable de la implantación y seguimiento del Procedimiento verificará su cumplimiento en atención a la planificación de las reparaciones a realizar, en cumplimiento con la programación de la obra y a las indicaciones del proyecto y planos de construcción aprobados. Un representante autorizado por el Coordinador de la Calidad entrenado en el procedimiento “Vigilancias a los Procedimientos del Sistema de la Calidad” verifica su cumplimiento de acuerdo con el programa de vigilancia establecido.

4.7 Quinta Parte. Grafotécnia.

Esta parte describe el contenido de los planos donde se desarrolla el proyecto estructural. Este documento debe estar acompañado del portafolio contentivo de los planos según la lista que a continuación se especifica:

2014-035/CHFO-CC-1001

Naves de Montaje A y B, Unidades 1, 2 y 3 entre Ejes A y B.
Tensores en Premoldeados – EL.+225.90

2014-035/CHFO-CC-1002

Naves de Montaje A y B, Unidades 1,2 y 3 entre Ejes A y B.
Cortes A, B, C, D y E-Tensores en Premoldeados

2014-035/CHFO-EM-1003

Planta del dispositivo L=6.50m, Corte A-A, Vistas Frontal y Lateral.

2014-035/CHFO-EM-1002

Planta del dispositivo L=8.10m, Vistas Frontal y Lateral.

2014-035/CHFO-EM-1005

Detalles típicos para los premoldeados L=6.50m y L=8.10m.

Detalle 1 con Vista A
Detalle 2 con Vista B
Detalle 3 con Vista C
Detalle 4 con Vista D
Detalle 5 con Vista E

2014-035/CHFO-EM-1006

Detalle de uniones.
Unión Tipo 1 con los Cortes A, B y C
Unión Tipo 2 con el Corte D
Detalle de las planchas de cabeza Tipos 1 y 2.

2014-035/CHFO-EM-1007

Detalle de uniones.
Uniones Tipos 3 y 4
Unión Tipo 5 con el Corte E
Unión Tipo 6 con el Corte F
Unión Tipo 7 con el Corte G y la Vista H
Unión Tipo 8 con el Corte I.

2014-035/CHFO-EM-1008

Detalle de uniones.
Unión Tipo 9 con Vista J
Unión Tipo 10 con el Corte K y la Vista N
Unión Tipo 11 con el Corte L y la Vista M

2014-035/CHFO-EM-1009

Detalle de uniones.
Detalle 6 con la Vista F
Isometría del Premoldeado L=3.60m.

2014-035/CHFO-EM-1010

Detalle del elemento de ampliación para el izado de premoldeados L=8.10m
Detalle de los tensores de los premoldeados.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

La concepción y el proyecto de estructuras requieren una visión de su comportamiento que usualmente se adquiere por experiencia, aunque puede acelerarse cuando se comprenden las bases geométricas de la respuesta estructural. En este trabajo, de investigación proyectiva, se desarrolla una herramienta basada en el estado del arte, nacional e internacional, aplicable a dispositivos o equipos de levantamiento de cargas y para su uso por parte de profesionales en el área de la Ingeniería Estructural y de futuras investigaciones. El análisis propuesto está basado en el método de análisis dinámico no lineal, evaluando el comportamiento estructural en tres dimensiones (3D).

Las contribuciones más relevantes obtenidas durante la investigación, el desarrollo y la finalización del presente TEG, "UN DISPOSITIVO PARA EL IZAMIENTO DE PREMOLDEADOS DE GRAN PESO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA FABRICIO OJEDA", a modo de conclusión, son las que se presentan a continuación tomando en cuenta los objetivos propuestos y los siguientes conceptos:

1.- Las diferentes normativas y especificaciones utilizadas en la investigación del presente trabajo son de aplicación obligatoria y definen los criterios para el desarrollo de proyectos estructurales, (concreto estructural, acero, aluminio o madera, etc.), estableciendo los requisitos para el proyecto y la ejecución. Aun si éstas no rigen el diseño, el proyectista quizá las tomará como una guía. No importa cuántas estructuras haya diseñado, es imposible que haya encontrado toda situación posible al recurrir a las especificaciones. Estos códigos, que en realidad son reglamentos, especifican las cargas de diseño, esfuerzos de diseño, tipos de construcción, calidad de los materiales, entre un gran número de otros factores.

2.- El diseño estructural no es un acto sino un proceso de actos y de decisiones creativas, condicionadas de muy distintas maneras según sea el objeto del diseño. Asimismo el proceso de diseño implica una serie de toma de decisiones previas sobre aspectos que puedan condicionarlo. Asimismo, cada estructura es particular en su concepción específica y comportamiento estructural. La estructura es y ha sido siempre un componente esencial de la Arquitectura y la Ingeniería Civil, y son precisamente el Ingeniero y el Arquitecto quienes, durante el proceso de diseño, deben crear o inventar la estructura y darle proporciones correctas. Para crear y darle proporciones correctas deben seguir el camino intuitivo y el científico, tratando de lograr una combinación armónica entre la intuición personal y la ciencia estructural.

El diseño es un proceso creativo mediante el cual se definen las características de un sistema de manera tal que cumpla, en forma óptima, con sus objetivos. Precisamente, el objetivo de un sistema estructural es equilibrar las fuerzas a las que va a estar sometido, y resistir las solicitaciones sin colapso o mal comportamiento (excesivas deformaciones).

3.- Ya sea para fines de diseño, de investigación o para estudios de comportamiento estructural, el análisis de los esfuerzos y deformaciones es importante. Aunque el análisis de esfuerzos y deformaciones es necesario en el proceso de diseño, hay un tipo de relación gallina-huevo entre análisis y diseño. Para analizar las respuestas estructurales se hace necesario conocer sus propiedades, pero para determinar las propiedades se debe disponer de algunos resultados del análisis de la misma. La Especificación AISC proporciona dos métodos para diseñar miembros de acero estructural y sus conectores. Éstos son el Diseño con factores de carga y resistencia (LRFD: Load and Resistance Factor Design) y el Diseño por esfuerzos permisibles (ASD: Allowable Strength Design), en el presente trabajo se utiliza el método LRFD. El término estado límite se usa para describir una condición en la que una estructura o parte de ella deja de cumplir su función prescrita. Se han considerado dos tipos de estados límite: los de resistencia y los de servicio. Los estados límite de resistencia definen la capacidad de sustentar una carga, la fluencia excesiva, la fractura, el pandeo, la fatiga y el movimiento exagerados de cuerpo rígido. Los estados límite de servicio definen el comportamiento, incluyendo la deflexión, el agrietamiento, los deslizamientos, la vibración y el deterioro.

4.- En la investigación del presente y trabajo fue determinante establecer la mezcla del concreto estructural dada la importancia de acelerar los trabajos de montaje de los sistemas de la ingeniería electromecánica, donde el proyecto original describe la cubierta de los módulos de la Casa de máquinas con piezas de concreto prefabricadas. Se diseña una mezcla de concreto estructural con una resistencia a la compresión especificada de 350 kgf/cm² a los 28 días. Con esta mezcla se garantiza que a cabo de 30 horas (de colocado el concreto estructural) es posible obtener una resistencia temprana especificada de 150 kgf/cm² con aplicaciones de curado del concreto especialmente diseñado para tal fin. El otro factor importante a resolver era el de los encofrados para la colocación del concreto estructural, para lo cual finalmente se seleccionó el sistema de encofrado REDIRADIUS HAND-E-FORM (encofrados curvos armados manualmente) de EFCO. Este tipo de encofrado adaptable fácilmente a las condiciones de sitio, rapidez de producción de prefabricados y la geometría curva que presentan las piezas de premoldeado.

5.- En la etapa de creación del modelo se representó la estructura real por medio de una construcción simplificada de los elementos que la conforman. En vista de la importancia que tienen actualmente los programas en el análisis de estructuras es que se ha realizado el presente trabajo de investigación, dentro del cual se han desarrollado específicamente las capacidades del programa SAP2000, con una interfaz única para modelar, analizar, dimensionar y generar informes de cálculo. En general, el programa de análisis de estructuras seleccionado permitió realizar el modelaje estructural, el procesamiento numérico de los datos y el análisis de los resultados por medio de las etapas de pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento, respectivamente. Así mismo, ha permitido el desarrollo de la geometría del modelo mediante un conjunto de objetos, como líneas o mallas de elementos finitos bi o tri dimensionales, a los cuales se les asigna sus propiedades mecánicas (módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, etc.), propiedades geométricas (sección transversal, momentos de inercia, espesores en el caso de losas, etc.), propiedades de los materiales y las hipótesis de carga (fuerzas, desplazamientos, cambios de temperatura, etc.). En consecuencia, dentro del diseño de un modelo numérico existen tres procesos a desarrollar:

-a. El Preproceso, en el cual se define todo lo relacionado a la geometría del sistema estructural propuesto, y entrada de datos en general.

-b. El Análisis, donde, dependiendo del tipo de problema, se aplican las distintas teorías de análisis estructural.

-c. El Posproceso, visualiza los resultados numéricos a través de gráficos.

6.- Posteriormente a la fase de modelaje de la estructura, se analizaron los esfuerzos y deformaciones en la misma. Para ello aplica técnicas de análisis matricial de estructuras (AME) y análisis por el método de elementos finitos (MEF), que involucran una gran cantidad de cálculos numéricos, de modo que es imprescindible el uso del programa seleccionado. Se estudiaron y analizaron las diferentes solicitaciones que soporta el sistema estructural tales como momentos, cargas axiales, deformaciones, desplazamientos, deflexiones y esfuerzos cortantes, todo esto considerado espacialmente. De lo anterior se determinó que las secciones de prediseñadas cumplen los requisitos de seguridad, ductilidad, durabilidad y tenacidad del sistema estructural propuesto. En las estructuras Metálicas (Steel Frame) el dimensionamiento de perfiles metálicos incluye la optimización de las dimensiones de los elementos y las normativas para comprobación y dimensionamiento.

7- En la memoria Descriptiva y de Cálculo Estructural del presente trabajo se indican cuáles son los procedimientos de cómo se realizaron los cálculos que intervienen en el desarrollo del proyecto, se describen los procedimientos que se llevaron a cabo para determinar las secciones de los miembros estructurales, así mismo, se indica cuales fueron los criterios con los cuales se calcularon todos y cada uno de los miembros estructurales, diseño de las cargas vivas y cargas muertas, los factores de seguridad, los factores sísmicos, los factores de seguridad por viento y en general todos y cada uno de los cálculos para determinar el comportamiento estructural del sistema propuesto, en definitiva la memoria de cálculo se incluye lo siguiente:

a) Bases de diseño

- Criterios de diseño y Métodos de análisis.
- Identificación del software computacional, Normas, códigos y reglamentos aplicables.
- Listado de cargas y sus combinaciones, de los materiales y parámetros dinámicos.
- Requerimiento de control de calidad e inspección especial de los materiales.

b) Esquemas de ubicación e identificación de los elementos estructurales.

c) Análisis y diseño para cargas verticales.

- d) Análisis y diseño de cargas laterales, incluyendo pesos sísmicos, corte basal, momentos, períodos y sus masas equivalentes, verificación de desplazamientos máximos.
- e) Análisis y diseño de miembros y elementos estructurales.

8.- En el presente trabajo, la memoria descriptiva y de cálculo estructural tienen como objetivo homologar, establecer políticas y criterios para la elaboración de los Proyectos Ejecutivos. Se definen los parámetros indispensables para que la información vertida en el dibujo de los planos del proyecto sea la mínima indispensable para llevar a cabo en tiempo, costo y calidad previstos para la ejecución de la obra investigada. Con la información descrita en la memoria descriptiva, la memoria estructural, el respectivo análisis y verificación de los cálculos procedentes de la salida del SAP2000 se realizan los croquis y borradores para la elaboración de los planos de proyecto, en los cuales se presentan las respectivas plantas, secciones y elevaciones y un exhaustivo detallado de las geometrías de las uniones y todos los elementos y miembros estructurales que conforman el sistema estructural investigado

9.- La investigación ha permitido definir un Sistema de Gestión de Riesgos Ocupacionales en el manejo y operación del dispositivo de izado, al igual que en los trabajos de manipulación de los premoldeados. Las operaciones de izamiento de cargas, representan maniobras de gran complejidad, es por ello, que su ejecución exige la máxima consideración de los factores de riesgos que tengan el potencial de causar daños al personal, a las instalaciones o al medio ambiente. En tal sentido, el presente trabajo se ha visto en la necesidad de crear y promover una cultura de prevención con la finalidad de disminuir la ocurrencia de accidentes laborales y la aparición de enfermedades ocupacionales.

5.2 Recomendaciones.

La interpretación de la información investigada conduce finalmente a la obtención de unas conclusiones y por ende, de unas recomendaciones. Luego de concluir los resultados de una investigación, el paso siguiente es definir algunas recomendaciones para que el trabajo sea aún más beneficioso, y son aquellas acciones que “se sugieren” realizar, obteniendo un mayor nivel de profundidad del tema en estudio y resultados más favorables.

No existe una formula exacta para crear “las recomendaciones de la investigación”, aun así basado en los siguientes ejemplos, se plantean algunos puntos relevantes que es posible desarrollar en esta labor:

- Publicidad de lo desarrollado: en caso del desarrollo de una herramienta, es beneficioso para la investigación que sea conocido por otras personas a través de la publicidad.
- Adiestramiento de usuarios: adiestrar a los usuarios es un aspecto muy importante, ya que les proporciona el conocimiento acerca del manejo de lo que se ha desarrollado.
- Administración de la información: si la información que contiene un sistema no es administrada de manera correcta, los posibles usuarios no se interesarán en su uso.
- Futuros investigadores: sugerir aquellos aspectos “primordiales” que se deben cumplir en caso de haber futuros desarrollos del tema en estudio.

Finalmente, se plantean las siguientes recomendaciones o sugerencias considerando los objetivos propuestos del presente trabajo (el cual es considerado como una investigación proyectiva) y sus respectivas conclusiones,

1.- Se exhorta a estudiantes y profesionales al fiel cumplimiento de todos los estándares (nacionales e internacionales) aplicables en el diseño estructural, directa o indirectamente, al igual que mantenerse informado de nuevas publicaciones, modificaciones, actualizaciones y trabajos de investigación al respecto. No importa cuántas especificaciones se escriban, no importa qué código o especificación se use o no, la responsabilidad última del diseño de una construcción segura es del ingeniero especialista. Obviamente, el objetivo de estas especificaciones es que la carga que se use para el diseño sea la que cause los esfuerzos más grandes.

Se debe hacer notar que los códigos escritos lógicamente y claramente son muy útiles para los ingenieros de diseño. Mucha gente considera que las especificaciones impiden al ingeniero pensar por sí mismo y tal vez haya alguna razón para tal censura. Por tanto, algo que debe recordarse como importante acerca de las especificaciones es que las mismas no se han elaborado con el propósito de restringir al ingeniero, sino con el de proteger al público.

2.- Se debe realizar trazados preliminares a manera de croquis de toda estructura en estudio o investigación, y así, determinar las formas geométricas que cumplan con los requerimientos de uso y diseño. El buen diseño estructural requiere la integración de todo

el sistema físico y es necesario reconocer las influencias que las mismas tienen sobre la seguridad y los costos de ejecución. El proyectista siempre debe tener en mente y considerar la posibilidad de abatir los costos de la construcción sin sacrificar la resistencia, así mismo, debe aprender a distribuir y a proporcionar las partes de las estructuras de manera que puedan montarse de manera práctica, que tengan resistencia suficiente y que sean razonablemente económicas. En resumen, en el diseño estructural debe considerarse el contenido de los siguientes elementos, tales como La Estructuración, El Análisis, El Diseño, El Dibujo y La Memoria de Cálculo.

3.- Es imperativo que los proyectistas (estudiantes o profesionales) mantengan el control de la situación del diseño mediante el conocimiento y la experiencia. Considerar que el comportamiento de las estructuras se puede prever, especulativamente, en base al comportamiento demostrado en estructuras similares o sobre modelos matemáticos que simulen las solicitaciones impuestas. Los ingenieros especialistas en estructuras han reconocido desde hace mucho tiempo la incertidumbre inherente tanto de la magnitud de las cargas que actúan sobre una estructura como de la capacidad de la misma para sustentar esas cargas. En el mejor de los casos, el efecto combinado de las cargas múltiples, en relación con un estado límite específico o modo de falla, se puede describir con una función de densidad de probabilidad matemática, por tanto, es un tema de análisis minucioso el diseño de las diversas hipótesis de carga.

4.- En todo proyecto estructural donde se involucre el concreto es necesario establecer las mezclas de concreto apropiadas dependiendo de las condiciones geográficas, climáticas, materiales disponibles, fabricación, transporte y manejo, pero sobre todo, considerar según el uso y disposición final de la mezcla en el sistema donde se coloca. Aquí se abre un campo de investigación muy amplio en la elaboración de mezclas de concreto estructural para prefabricados sujetos curados especiales y retiro temprano de fraguados. Para la construcción del dispositivo de izado se emplea el acero A36, el acero tiene la particularidad de adaptarse a cualquier forma geométrica en un sistema estructural y con el cual se crea la geometría adecuada a la geometría de las piezas de concreto prefabricadas, aquí aplica el eslogan de AISC (American Institute of Steel Construction: Instituto Estadounidense de la Construcción en Acero): “siempre hay una solución en acero”.

5.- Al seleccionar un programa de análisis estructural se reduce el tiempo de creación del modelo y se pueden realizar modificaciones muy rápidamente. Sin embargo, la veracidad de los resultados está en función de que el modelo se aproxime al comportamiento de la estructura real. Las posibilidades de procesamiento deben estar relacionadas con el tipo de análisis que se puede ejecutar. Algunos de estos tipos corresponden al análisis lineal y no lineal, estático elástico, dinámico (modal, tiempo-historia y espectral), análisis de acciones incrementales (Pushover) y análisis de respuesta térmica. Aunque las computadoras ciertamente incrementan la productividad en el diseño, éstas tienden sin duda al mismo tiempo a reducir la "intuición" del ingeniero hacia las estructuras. Teóricamente, el diseño por computadoras de sistemas alternativos para unos cuantos proyectos deberá mejorar apreciablemente el criterio del ingeniero en poco tiempo. Sin las computadoras, el desarrollo de este mismo criterio requeriría posiblemente que el ingeniero se abra paso a través de numerosos proyectos.

6.- En el proceso de los análisis de resultados en SAP2000 se sugiere atender los conceptos siguientes, entre otros:

- Diagramas de Esfuerzos (Force Diagrams). Es posible visualizar los diagramas de momentos flectores, esfuerzo transversal, esfuerzo axial y desplazamientos, en cualquier punto de un objeto de barra y para cualquier caso de carga o combinación.
- Análisis de los Desplazamientos (General Displacements). En este análisis es posible definir "generalized displacements" para evaluar los desplazamientos de una estructura en varias situaciones, como por ejemplo en combinaciones lineales de traslaciones y rotaciones de los nudos, en el cálculo de medias de desplazamientos, en el análisis del desplazamiento relativo entre pisos, etc. Estos resultados pueden obtenerse para cualquier caso de análisis y combinaciones.
- Cargas Automáticas (Automatic Loads). SAP2000 genera automáticamente y aplica acciones sísmicas y del viento con base en las normativas internacionales.
- Definición de Cargas Específicas (User Loads). Definición de cargas específicas para modelar un amplio conjunto de condiciones de acciones.
- Desplazamiento (Displacement). Displacement loading" se trata de una imposición externa de desplazamiento en la estructura. Puede aplicarse en apoyos y en muelles de naturaleza lineal y no lineal.

- Análisis Dinámico (Dynamics). Los análisis dinámicos de SAP2000 incluyen el cálculo de modos de vibración a través del Ritz o Eigen vectors, análisis de espectros de respuesta y time-history, tanto para comportamiento lineal como no lineal.
- Análisis P-delta. El análisis P-Delta tiene en cuenta los efectos de los esfuerzos de compresión y tracción en la variación de rigidez transversal de los miembros de la estructura. La compresión reduce la rigidez lateral y la tracción la aumenta. Este análisis es particularmente útil para considerar el efecto de las cargas verticales en la rigidez lateral de las estructuras. Se puede utilizar un simple análisis P-delta para un caso de cargas gravitacionales para alterar la rigidez de casos de carga lineales, que podrán después ser combinados linealmente. Alternativamente, cada combinación de cargas se puede analizar para efectos P-delta totales no lineales.
- Tablas de Resultados (Tabular Output). SAP 2000 tiene la capacidad de componer y presentar tablas con todos los parámetros de entrada, resultados de análisis y de dimensionamiento.
- Generación de Reportes (Quick Report). Es posible obtener informes preformateados que incluyen todos los datos del modelo, resultados de análisis y de dimensionamiento.
- Opciones Avanzadas (Advanced Report Writer). Permite la creación de informes personalizados y sofisticados.
- Optimizador Estructural (Load Optimizer). Tiene como objetivo determinar la mejor acción para alcanzar la respuesta estructural deseada. Las acciones se pueden aplicar de forma lineal, no lineal o a través de secuencia constructiva. Los límites y objetivos pueden ser desplazamientos, fuerzas o momentos, entre otros.
- Formatos Soportados (Supported Formats). SAP2000 soporta interoperabilidad con varios programas: Autodesk Revit Structure, Tekla Structures, AutoCAD (DXF/DWG), CIS/2, IFC y SDNF. También es posible la exportación del modelo a una base de datos Microsoft Access. SAP2000 permite además la importación de fichero de FrameWorks Plus, STAAD y STRUDL, en caso de que el usuario esté utilizando otros programas de cálculo.
- Generación de Reportes (Quick Report). Es posible obtener informes preformateados que incluyen todos los datos del modelo, resultados de análisis y de dimensionamiento. Los datos se presentan en formato de tabla, gráficos y cuadros de contenidos.
- Optimizador Estructural (Load Optimizer). Tiene como objetivo determinar la mejor acción para alcanzar la respuesta estructural deseada. Las acciones se pueden aplicar de forma

lineal, no lineal o a través de secuencia constructiva. Los límites y objetivos pueden ser desplazamientos, fuerzas o momentos, entre otros.

Con la finalidad de evitar errores en el modelado computacional en el diseño estructural se sugiere algunos parámetros como los siguientes:

- SAP2000 es solamente un programa de análisis estructural que en muy contadas ocasiones podrá ayudarle con el diseño. No es un programa de dibujo.
- La complejidad del modelo construido no necesariamente tiene relación con la calidad de los resultados que son necesarios para el diseño o análisis de comportamiento. Más aún cuando no se sepa leer los resultados que se necesitan.
- No existen los modelos que sirven "para todo". Cada modelo tiene un rango de utilidad muy acotado para la información que el programa entrega en los resultados. La construcción de cada modelo (elementos elegidos y maneras de incorporar solicitaciones) debe enfocarse en los resultados que se desea obtener.
- SAP2000 no reemplaza, y nunca reemplazará, al criterio y al conocimiento del ingeniero.
- Jamás utilice modelos en los cuales no se pueda realizar algún tipo de chequeo simple, de manera tal que usted quede 100% seguro que los resultados que está obteniendo corresponden a los que debe obtener. Si no se logra hacer coincidir sus resultados con los del modelo, se debe encontrar el origen de la discrepancia antes de continuar.

7.- El Ingeniero Especialista Estructural es responsable por sus diseños. Sin perjuicio de esto, el ingeniero estructural debe establecer las condiciones de diseño del sistema estructural propuesto, a través de las especificaciones de las bases de diseño, y la verificación de que éstas se hayan aplicado, al elaborar la memoria descriptiva y de cálculo estructural cuya función principal es la guía y el apoyo de los documentos del proyecto estructural. Los cálculos deben ser consistentes con los requerimientos del diseño estructural. En el alcance de la memoria descriptiva y de cálculo estructural, de acuerdo con las normas técnicas que allí se señalan, el ingeniero especialista debe considerar los siguientes aspectos:

- Verificación general de hipótesis y criterios de diseño.
- Revisión de la estructuración general y bases de cálculo
- Revisión del modelo de análisis y su consistencia con el diseño. Verificación de la modelación de los diafragmas de piso.

- Revisión general de fundaciones de acuerdo al estudio de mecánica de suelos, incluyendo tensiones sobre el terreno, porcentajes de apoyo y diseño de sus elementos.
- Revisión de singularidades y zonas críticas. Revisión selectiva del diseño de los elementos constituyentes del sistema estructura.
- Verificación general del detallamiento de secciones y armaduras mínimas de los elementos estructurales.
- Verificación general del contenido de los planos y su concordancia con los resultados del análisis y diseño.
- Debe verificar el cumplimiento de las Bases de Cálculo del proyecto y su adecuada compatibilidad con el sistema estructural.

8.- La elaboración de los planos de proyecto son el producto final del sistema estructural investigado o en estudio. Los planos deben mostrar la ubicación y denominación de los elementos estructurales, sus dimensiones, sus refuerzos y sus conexiones a una escala y nivel de detalle que permita la construcción en una secuencia razonable por un contratista competente y con experiencia en construcciones con los materiales especificados. Las plantas, elevaciones, cortes y detalles deberán ejecutarse en una escala, cantidad y extensión adecuadas para representar claramente la relación entre los elementos y sus interconexiones. Los planos estructurales del proyecto de formas (geometrías) y armaduras deben incluir como mínimo lo siguiente:

- Detalles típicos y notas.
- Plantas de fundaciones, secciones y detalles.
- Plantas de estructuras, secciones y detalles.
- Elevaciones de todos los ejes estructurales, secciones y detalles.
- Plantas del sistema de pisos y techos, secciones y detalles.
- Detalles de uniones.

9.- Aun cuando el tema principal del presente trabajo no es la Seguridad Industrial, la investigación del sistema propuesto está involucrado en la consideración de los factores de riesgos que tengan el potencial de causar daños al personal, a las instalaciones o al medio ambiente. Este tipo estudio contempla la identificación, clasificación y análisis de todos los riesgos inherentes a las operaciones de izamiento de carga, así como la elaboración de un procedimiento de práctica de trabajo seguro que engloba todos los lineamientos de seguridad industrial que se deben considerar y cumplir en este tipo de

operaciones. Todas las personas involucradas en la realización de la maniobra de izaje mecánico de cargas, deben recibir instrucción sobre el tema, identificación de peligros valoración de riesgos, procedimientos seguros. Cumplir con las disposiciones y especificaciones nacionales e internacionales, entre las que se encuentran las siguientes:

-COVENIN 3174:2000 EQUIPOS DE IZAMIENTO MANTENIMIENTO Y PRUEBAS

-COVENIN 3088:1994 Equipos de izamiento. Definiciones y clasificación.

-COVENIN 3210:1996 Equipos de izamiento móviles y sobre vagones.

-COVENIN 3511:1999 Equipos de izamiento. Grúas torres.

-COVENIN 3512:1999 Equipos de izamiento. Tractores de pluma lateral.

-ASME/ANSI.B30.5.2004. Mobile and Locomotive Cranes. The American Society of Mechanical Engineers.

-ASME.B30.10.2009 Hooks. Safety standard for cableway, cranes, derricks, hoist, hook, jacks, and slings. The American Society of Mechanical Engineers.

-OHSAS 18001 - Occupational Health and Safety Assessment Series. Esta norma está estructurada para ser compatible con las normas ISO 9001 e ISO 14001

-OHSAS 18002: 2000 Sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales.

Cabe destacar que el mero cumplimiento de una determinada normativa o código, representa un nivel básico de desempeño, y por lo general solamente vinculado a la protección de la vida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSI/AISC 360-2010 “*Specification for Structural Steel Buildings*”
- ANSI/AISC 358-2010 “*Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moments Frame for Seismic Applications*”
- Arias, F. (2001). “*El proyecto de investigación. Guía para su elaboración*”. Caracas: Episteme.
- ASME/ANSI B30.5: 2004 “*Mobile and locomotive cranes*”. Date of action: 09/08/2010
- ASME/ANSI B30.10 : 2009 “*Hooks*”
- Balestrini Acuña, Miriam (2006). “*Como se elabora el Proyecto de Investigación*”. Consultores Asociados. Quinta Edición. Caracas, Venezuela.
- COVENIN 1618:1998 “*Estructuras de acero para edificaciones. Método de los estados limites*” en conjunto con la de la AISC “*Load and resistance factor design specification (LRFD)*”.
- COVENIN 3088:1994 “*Equipos de izamiento. Definiciones y clasificación*”.
- COVENIN 3131:2000 “*Dispositivos de izamiento*”
- COVENIN 3177:1995-“*Equipos de izamiento. Inspección*”.
- COVENIN 3210:1996-“*Equipos de izamiento móviles y sobre vagones. Construcción y características*”.
- COVENIN 3223:1996-“*Equipos de izamiento montados sobre gabarras y pontones*”.
- COVENIN 3331:1997-“*Equipos de izamiento. Montacargas, fabricación, operación y mantenimiento*”.
- COVENIN 3332:1997-“*Equipos de izamiento. Montacargas, inspección, pruebas y certificación*”.
- COVENIN 3511:1999-“*Equipos de izamiento. Grúas torres*”.

- “Especificaciones Técnicas Corpoelec (Cadafe-Desurca)-Desarrollo Hidroeléctrico Camburito-Caparo”. (2001).
- Gabaldon Mejía, Néstor (1969). “Algunos Conceptos de Muestro”. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2003) “Metodología de la Investigación” McGraw - Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.
- Hernández Sampieri, R (1994). “*Metodología de la investigación*”. Colombia: McGraw – Hill.
- Hurtado de Barrera. Jaqueline. (2008). *El Proyecto de Investigación Holística*. (2da. Edición.) Caracas: Fundación Sypal.
- Lerma, Héctor Daniel (2003) *Metodología de la Investigación: Propuesta, Anteproyecto y Proyecto*. Ecoe Ediciones.
- Lopez, Emmanuel. (2006) “*Guía de introducción a seminario de trabajo especial de grado*”. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas-Venezuela.
- Ortiz Guerrero, Nubia A. (2011) “*Esquema para la elaboración de un proyecto de investigación*”. Universidad Cooperativa de Colombia-Popayán.
- Palella Stracuzzi, Santa y Martins Pestana, Feliberto (2006): *Metodología de la Investigación cuantitativa*. 2da Edición. Caracas.
- Ramírez, T. (1998). *Como hacer un proyecto de investigación*. (1º. Ed.). Caracas: Panapo.
- Restrepo, Eduardo. (2006) “*elaboración de un Proyecto de investigación*”. Instituto de estudios sociales y culturales de la Universidad Javeriana. Bogotá-Colombia.
- Sabino, Carlos. (2000). “El proceso de Investigación”. Editorial Panapo. Caracas.
- Sabino, Carlos y Reyes, Jesús. (1999). “*Proyecto de investigación. Guía para su elaboración*”. Editorial Episteme.
- Tamayo y Tamayo M (1998). “*El proceso de la Investigación Científica*”. México. Editorial Limusa.
- UCAB (2006): “*Guía Práctica para la Elaboración del Trabajo Especial de Grado (TEG). Especialización en Gerencia de Proyectos*”. Caracas

- UPEL (2003). *“Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales”*. Caracas FEDUPEL.
- Universidad Nacional Abierta (comp.). (1992). *“Técnicas de Documentación e Investigación”*. Caracas-Venezuela.

-Trabajo tesis de grado

Acevedo, Margarita. (1999). “Desarrollo de la Ingeniería Conceptual para una planta de mantenimiento de unidades de transporte urbano”. Tesis publicada para las “VI JORNADAS VENEZOLANAS DE TRANSPORTE Y VIALIDAD. AÑO 2.000. MÉRIDA, VENEZUELA”. Tomo II. Universidad José María Vargas.

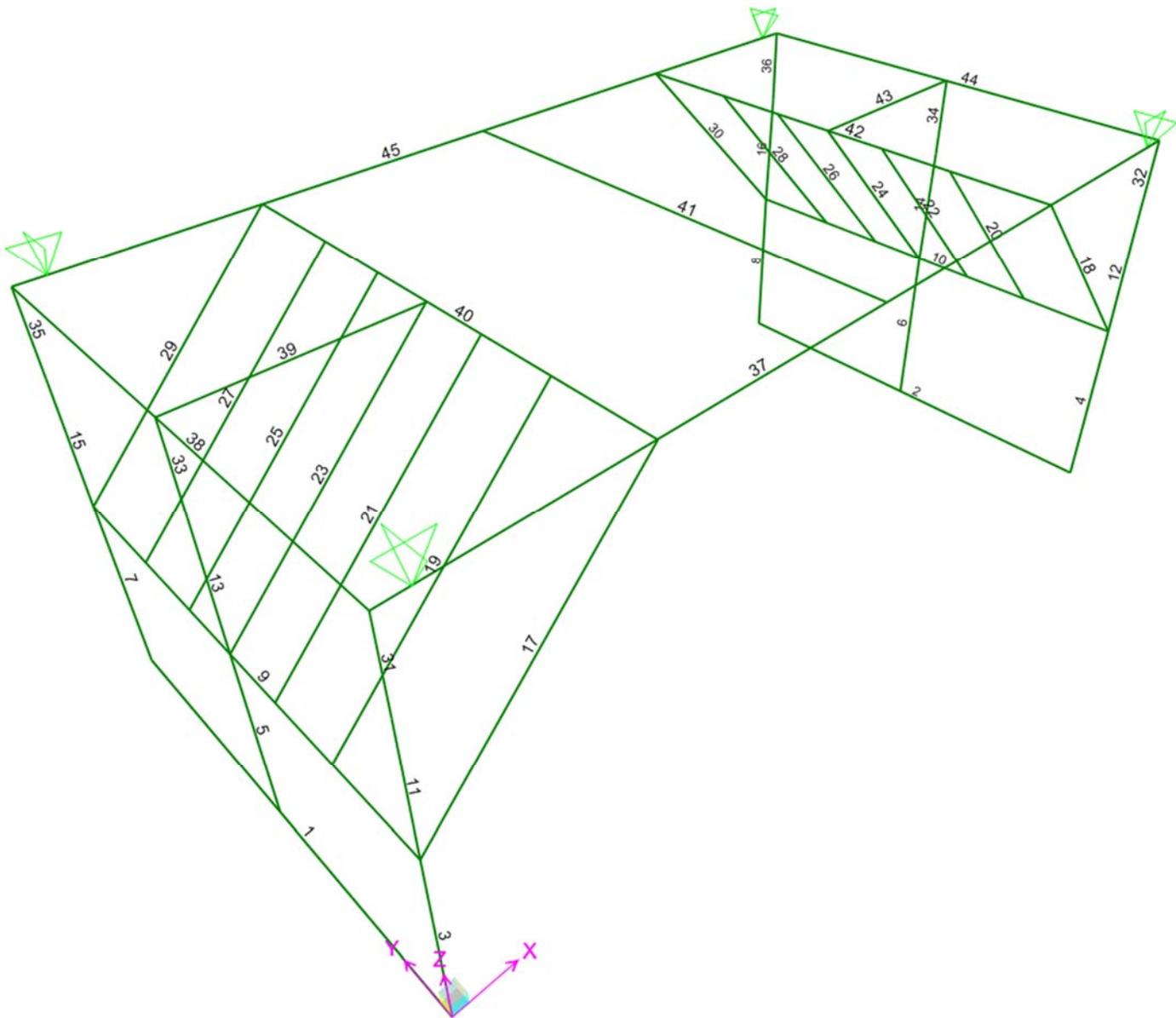
- Referencias de CD-ROM

- Autodesk Autocad 2010 English
- Microsoft Windows XP, Microsoft Windows Vista
- Microsoft Office
- CSI SAP2000. Computers and Structures, Inc. Berkeley – California.

ANEXOS

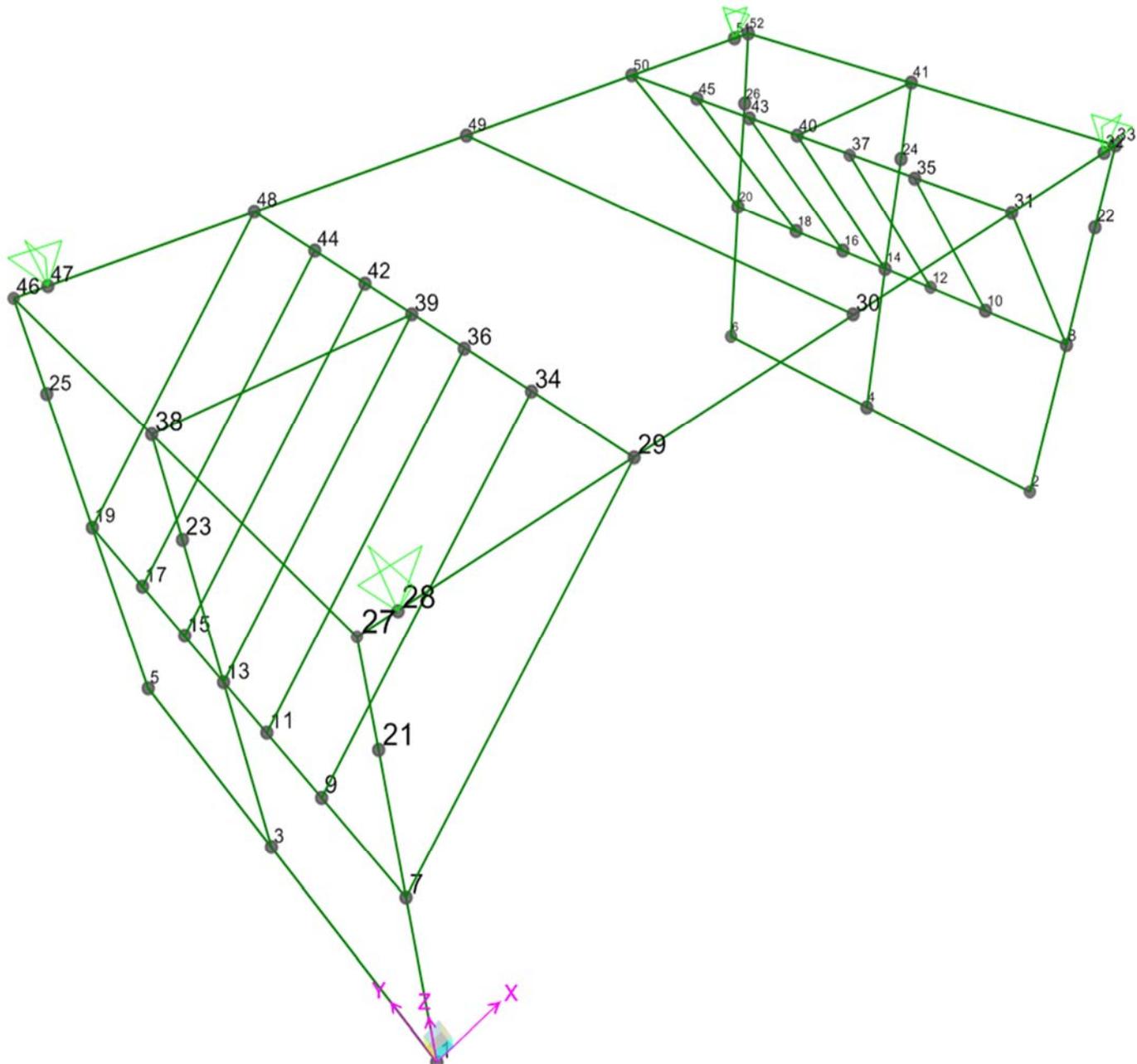
ANEXOS PARA EL PREMOLDEADO TIPO 1

Anexo 1. Numeración de Miembros Premoldeados Tipo 1.



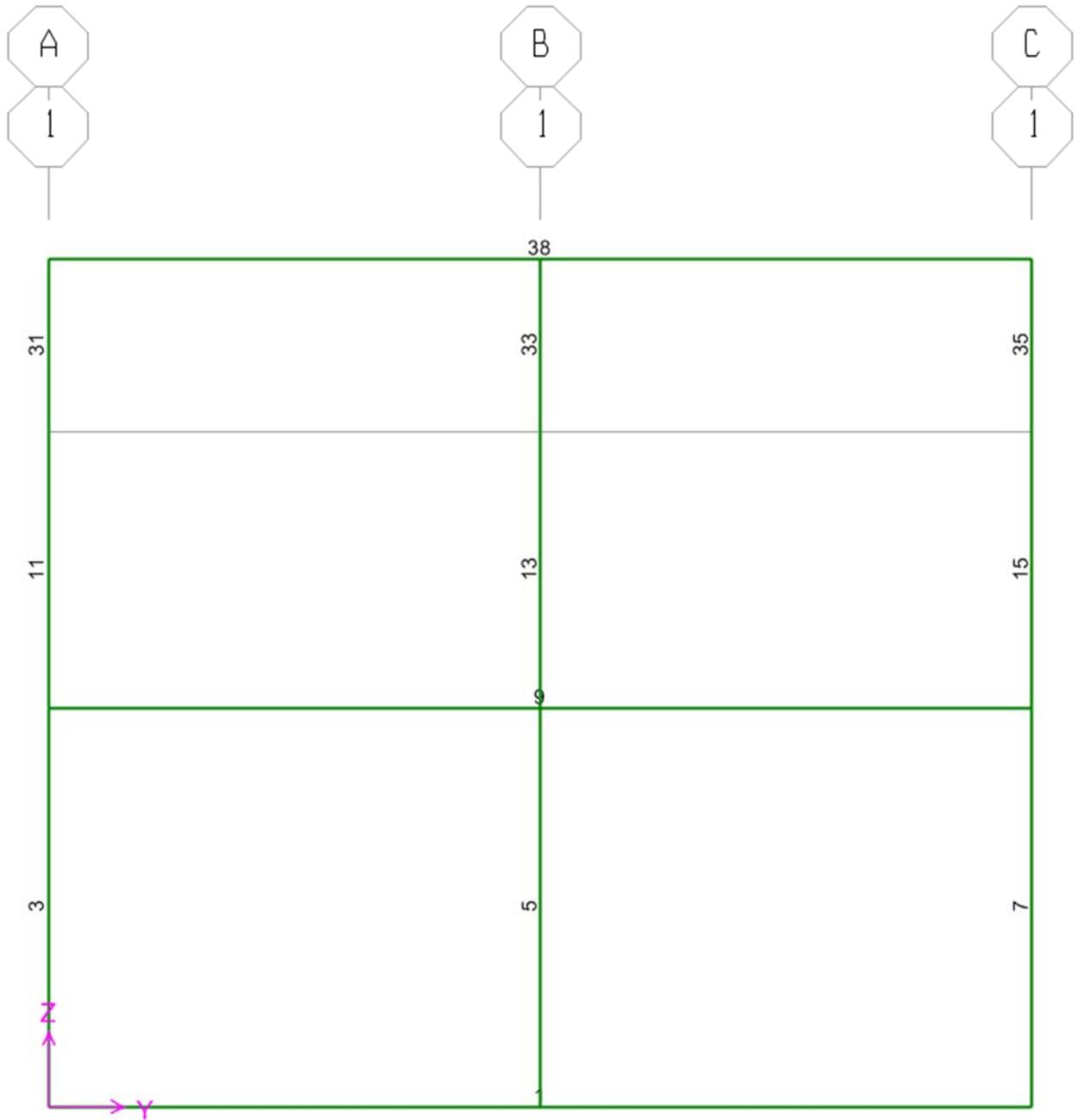
Fuente: SAP2000.

Anexo 2. Numeración de Juntas Premoldeados Tipo 1.



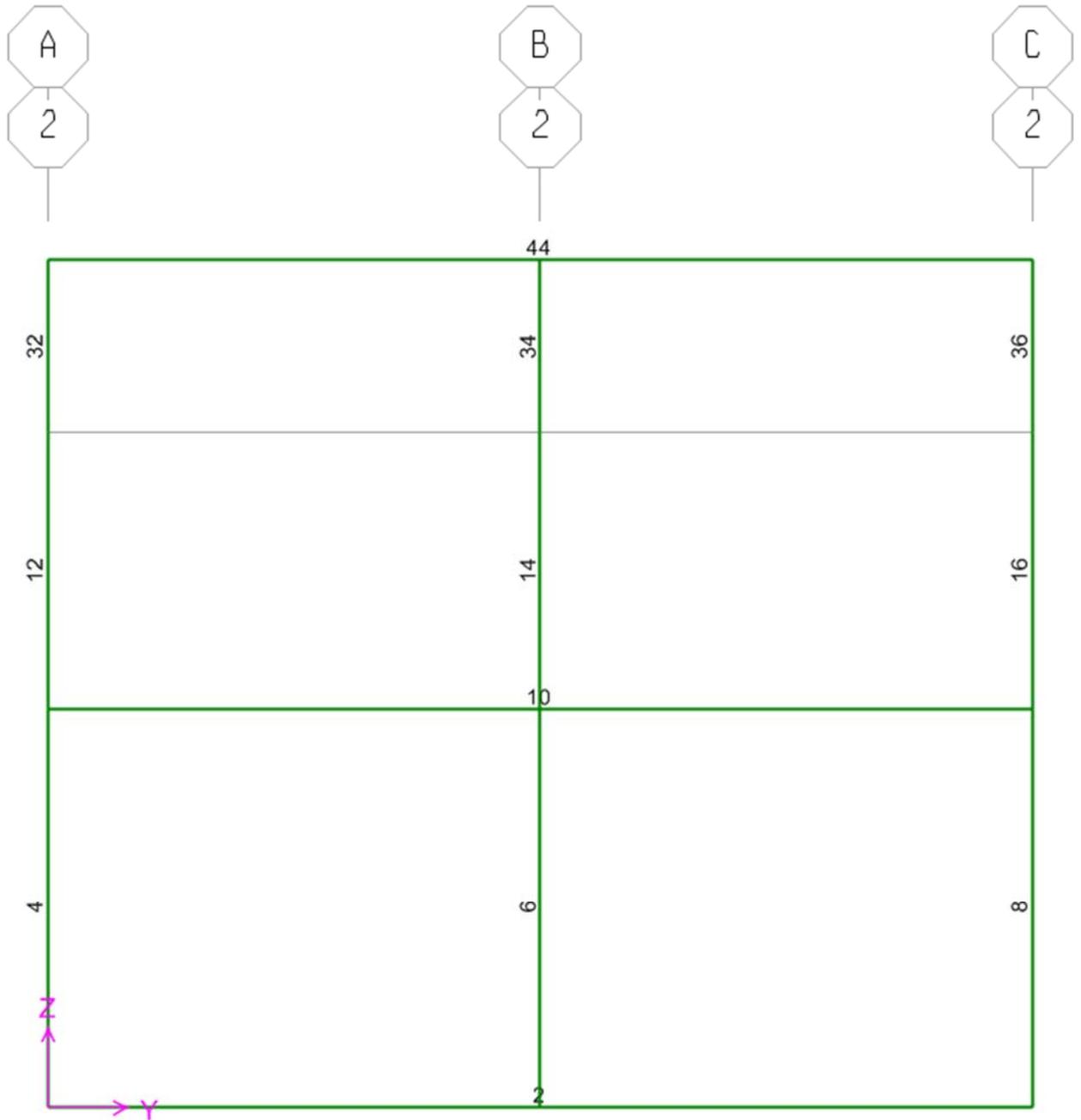
Fuente: SAP2000.

Anexo 3. Miembros en Pórtico Eje 1 Premoldeados Tipo 1.



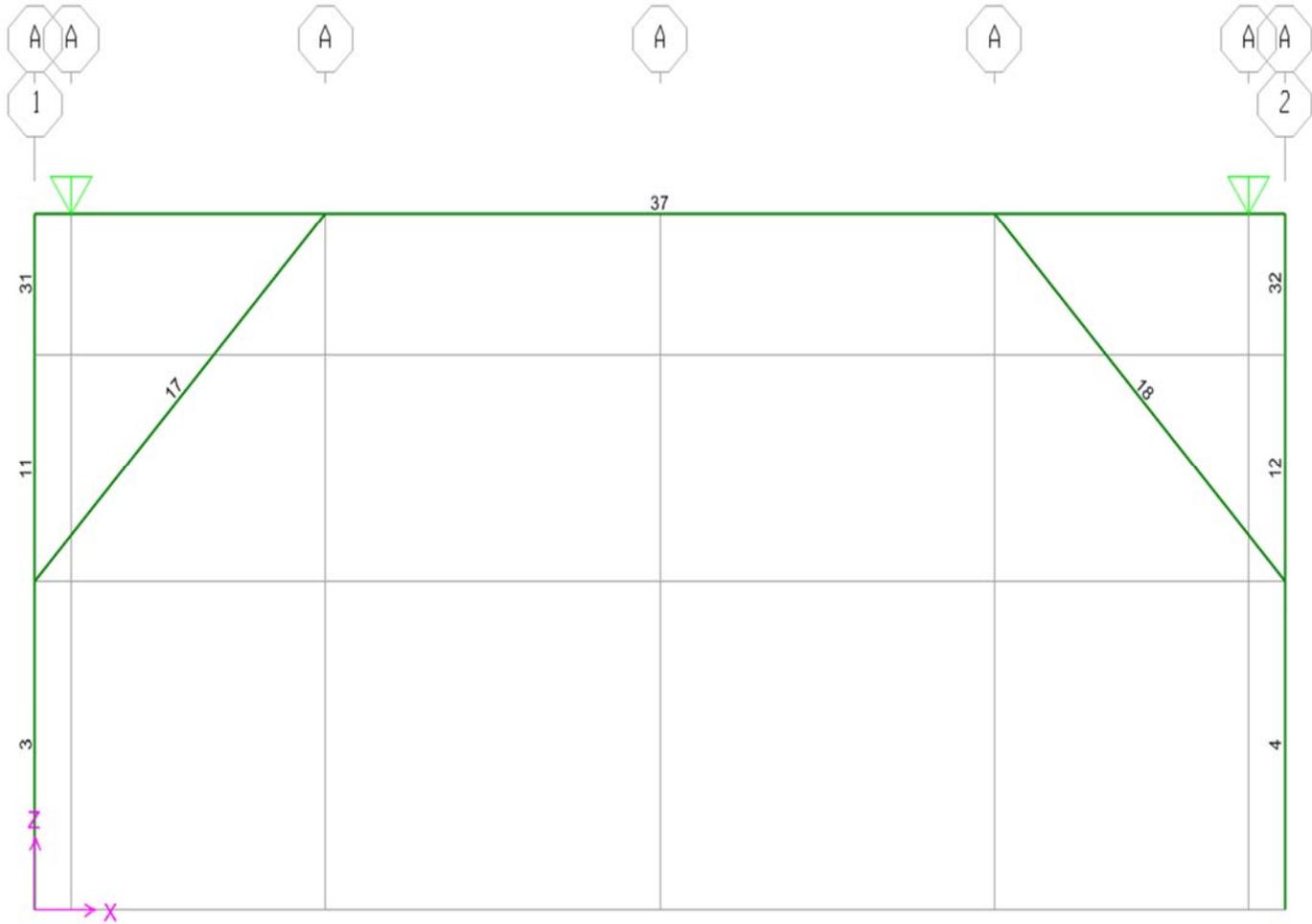
Fuente: SAP2000.

Anexo 4. Miembros en Pórtico Eje 2 Premoldeados Tipo 1.



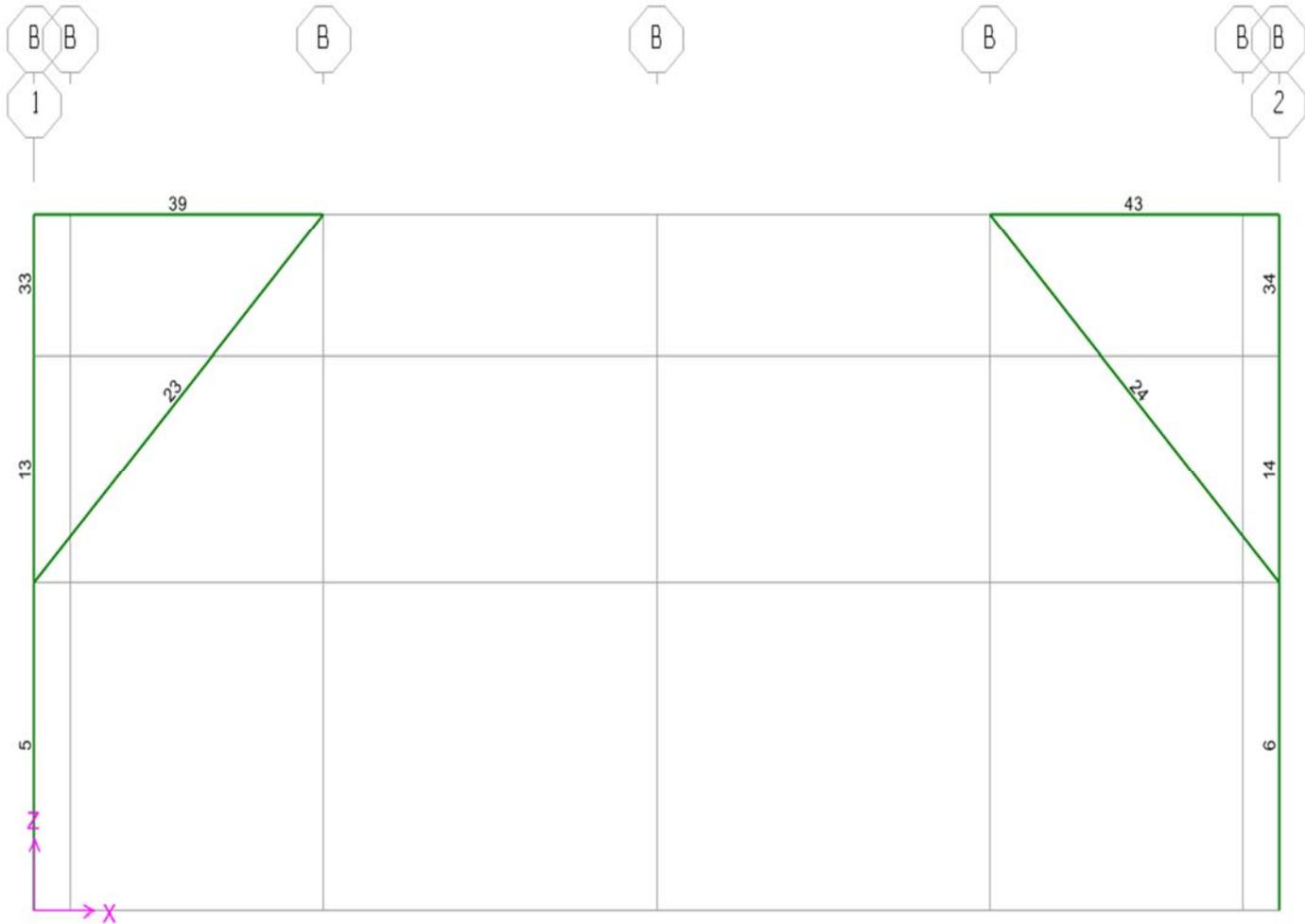
Fuente: SAP2000.

Anexo 5. Miembros en Pórtico Eje A Premoldeados Tipo 1.



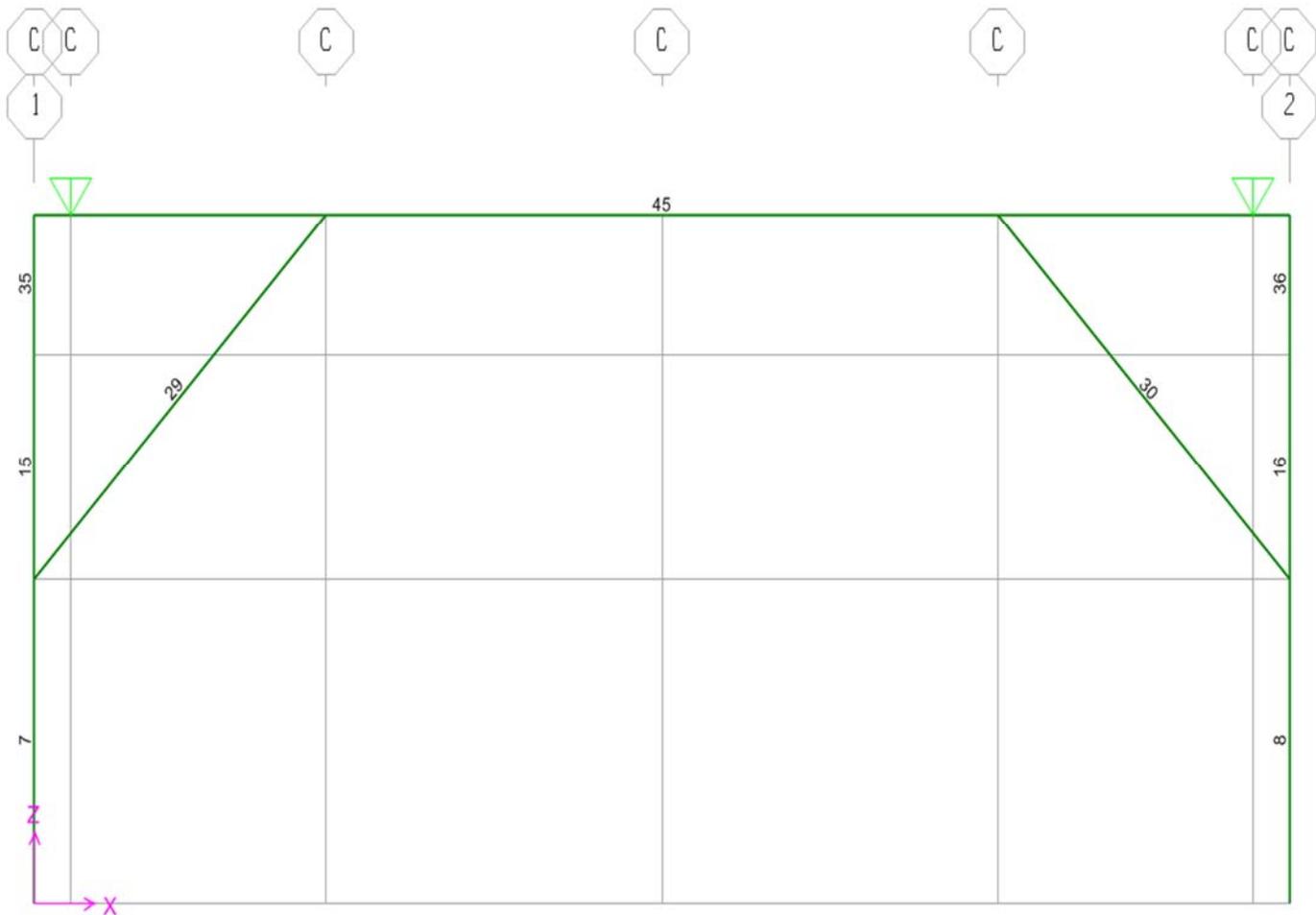
Fuente: SAP2000.

Anexo 6. Miembros en Pórtico Eje B Premoldeados Tipo 1.



Fuente: SAP2000.

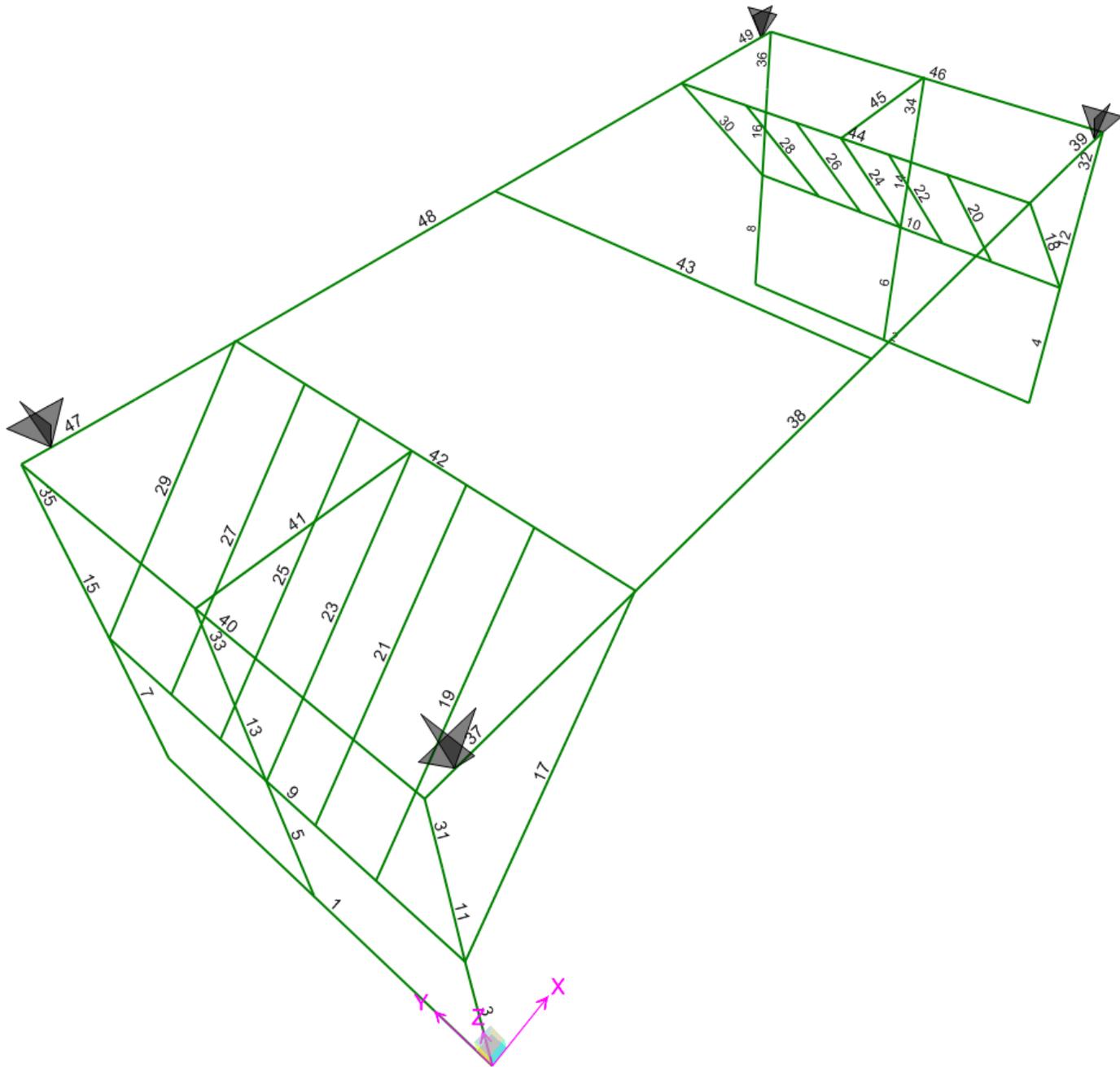
Anexo 7. Miembros en Pórtico Eje C Premoldeados Tipo 1.



Fuente: SAP2000.

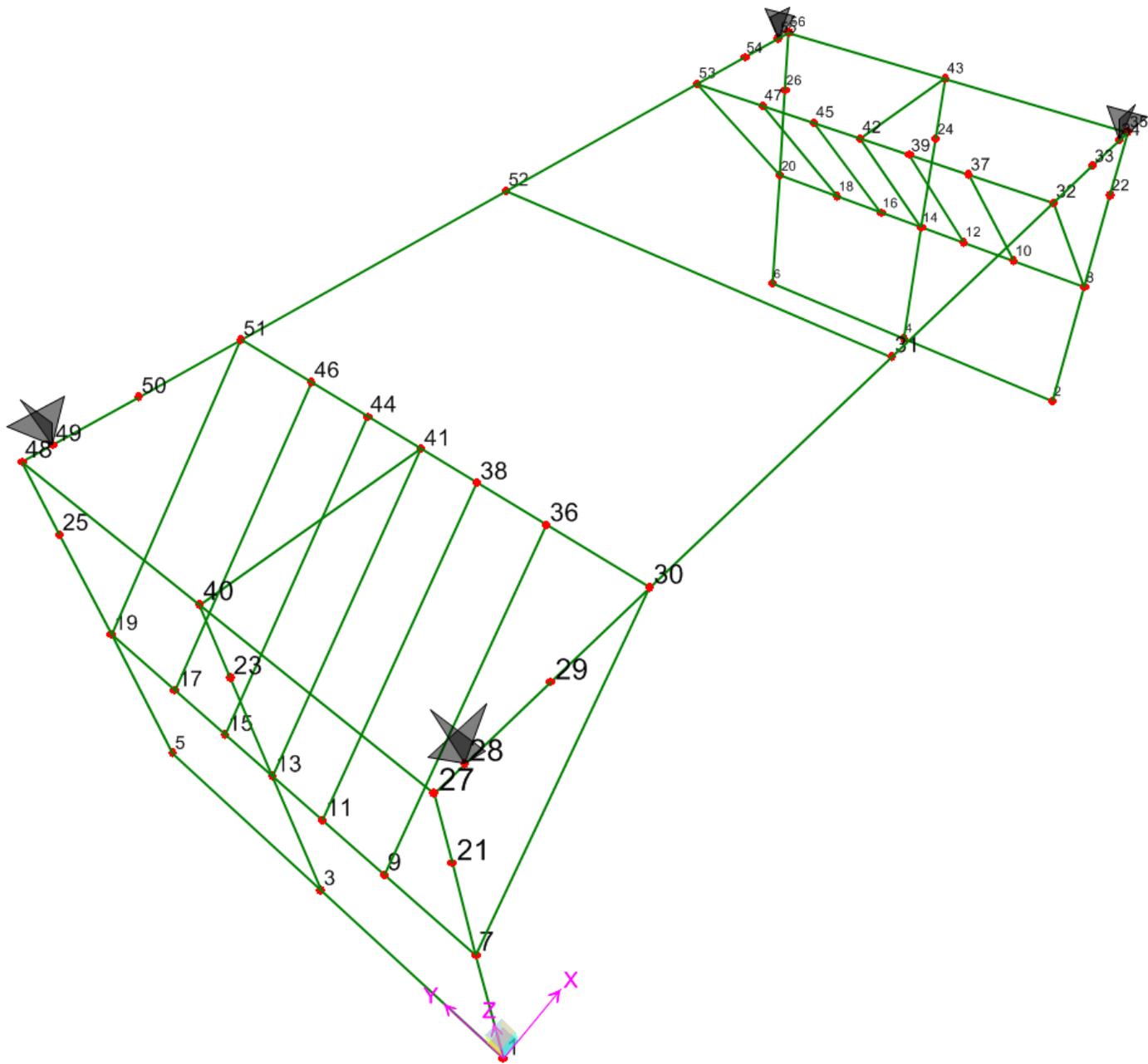
ANEXOS PARA EL PREMOLDEADO TIPO 2

Anexo 8. Numeración de Miembros Premoldeados Tipo 2.



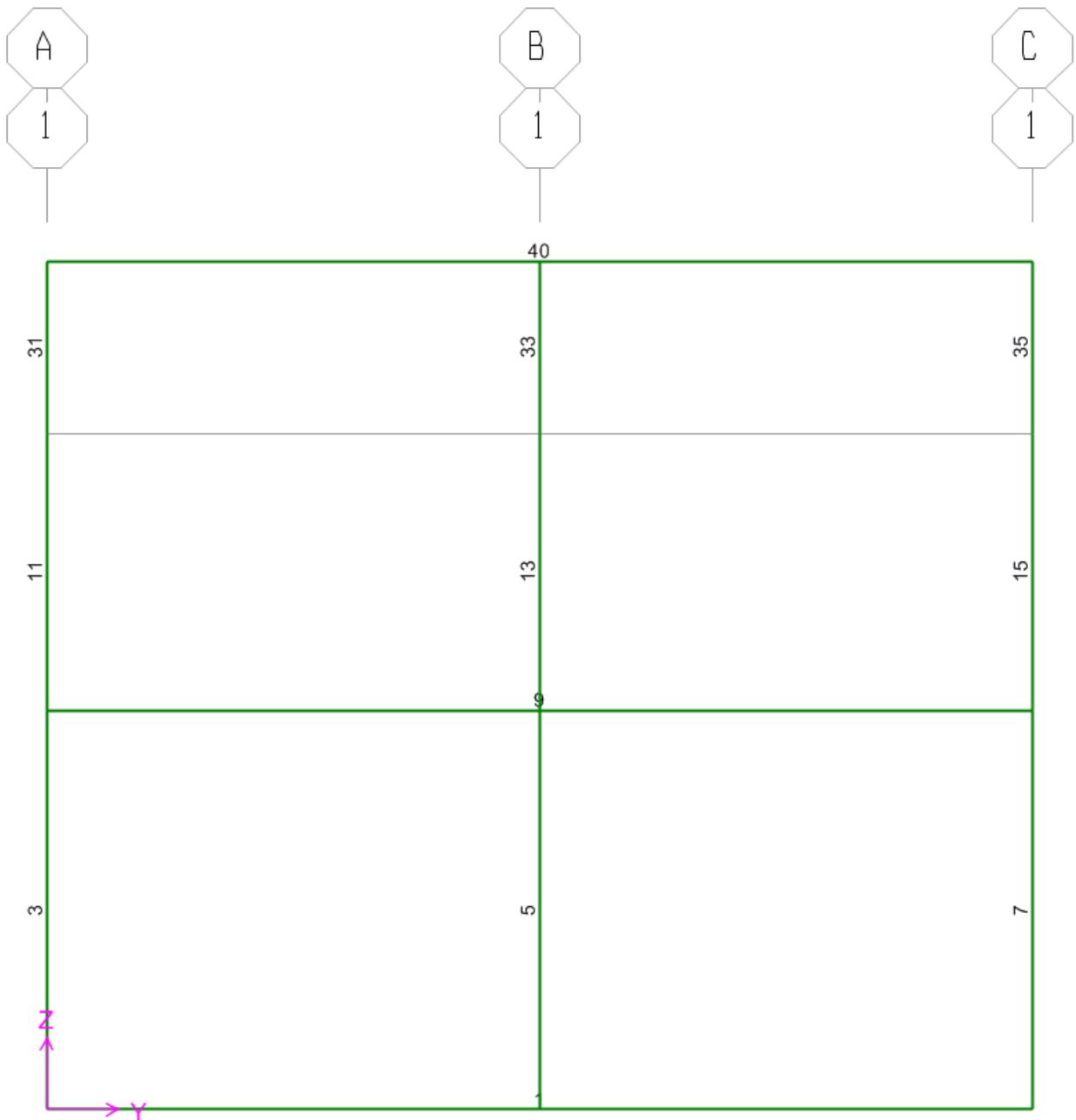
Fuente: SAP2000.

Anexo 9. Numeración de Juntas Premoldeados Tipo 2.



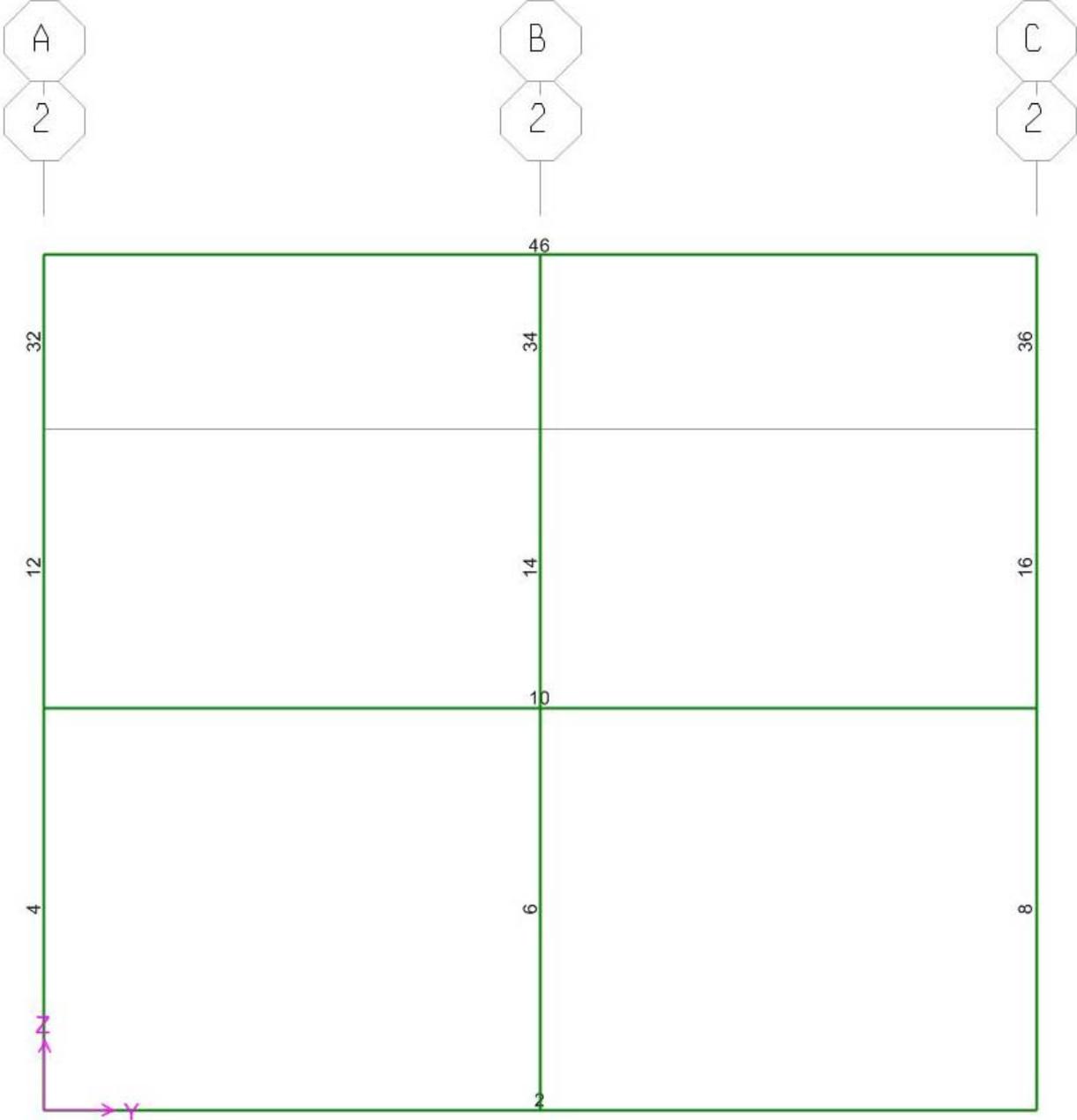
Fuente: SAP2000.

Anexo 10. Miembros Pórtico en Eje 1 Premoldeados Tipo 2.



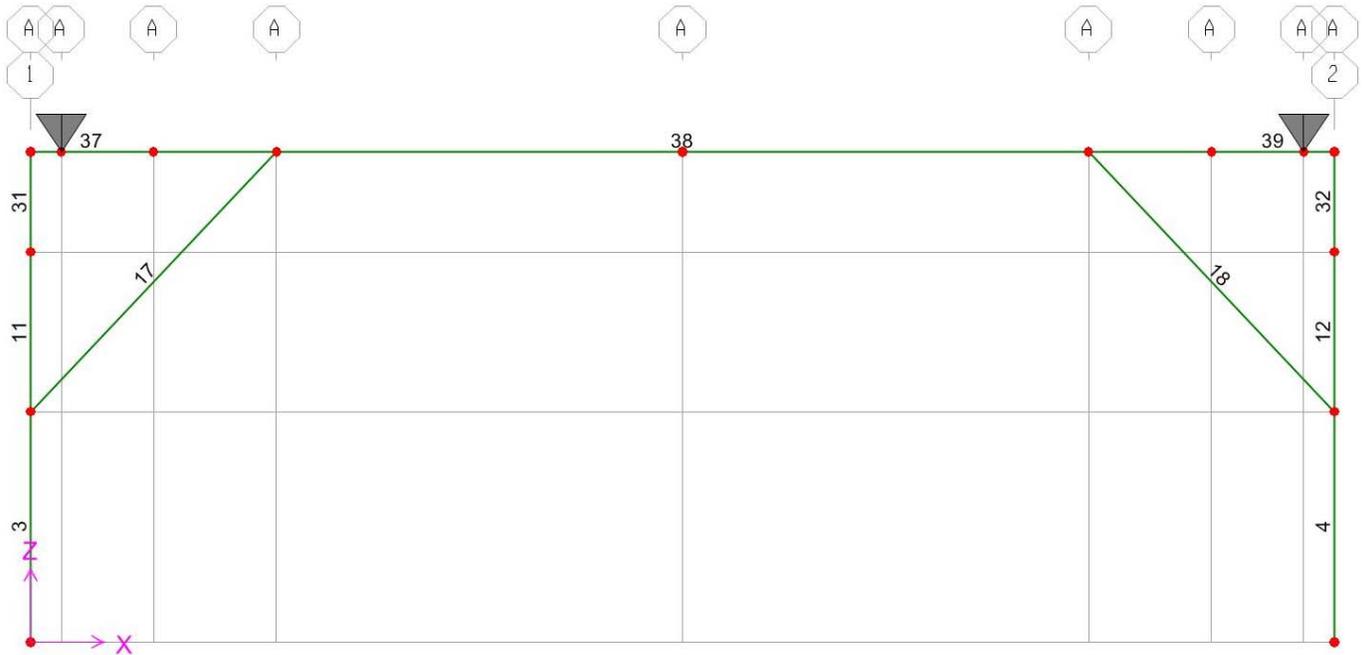
Fuente: SAP2000.

Anexo 11. Miembros Pórtico en Eje 2 Premoldeados Tipo 2.

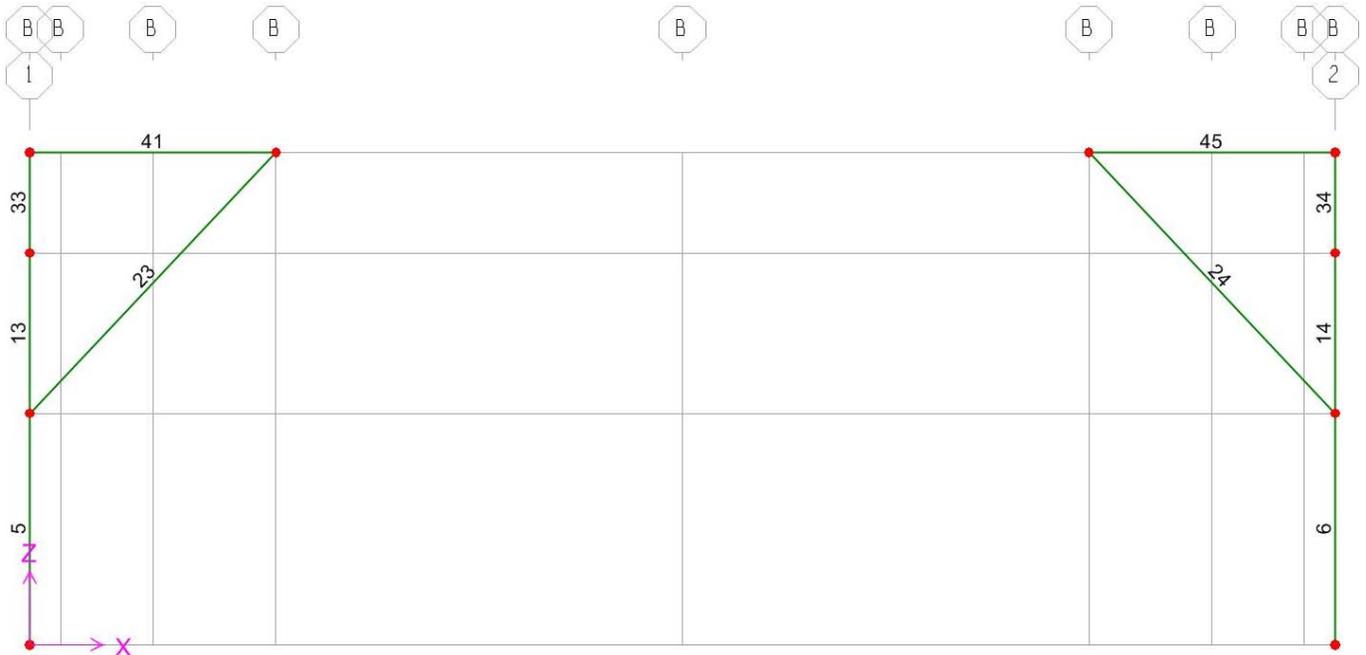


Fuente: SAP2000.

Anexo 12. Miembro Pórtico en Eje A Premoldeados Tipo 2.



Anexo 13. Miembro Pórtico en Eje B.

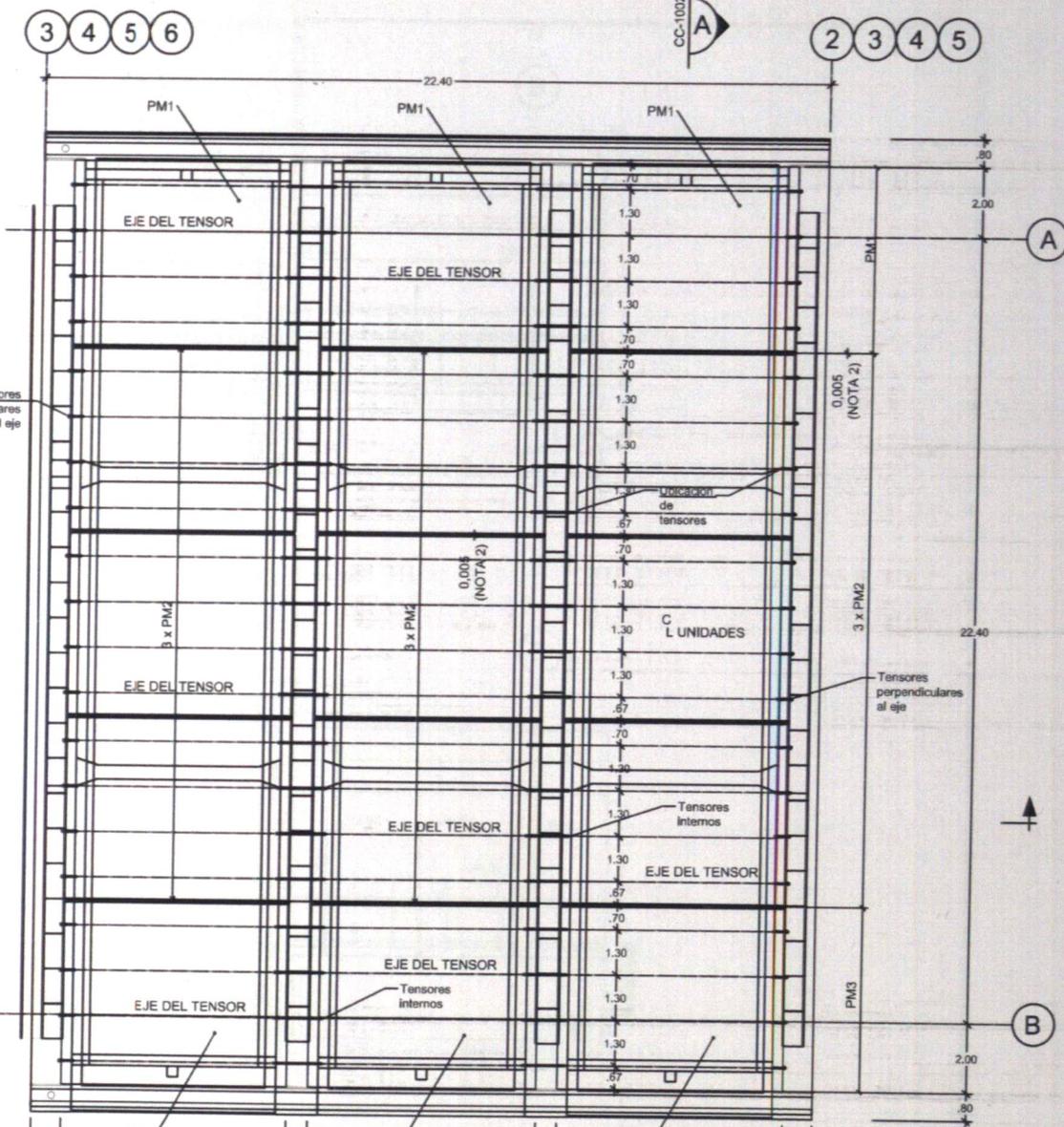


Fuente: SAP2000.

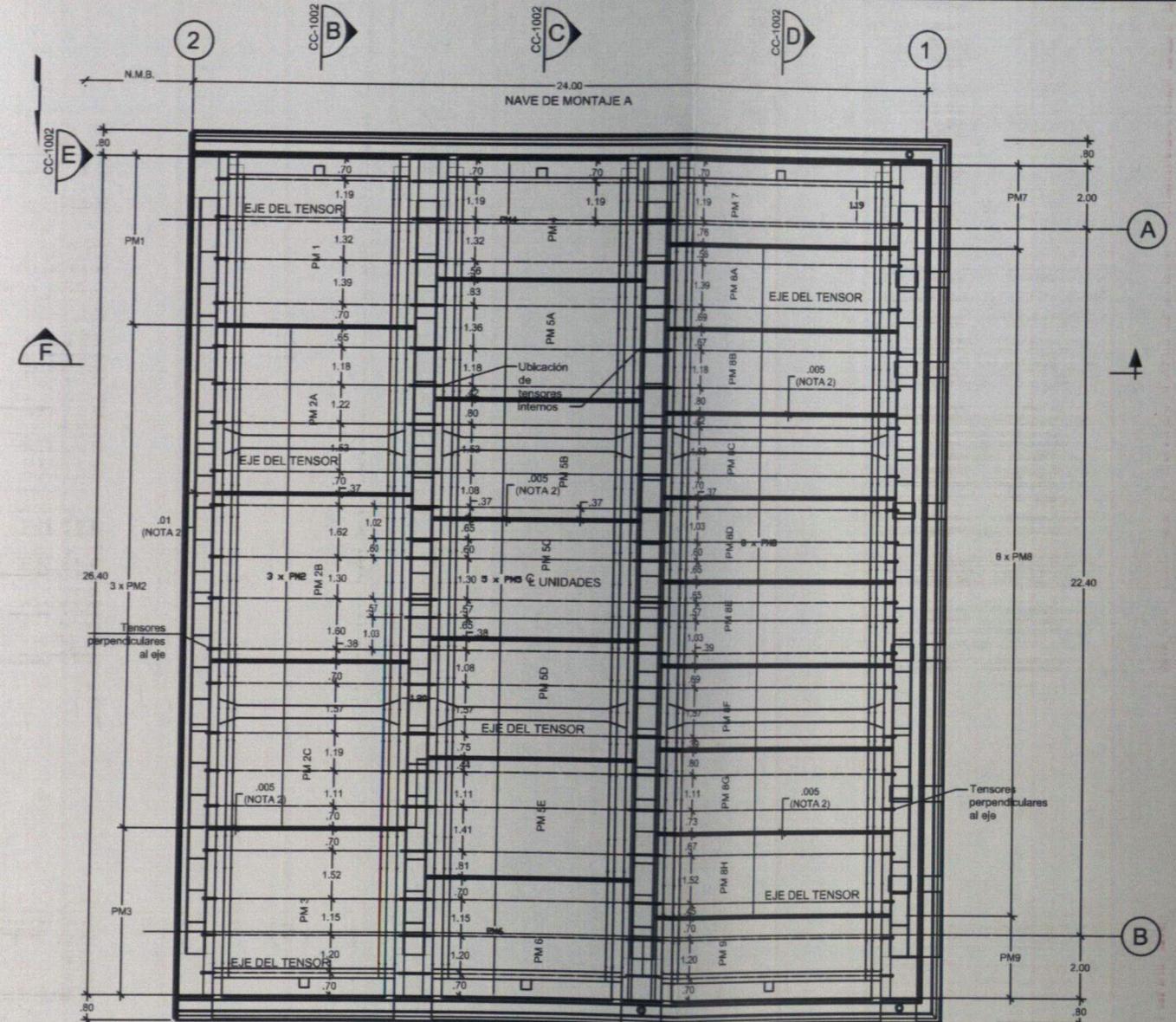
Anexo 15. Tabla de Capacidad de Eslingas Cuádruples de Acero.

		ESLINGAS DE CABLE DE ACERO										
		CARGA DE TRABAJO RECOMENDADA EN KG. PARA ESLINGAS PRENSADAS MECANICAMENTE										
		Sencilla			Pierna Doble			Pierna Triple o Cuádruple				
		Vertical	Lazo	Canasta	30°	45°	60°	30°	45°	60°		
Dia. del cable		Kg.	Kg.	Kg.	30°	45°	60°	30°	45°	60°		
Pulgadas	mm											
1/4	6.35	508	372	999	508	718	888	762	1077	1320		
5/16	7.94	790	581	1543	790	1117	1368	1185	1676	2052		
3/8	9.53	1089	835	2270	1089	1540	1886	1634	2310	2829		
7/16	11.11	1543	1089	3087	1543	2182	2672	2315	3273	4009		
1/2	12.70	1997	1453	3994	1997	2824	3459	2996	4236	5188		
9/16	14.30	2542	1816	4993	2542	3594	4403	3813	5392	6604		
5/8	15.90	3087	2270	6173	3087	4365	5347	4631	6548	8020		
3/4	19.05	4448	3268	8806	4448	6289	7704	6672	9434	11556		
7/8	22.23	5992	4357	11801	5992	8473	10378	8988	12709	15567		
1	25.40	7716	5719	15433	7716	10910	13364	11574	16366	20046		
1 1/8	28.60	9078	7172	18156	9078	12836	15723	13617	19254	23585		
1 1/4	31.75	11801	8806	23603	11801	16687	20439	17702	25030	30659		
1 3/8	34.93	13617	10894	28142	13617	19254	23585	20426	28882	35377		
1 1/2	38.10	16340	12709	33589	16340	23105	28301	24510	34657	42541		
1 5/8	41.27	19064	14525	38128	19064	26956	33019	28596	40435	49528		
1 3/4	44.45	22695	17248	44482	22695	32091	39308	34043	48136	58962		
2	50.80	29050	21787	58099	29050	41077	50315	43575	61615	75472		

Factor de seguridad 5:1
Fabricado Acorde Normas ANSI/ASME B30.9 - COVENIN 3333-1997

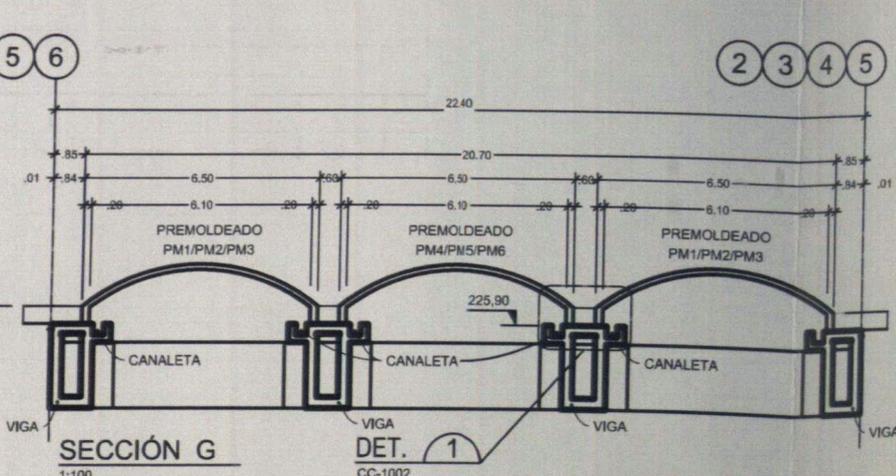
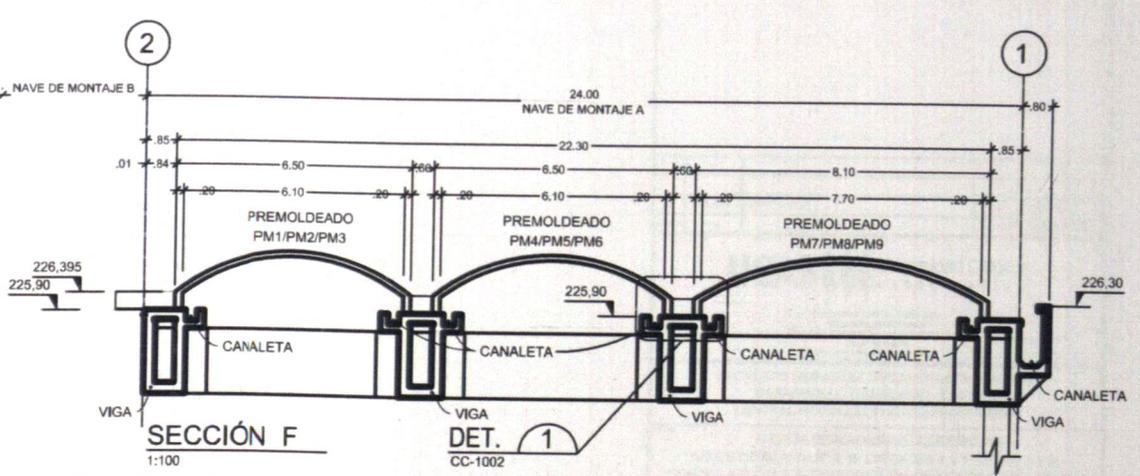


PLANTA NAVE DE MONTAJE "B" Y LAS UNIDADES 1, 2 Y 3
1:100



PLANTA NAVE DE MONTAJE "A"
1:100

CANTIDAD TOTAL DE TENSORES
 - PERPENDICULARES A LOS EJES : 164
 - INTERNOS : 164



NOTAS

- 1- TODAS LAS DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN METRO, EXCEPTO DONDE INDICADO.
- 2- PARA DISTRIBUCIÓN DE LOS PREMOLDEADOS FUE CONSIDERADO UN ESPACIAMIENTO DE 0.005m (0.5cm) ENTRE ELLOS.
- 3- EL SISTEMA DE AGARRE PARA EL IZADO DE CADA PREMOLDEADO SERA DETALLADO EN EL PLANO 2014-035/CHFO-EM-1004 Y EN EL DOCUMENTO LVH004-001.
- 4- DEBERÁN SER PREVISTOS TUBOS CAMISAS REMOVIBLES DE PVC REFORZADO DE 2" TANTO PARA EL PASO DE LOS TENSORES PROVISIONALES DE IZADO COMO LOS DEFINITIVOS, SEPARADOS ENTRE SI CONFORME SE INDICA.

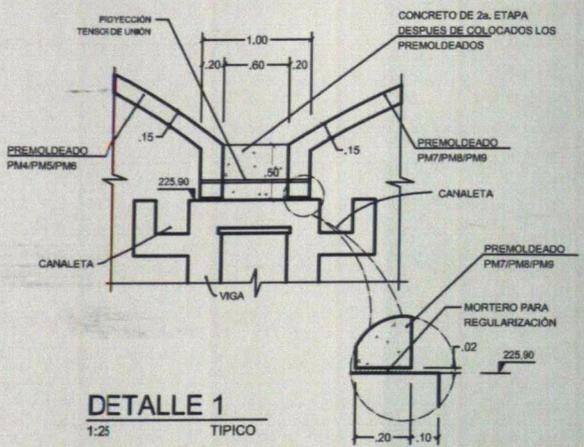
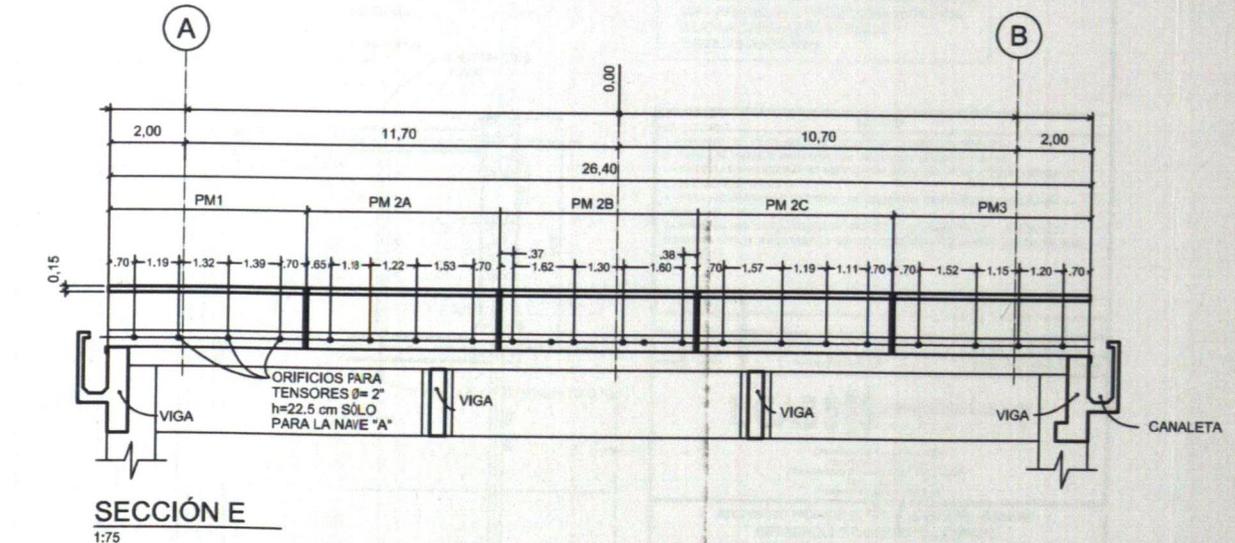
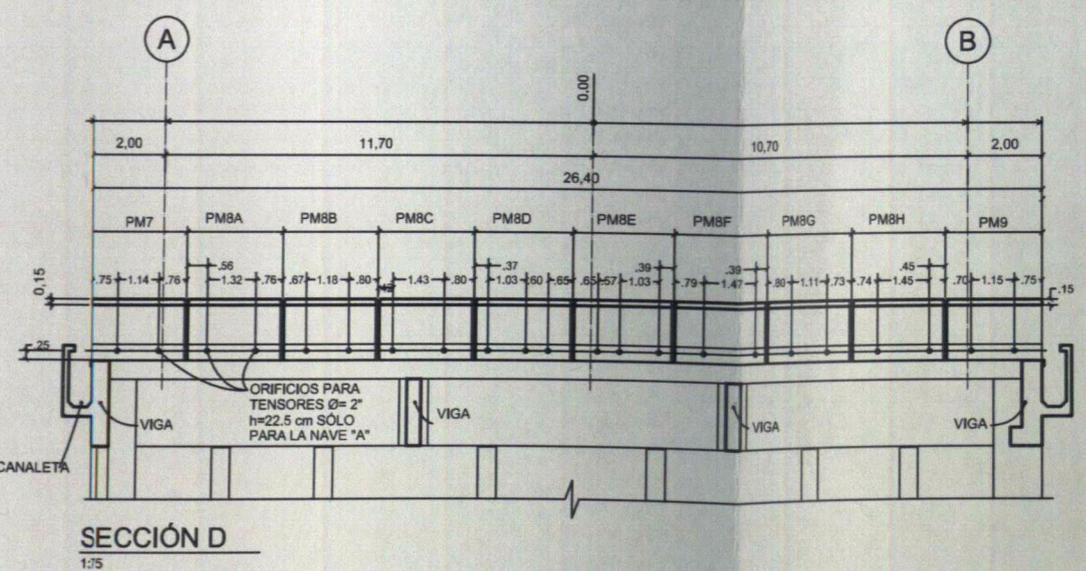
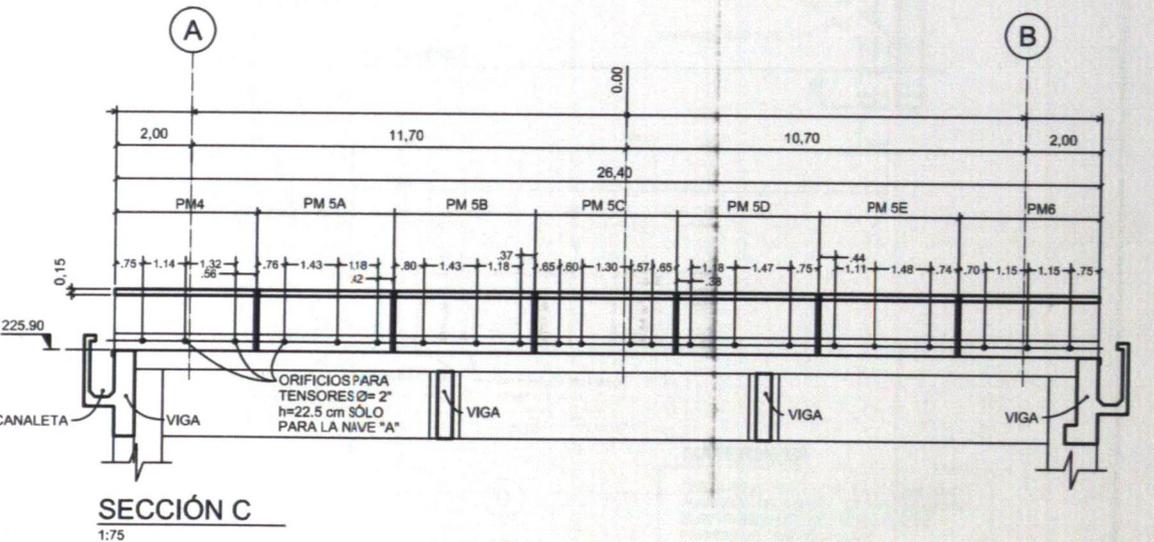
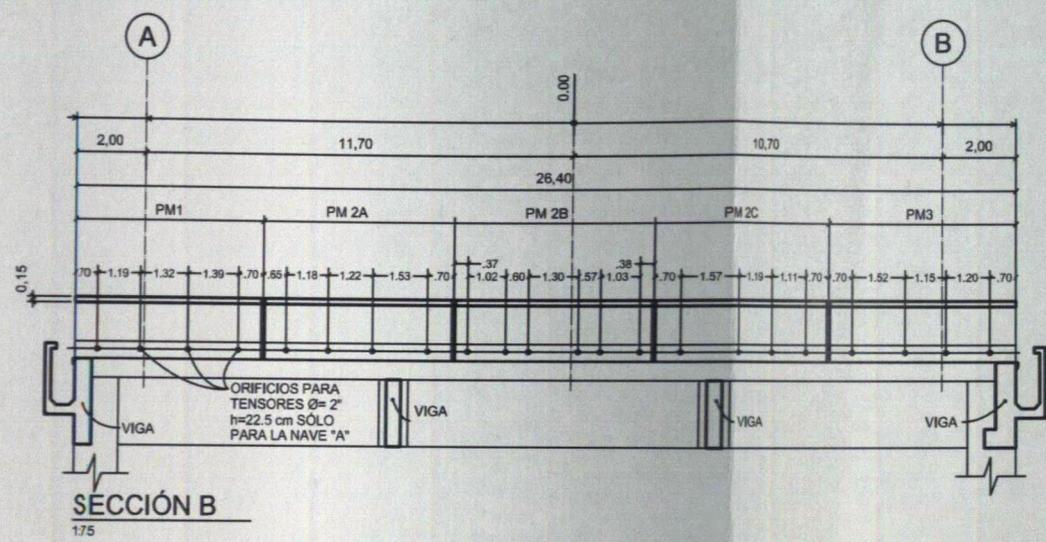
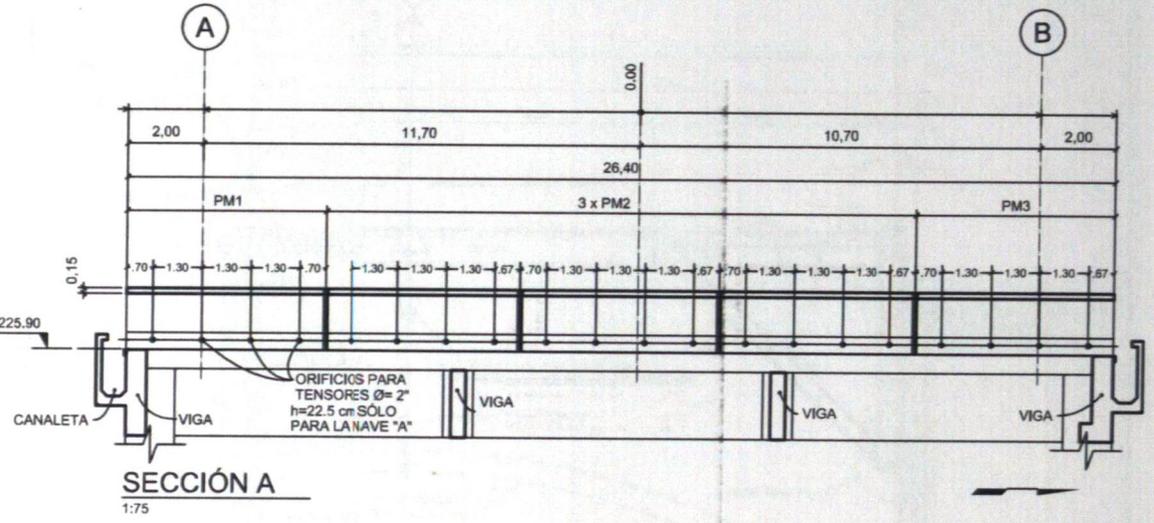
GA	DIC/2014	EMISIÓN FINAL	ESP	ESP
PROYECTA	PROYECTA	REVISOR	ELABORADO	APROBADO

UCAB Universidad Católica
 Andrés Bello
 Universidad Católica Andrés Bello
 "Instituto de Ingeniería"
 Dirección General de los Estudios de Postgrado
 Área: Ingeniería
 Programa: Ingeniería Cultural

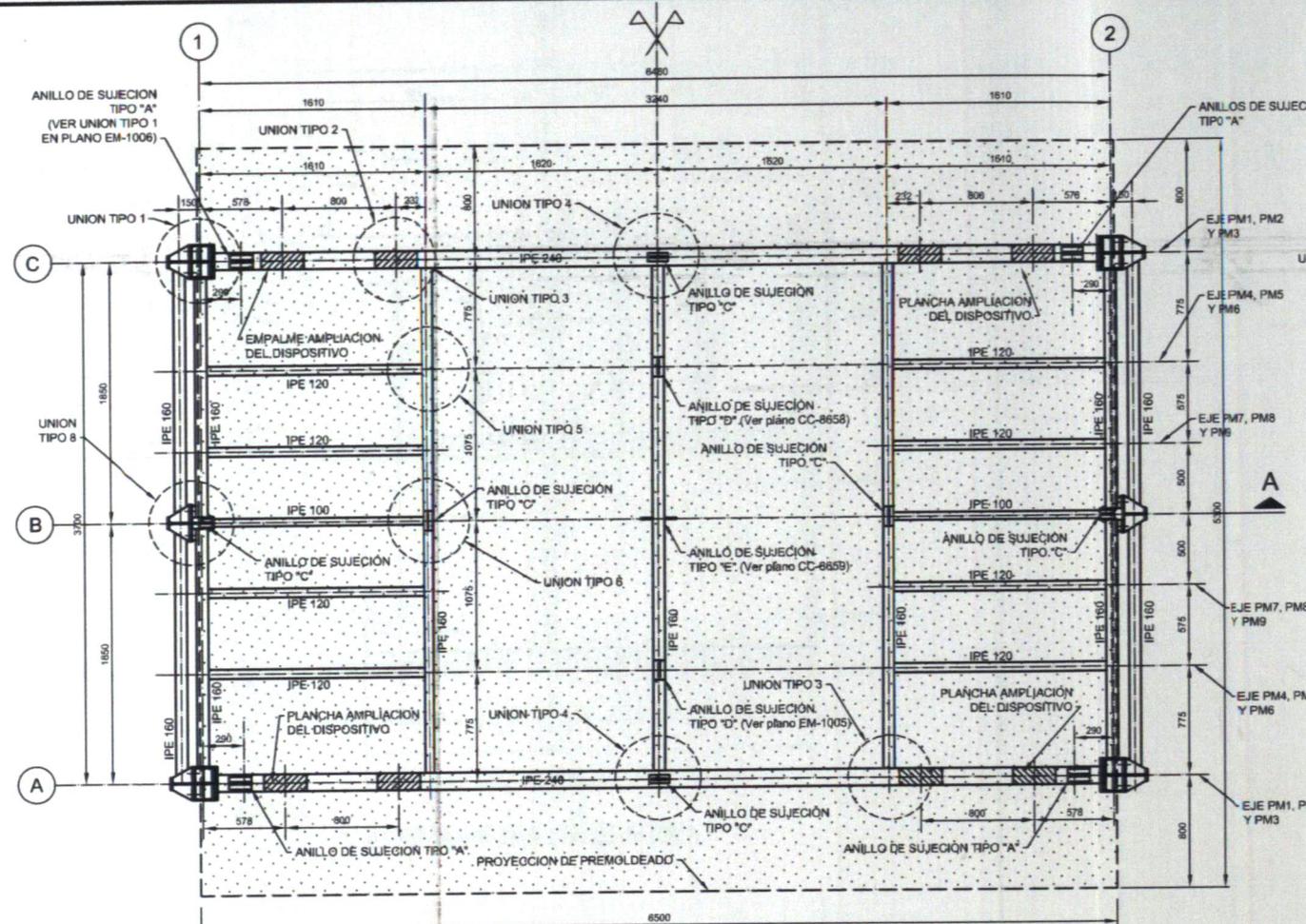
PROYECTO HIDROELECTRICO URIBANTE - CAPARO
 DESARROLLO CAMBURITO - CAPARO
 CENTRAL HIDROELECTRICA FABRICO OJEDA

CASA DE MAQUINAS - COBERTURA
 NAVES DE MONTAJE A, B, UNIDADES 1, 2 Y 3 EJES A Y B
 TENSORES EN LOS PREMOLDEADOS - EL. 225,90 - HOJA 1

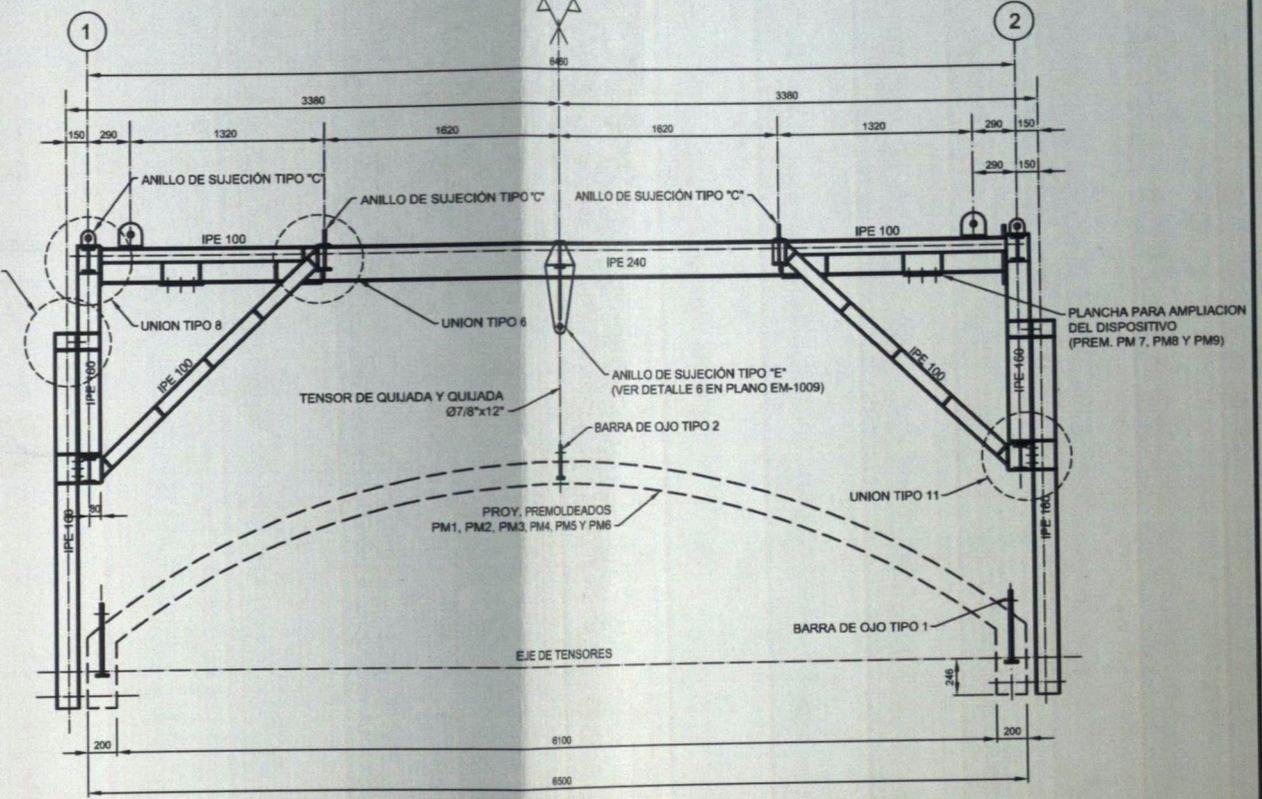
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERIA ESTRUCTURAL	PROYECTO	2014-035/CHFO-CC-1001	0A
ESP	ESP	OP/ESP	1/10



NOTAS					
DA	DEC/2014	EMISION FINAL	ESP	ESP	GA
REVISOR	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	ELABORO	VERIFICO	APROBO
UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO Universidad Católica Andrés Bello Vicerrectorado Académico Dirección General de los Estudios de Posgrado Área Ingeniería Programa Ingeniería Estructural					
PROYECTO HIDROELECTRICO URIBANTE - CAPARO DESARROLLO CAMBURITO - CAPARO CENTRAL HIDROELECTRICA FABRICO OJEDA					
NAVE DE MONTAJE A, B, UNIDADES 1,2 Y 3 EJES A Y B CORTES A,B,C,D Y E-TENSORES EN PREMOLDEADOS - HOJA 2					
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERIA ESTRUCTURAL					
PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO	PROYECTO
2014-035/CHFO-CC-1002	2014-035/CHFO-CC-1002	2014-035/CHFO-CC-1002	2014-035/CHFO-CC-1002	2014-035/CHFO-CC-1002	2014-035/CHFO-CC-1002
GA	GA	GA	GA	GA	GA
2/10	2/10	2/10	2/10	2/10	2/10

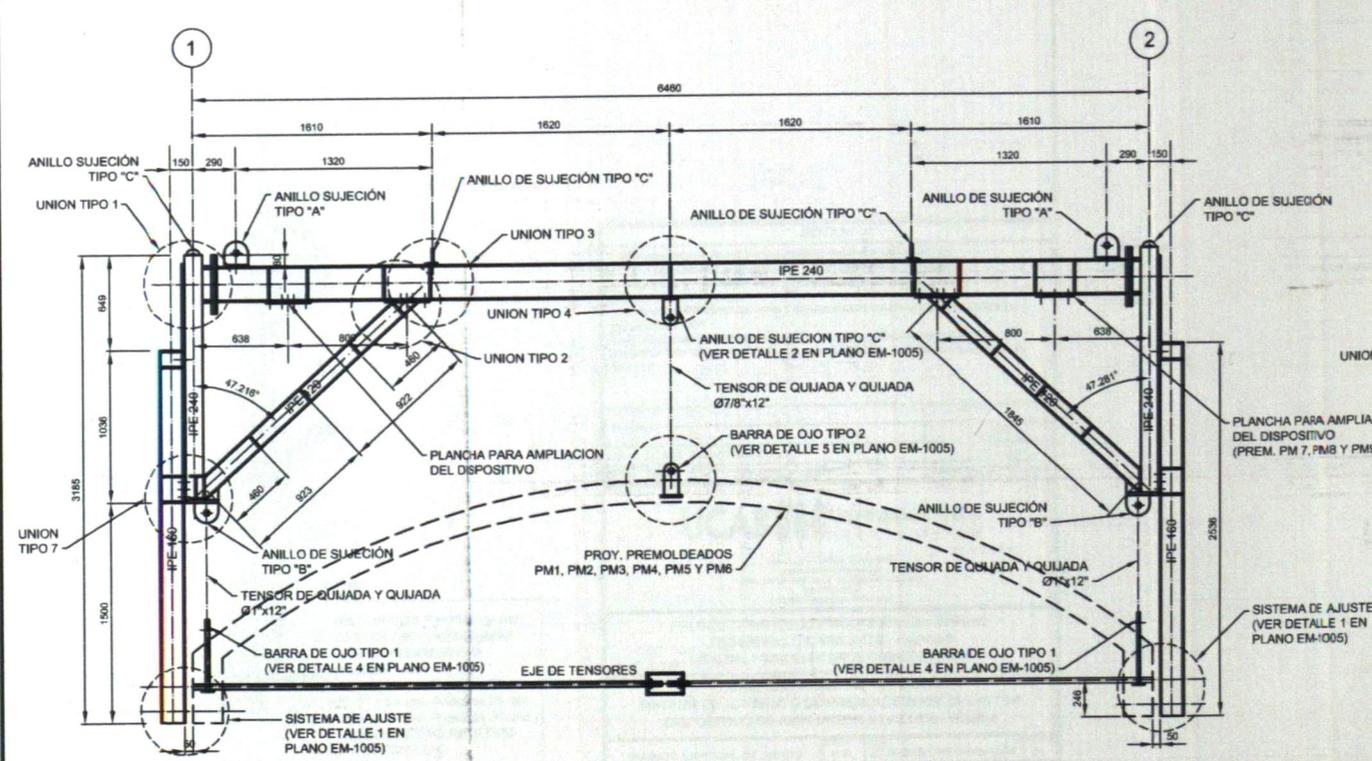


DISPOSITIVO IZAMIENTO DE PREMOLDEADOS DE L=6.50m. PLANTA
Escala 1:25

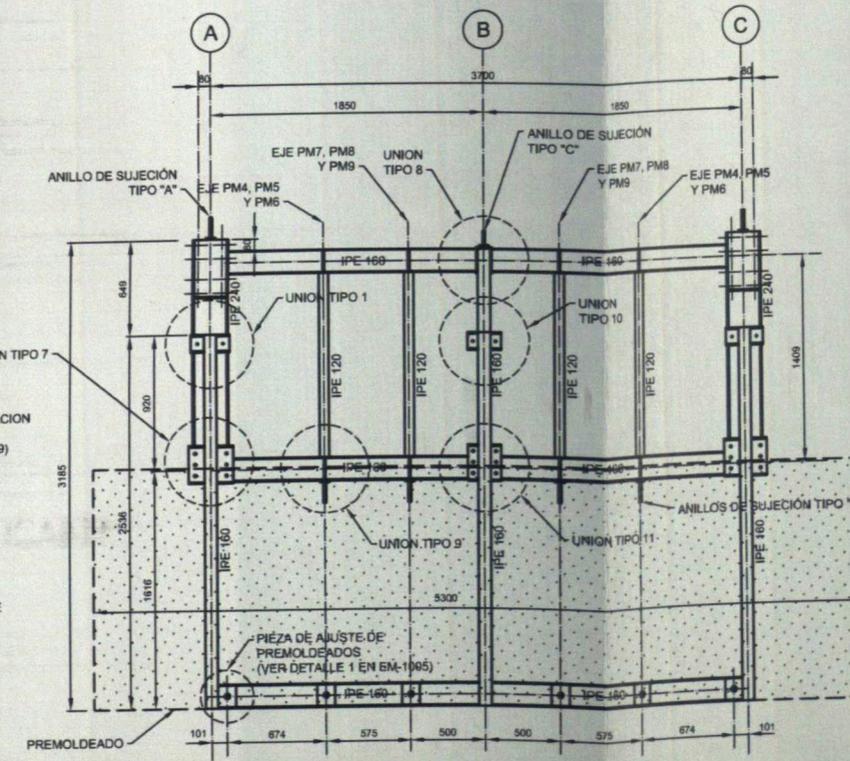


DISPOSITIVO L=6.50m. CORTE A
Escala 1:25

NOTA: LAS UNIONES TIPO 7 CORRESPONDEN A LAS VIGAS IPE 160 HORIZONTALES CON LAS VIGAS IPE 120 INCLINADAS. LAS UNIONES TIPO 9 CORRESPONDEN A LAS VIGAS IPE 160 VERTICALES CON LAS VIGAS IPE 120 INCLINADAS.



DISPOSITIVO DE L=6.50m. VISTA FRONTAL
Escala 1:25



DISPOSITIVO L=6.50m. VISTA LATERAL
Escala 1:25

- MATERIALES**
- PERFILES ESTRUCTURALES $F_y=2500$ kg/cm²
 - PLANCHAS DE CABEZA A36 $F_y=2500$ kg/cm²
 - ELECTRODOS DE SOLDADURA E70-XX
 - PERNOS DE CONEXION A325:
 - 64 UNIDADES Ø3/4" x 70 mm. Rosca de 33 mm
 - 32 UNIDADES Ø1/2" x 45 mm. Rosca de 26 mm (LIQUIDOS PENETRANTES)
 - 56 UNIDADES Ø5/8" x 50 mm. Rosca de 30 mm
 - 304 ARANDELAS ENDURECIDAS ASTM F436 - BAJO LA CABEZA DEL TORNILLO
 - TUERCAS ASTM A563

NOTAS

- 1 - DIMENSIONES EN MILIMETROS, EXCEPTO EN DONDE SEA INDICADO.
- 2 - PARA LAS UNIONES APERNADAS SE UTILIZARAN PERNOS ASTM A325
- 3 - TODAS LAS SOLDADURAS SE VERIFICARAN CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS L.P. (LIQUIDOS PENETRANTES)
- 4 - PARA LAS BARRAS DE OJO TIPO 1, SE UTILIZARAN TENSORES DEL TIPO QUIJADA - QUIJADA DE 1"x12"
- 5 - PARA LOS ANILLOS DE SUJECION TIPO "C" EN LAS VIGAS IPE-240 Y EL ANILLO DE SUJECION TIPO "D" EN LA VIGA IPE-160, SE COLOCARAN TENSORES QUIJADA-QUIJADA Ø7/8"x12"

SA	DIC.2014	EMISION FINAL	ESP	ESP
REVISOR	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	PLABOR	VERIFICADO

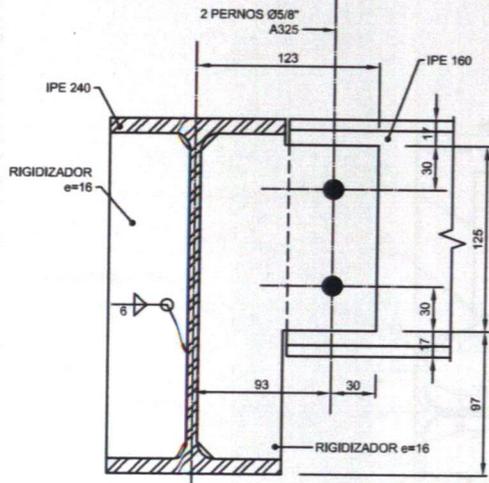
UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Universidad Católica Andrés Bello
Vicerrectorado Académico
Dirección General de los Estudios de Postgrado
Área Ingeniería
Programa: Ingeniería Estructural

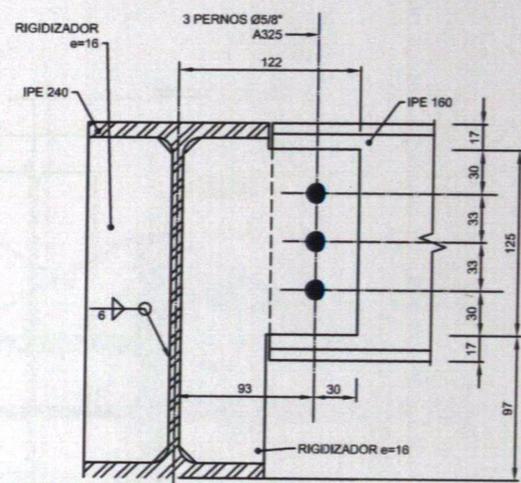
PROYECTO HIDROELECTRICO URIBANTE - CAPARO
DESARROLLO CAMBURITO - CAPARO
CENTRAL HIDROELECTRICA FABRICIO OJEDA

CASA DE MAQUINAS - COBERTURA
SISTEMA DE IZAMIENTO DE PREMOLDEADOS DE L=6.50m
PLANTA, VISTAS Y CORTES - HOJA 3

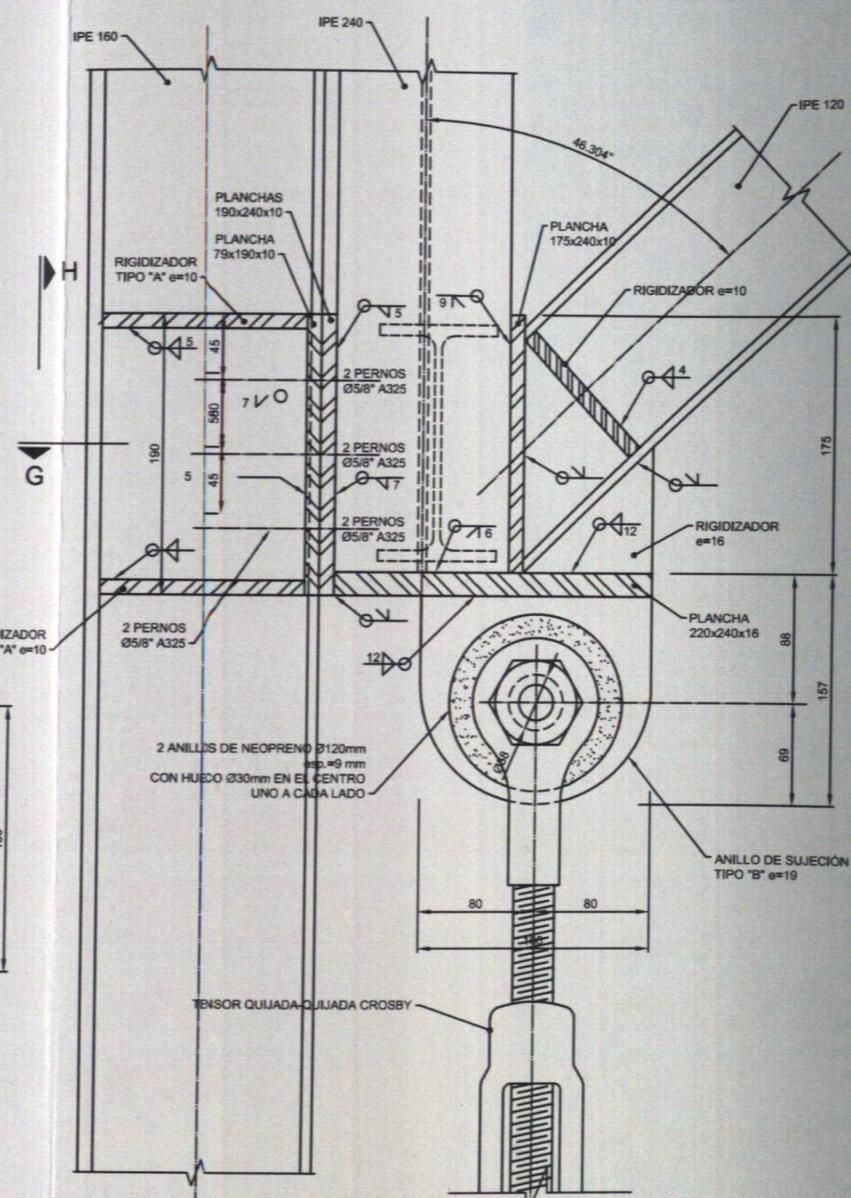
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERIA ESTRUCTURAL	ESCALA 1:25	FECHA 2014-035/CHFO-EM-1003	OPERA
	ENCUBI	PROY	REVIS
	ESP	ESP	ESP
	ESP	CHESP	ESP



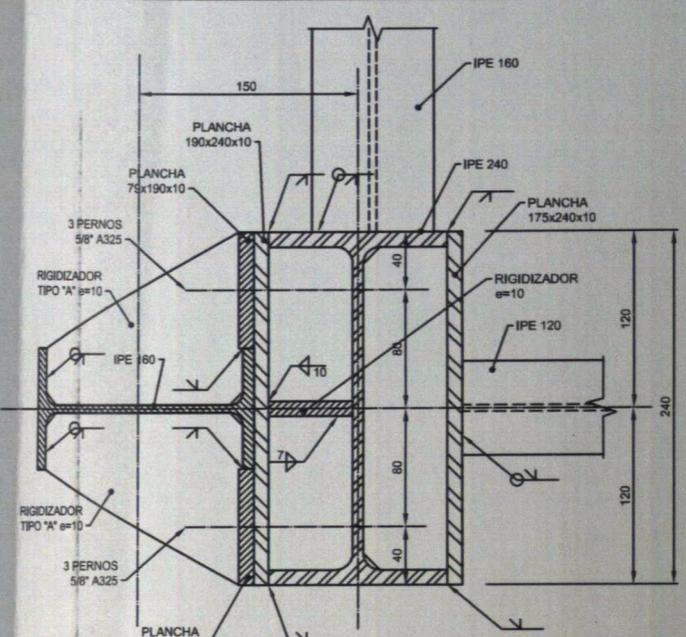
UNION TIPO 3
Escala 1:2.5



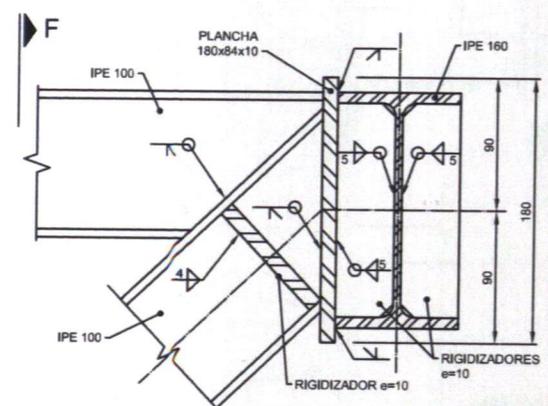
UNION TIPO 4
Escala 1:2.5



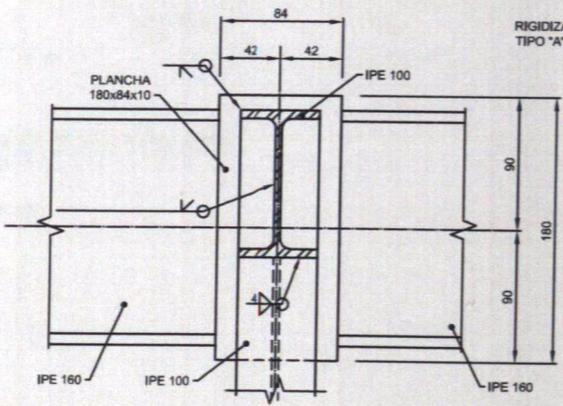
UNION TIPO 7
Escala 1:2.5



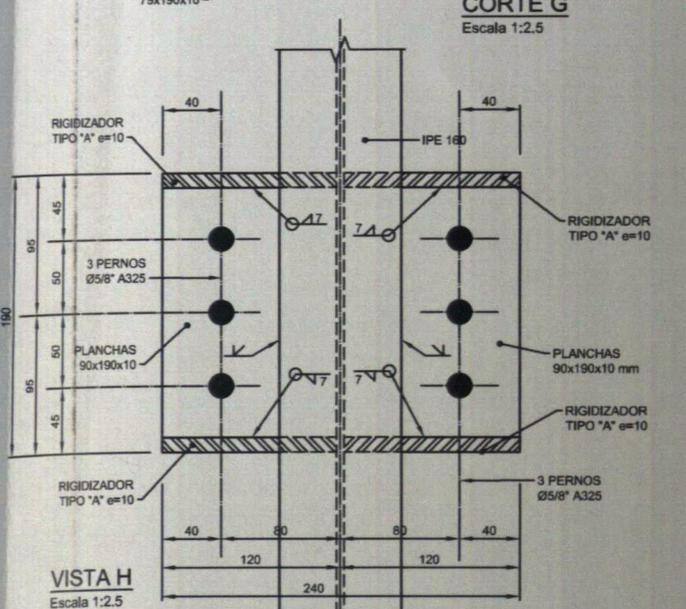
CORTE G
Escala 1:2.5



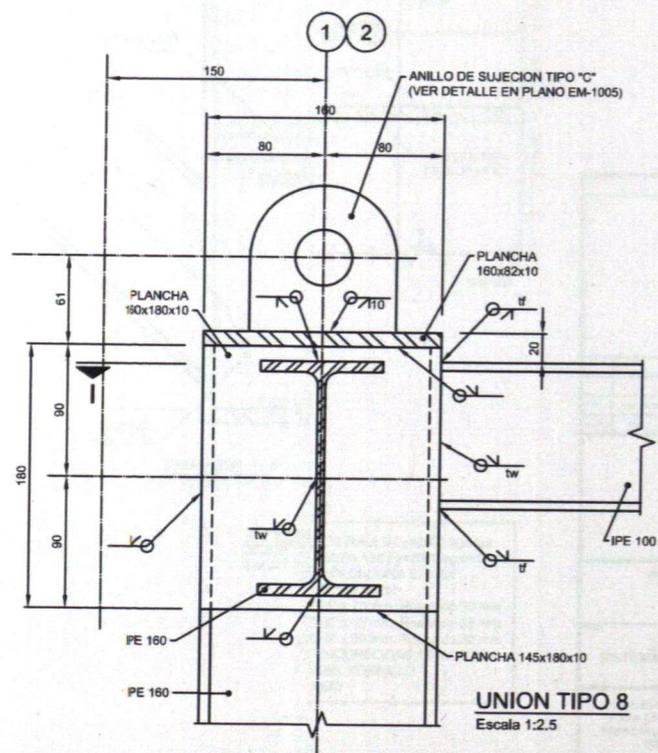
UNION TIPO 6
Escala 1:2.5



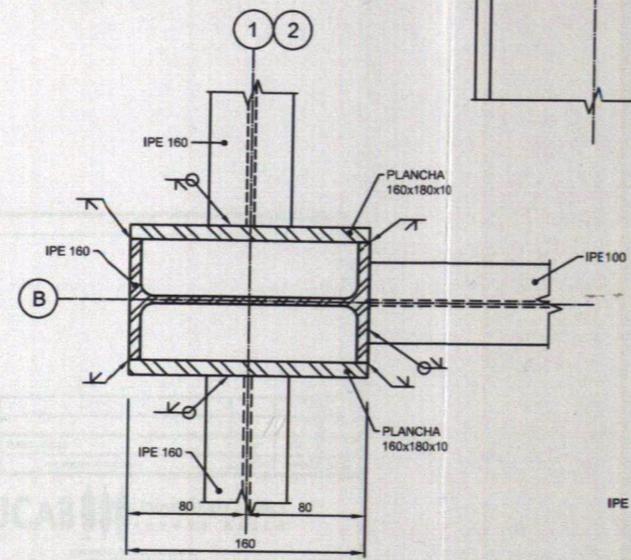
VISTA F
Escala 1:2.5



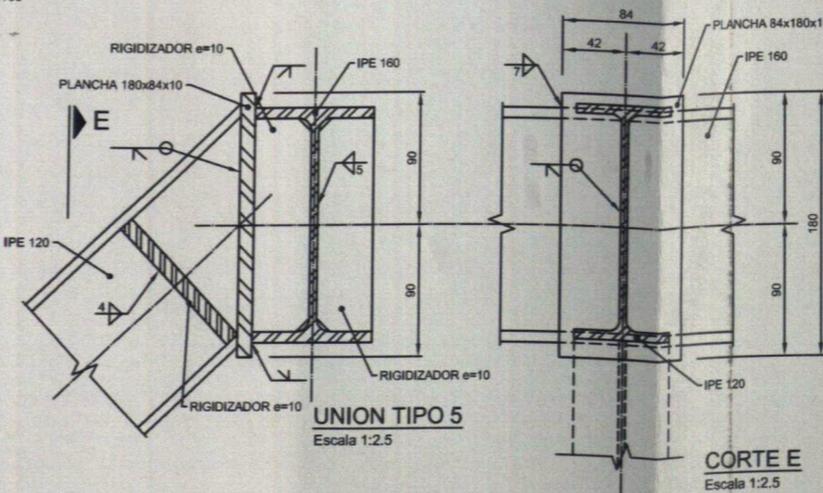
VISTA H
Escala 1:2.5



UNION TIPO 8
Escala 1:2.5



CORTE I
Escala 1:2.5



UNION TIPO 5
Escala 1:2.5

CORTE E
Escala 1:2.5

MATERIALES

PERFILES ESTRUCTURALES $F_y=2500 \text{ kg/cm}^2$
 PLANCHAS DE CABEZA A36 $F_y=2500 \text{ kg/cm}^2$
 ELECTRODOS DE SOLDADURA E70-XX
 PERNOS DE CONEXION A325:
 - 64 UNIDADES $\varnothing 3/4" \times 70 \text{ mm}$, Rosca de 33 mm
 - 32 UNIDADES $\varnothing 1/2" \times 45 \text{ mm}$, Rosca de 26 mm
 - 56 UNIDADES $\varnothing 5/8" \times 50 \text{ mm}$, Rosca de 30 mm
 304 ARANDELAS ENDURECIDAS ASTM F436
 BAJO LA CABEZA DEL TORNILLO
 TUERCAS ASTM A563

NOTAS

1 - DIMENSIONES EN MILIMETROS, EXCEPTO EN DONDE SEA INDICADO.

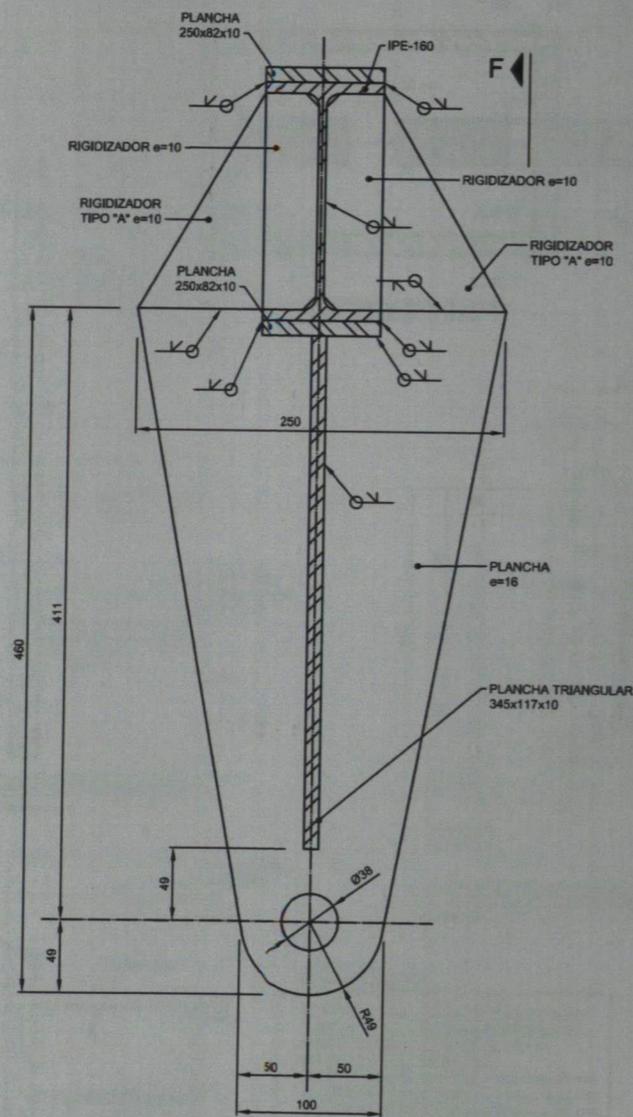
GA	DIC/2014	EMISION INICIAL	ESP	ESP
REVISOR	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	ELABORADO	VERIFICADO

UCAB Universidad Católica
 ANDRÉS BELLO
 Universidad Católica Andrés Bello
 Viceministerio Académico
 Dirección General de los Estudios de Postgrado
 Área Ingeniería
 Programa Ingeniería Estructural

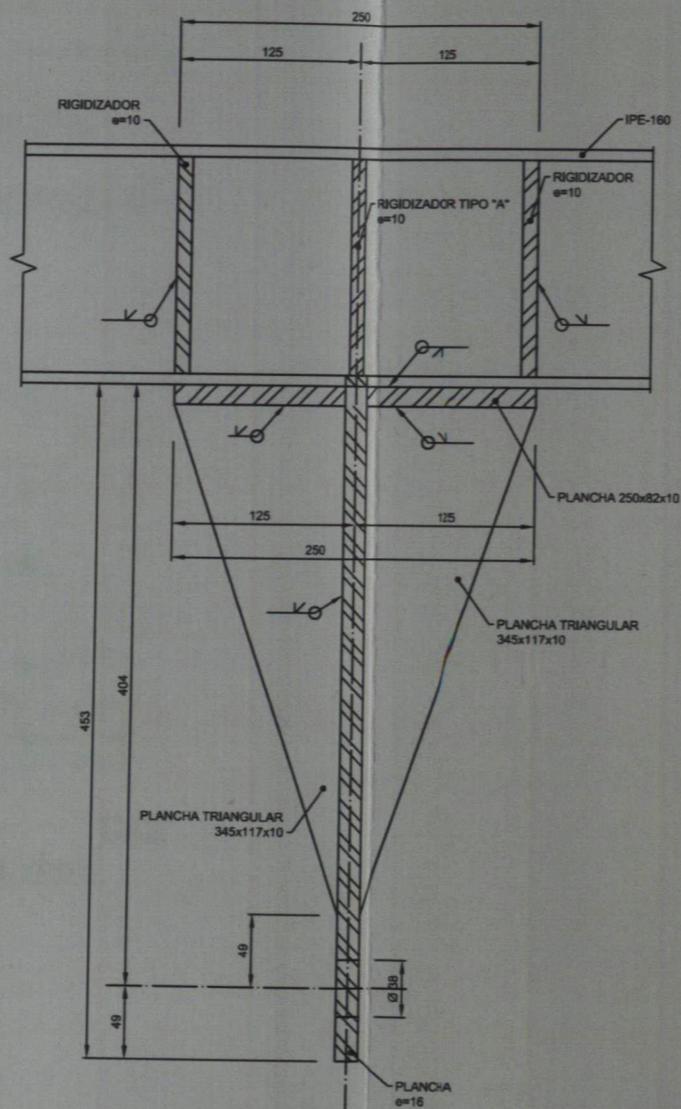
PROYECTO HIDROELECTRICO URIBANTE - CAPARO
 DESARROLLO CAMBURITO - CAPARO
 CENTRAL HIDROELECTRICA FABRICO OJEDA

CASA DE MAQUINAS - COBERTURA
 SISTEMA DE IZAMIENTO PREMOLDEADOS DE L=6.50 Y 8.10m
 CONEXIONES Y DETALLES - HOJA 7

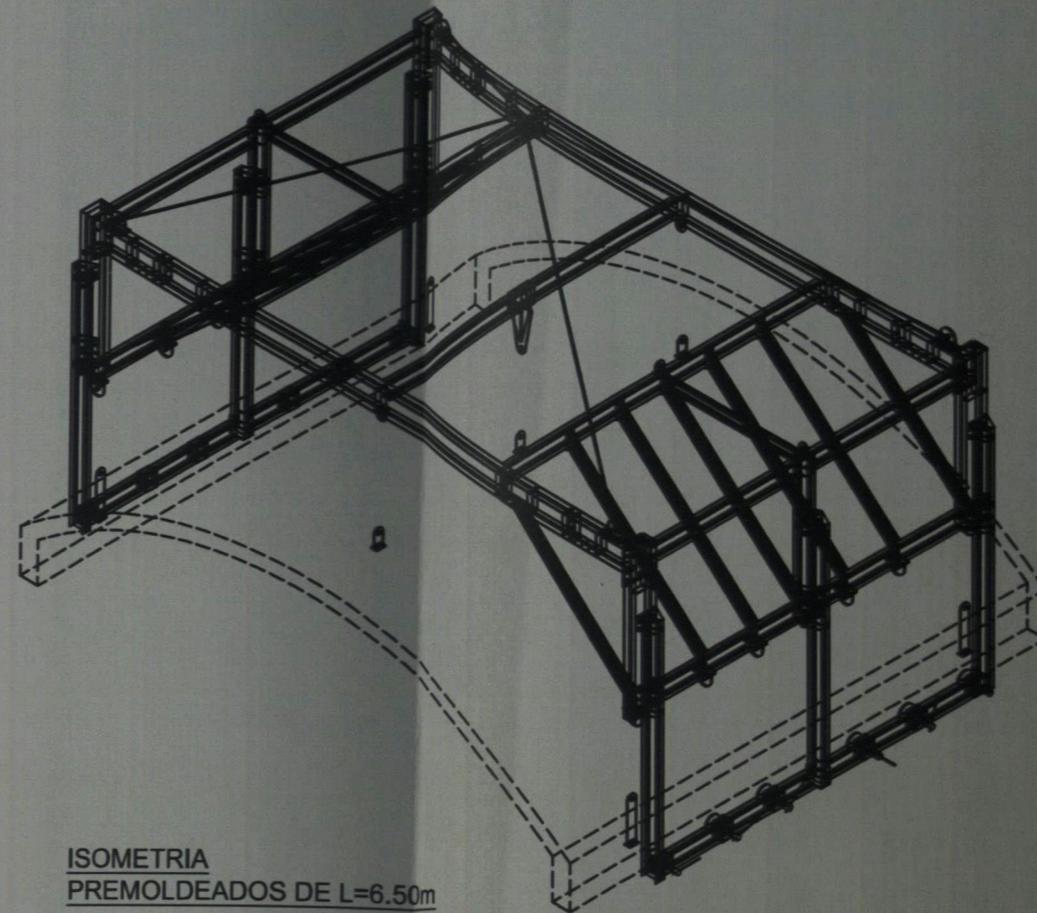
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERIA ESTRUCTURAL	PROYECTO	FECHA	ESCALA	HOJA
	2014-035/CHFO-EM-1007	1:2.5	04	1/10



DETALLE 6
ANILLO DE SUJECION TIPO "E"
Escala 1:2.5



VISTA F
Escala 1:2.5



ISOMETRIA
PREMOLDEADOS DE L=6.50m

MATERIALES

PERFILES ESTRUCTURALES $F_y=2500 \text{ kg/cm}^2$
 PLANCHAS DE CABEZA A36 $F_y=2500 \text{ kg/cm}^2$
 ELECTRODOS DE SOLDADURA E70-XX
 PERNOS DE CONEXION A325:
 - 64 UNIDADES $\frac{3}{4}'' \times 70 \text{ mm}$. Rosca de 33 mm
 - 32 UNIDADES $\frac{1}{2}'' \times 45 \text{ mm}$. Rosca de 26 mm
 - 56 UNIDADES $\frac{5}{8}'' \times 50 \text{ mm}$. Rosca de 30 mm
 304 ARANDELAS ENDURECIDAS ASTM F436
 BAJO LA CABEZA DEL TORNILLO
 TUERCAS ASTM A563

NOTAS

NO.	FECHA	CONTENIDO	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
01	DIC.2014	EMISION INICIAL	ESP	ESP	

UCAB Universidad Católica
ANDRÉS BELLO

Universidad Católica Andrés Bello
Vicerrectorado Académico
Dirección general de los Estudios de Postgrado
Área: Ingeniería
Programa: Ingeniería Estructural

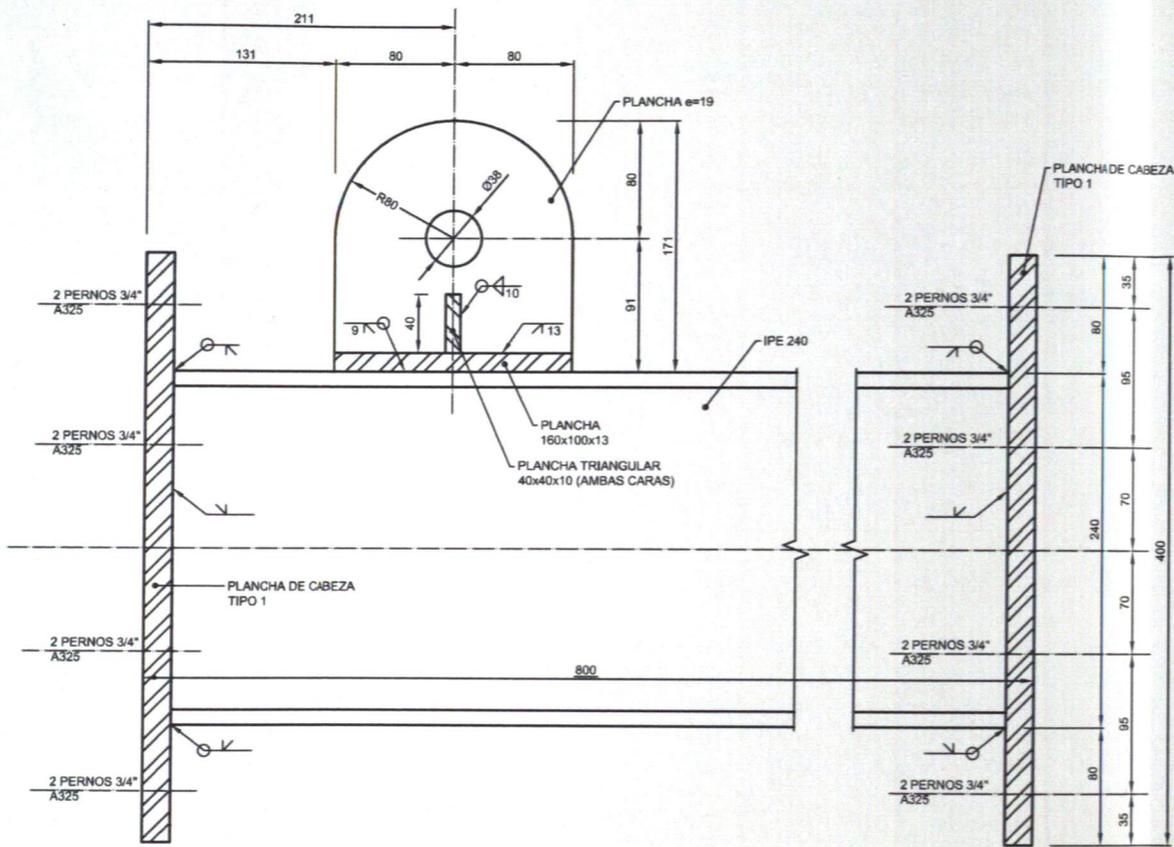
PROYECTO HIDROELECTRICO URIBANTE - CAPARO
DESARROLLO CAMBURITO - CAPARO
CENTRAL HIDROELECTRICA FABRICIO OJEDA

CASA DE MAQUINAS - COBERTURA
SISTEMA DE IZAMIENTO PREMOLDEADOS DE L=6.50 Y 8.10m
DETALLES, ISOMETRIA - HOJA 9

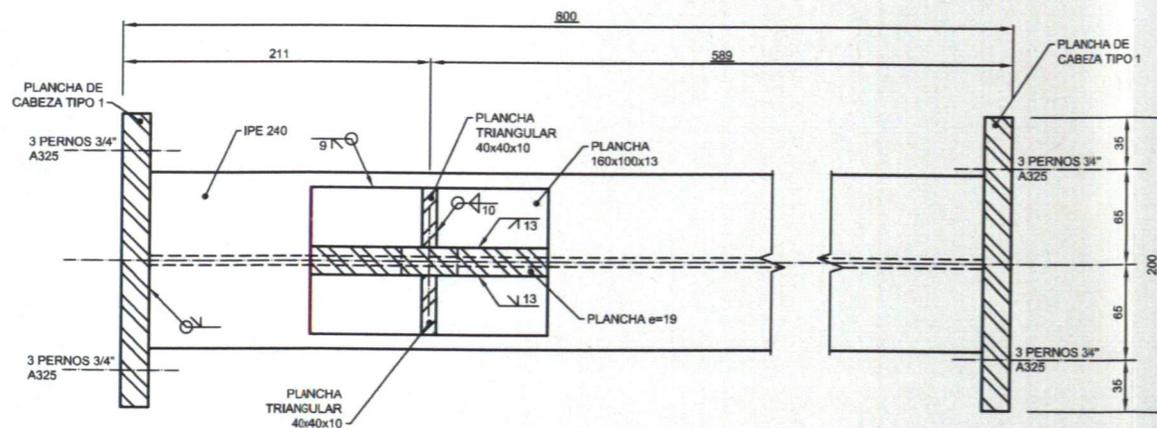
INDICE	FECHA	PROYECTO	OPCION
1:2.5	2014-035/CHFO-EM-1009	GA	

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
PARA OPTAR EL TITULO DE
ESPECIALISTA EN INGENIERIA
ESTRUCTURAL

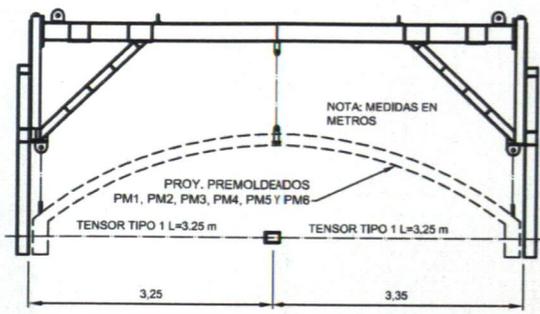
FECHA	ESTADO	PROFESOR	FECHA
2014/10/16	PIP	Ing. Willy Oscar El. Platero	1/10
ESP	ESP	OPESP	



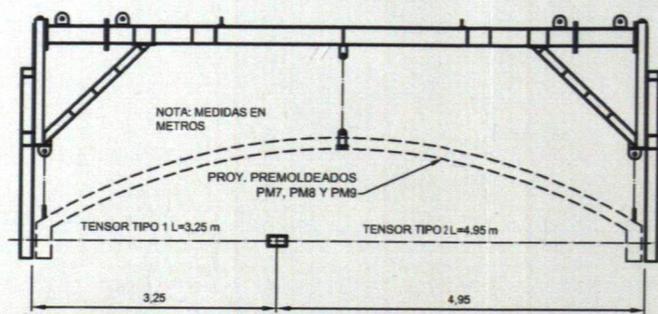
DISPOSITIVO DE AMPLIACION. ELEVACION
Escala 1:2.5



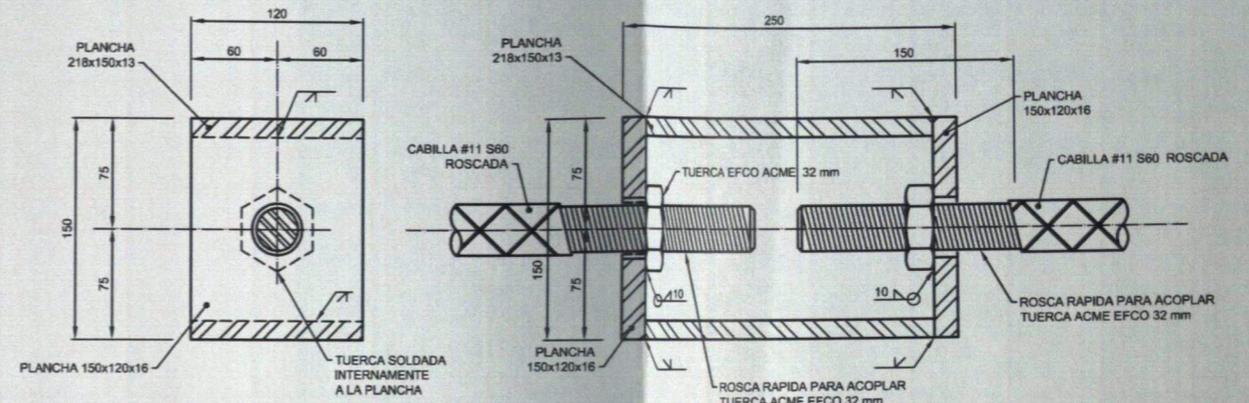
DISPOSITIVO DE AMPLIACION. PLANTA
Escala 1:2.5



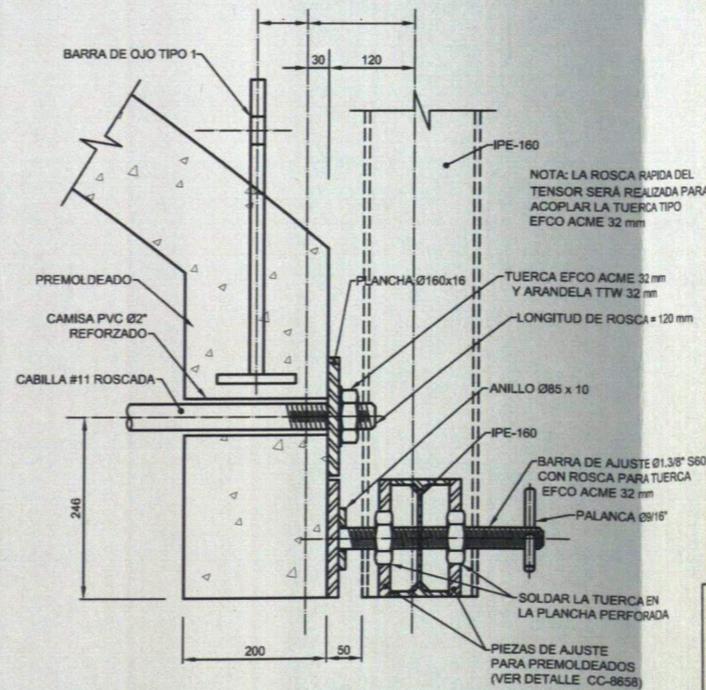
TENSORES PARA PREMOLDEADOS DE L=6.50 m
Escala 1:50



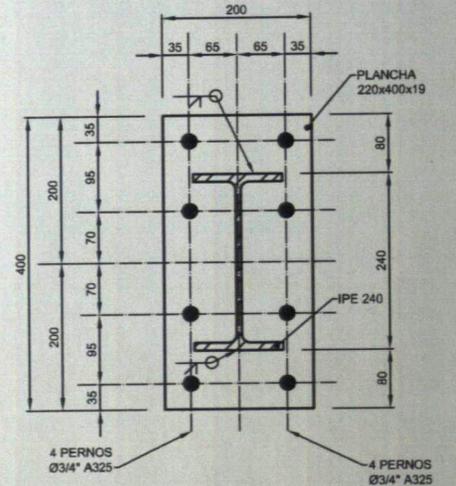
TENSORES PARA PREMOLDEADOS DE L=8.10 m
Escala 1:50



DISPOSITIVO DE EMPALME DE TENSORES
Escala 1:2.5

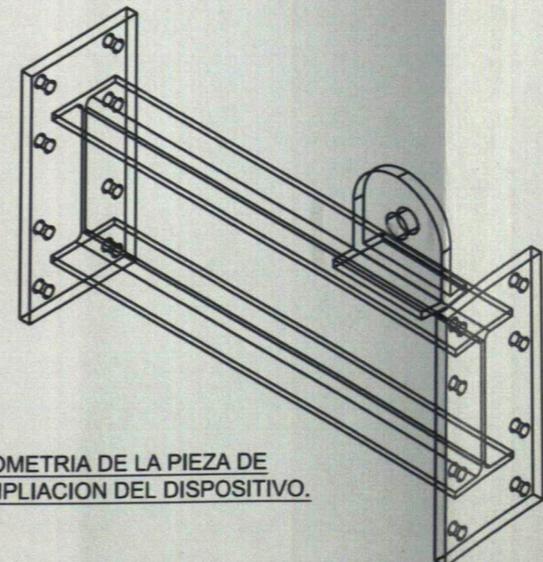


DETALLE 1
SISTEMA DE AJUSTE DE PREMOLDEADOS
Escala 1:5



PLANCHA DE CABEZA. TIPO 1.
Escala 1:5

- MATERIALES**
- PERFILES ESTRUCTURALES Fy=2500 kg/cm²
 - PLANCHAS DE CABEZA A36 Fy=2500 kg/cm²
 - ELECTRODOS DE SOLDADURA E70-XX
 - PERNOS DE CONEXION A325:
 - 64 UNIDADES Ø3/4" x 70 mm. Rosca de 33 mm
 - 32 UNIDADES Ø1/2" x 45 mm. Rosca de 26 mm
 - 56 UNIDADES Ø5/8" x 50 mm. Rosca de 30 mm
 - 304 ARANDELAS ENDURECIDAS ASTM F436
 - BAJO LA CABEZA DEL TORNILLO TUERCAS ASTM A563



ISOMETRIA DE LA PIEZA DE AMPLIACION DEL DISPOSITIVO.
S/E

NOTAS

- NOTAS GENERALES, PLANOS DE REFERENCIA, SECCION LLAVE Y LEYENDA 2014-035/CHFO-EM-1003
- DIMENSIONES EN MILIMETROS, EXCEPTO EN DONDE SEA INDICADO.

DA	DIC/2014	EMISION INICIAL	ESP	ESP
REVISION	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	ELABORO	VERIFICO

UCAB Universidad Católica Andrés Bello
 Universidad Católica Andrés Bello
 Viceministerio Académico
 Dirección General de los Estudios de Postgrado
 Área Ingeniería
 Programa Ingeniería Estructural

PROYECTO HIDROELECTRICO URIBANTE - CAPARO
 DESARROLLO CAMBURITO - CAPARO
 CENTRAL HIDROELECTRICA FABRICO OJEDA

CASA DE MAQUINAS - COBERTURA
 SISTEMA DE IZAMIENTO PARA PREMOLDEADOS DE L=8.10m
 DISPOSITIVO AMPLIACION PARA PREMOLDEADOS DE L=8.10 m
 DETALLE DE DISPOSITIVO Y TENSOR - HOJA 10

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERIA ESTRUCTURAL	PROYECTO	FECHA	ESTADO	PROFESOR	ALUMNO	FECHA
	2014-035/CHFO-EM-1010	DIC/2014	PPP	Ing. MSc. Oscar E. Padron		10/10
			ESP	ESP	OP/ESP	