

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

MECÁNICA-ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA



## “DISEÑO Y GESTIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LA OBRA METAL MECÁNICA PARA CANCHA DE NITRATOS PROYECTO ANTAPACCAY”

Tesis presentada por el bachiller:  
**FERNANDEZ AMADO, Gabriel Andrés.**

Para Optar el Título Profesional de:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Arequipa-Perú  
2014**

## DEDICATORIA

A Dios, por iluminar y guiar mis pasos, a mi querida madre que siempre mostro su incondicional y constante apoyo, a mi familia, amigos y profesores de la Universidad Católica Santa María, a la memoria de nuestro gran amigo John Moisés Coaquira Ramos, que Dios lo tenga en su gloria.

## PRESENTACIÓN

El objetivo primordial de la ejecución de la presente TESIS es optar el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con un trabajo basado en la experiencia de obras de carácter metal mecánico y ejecutados primordialmente para el rubro minero, el cual ofrece bastante desarrollo a nivel profesional en sus distintas ramas como son proyecto y mantenimiento y donde se puede fortalecer los criterios, lógicas y conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra etapa académica.

El presente trabajo ofrece una forma pedagógica de elaboración de proyectos desde el análisis primordial de los alcances dados por el solicitante de proyectos, hasta la etapa de planificación y gestión del mismo.

De esta manera se espera contribuir con los lectores de la misma en su formación académica y el análisis detallado en la búsqueda de soluciones profesionales.

## RESUMEN

La ejecución del presente proyecto involucra el Diseño de un galpón que será utilizado como almacén del Nitrato de amonio, principal componente del ANFO usado para voladuras en la gran minería de tajo abierto, así como la presentación de un sistema de gestión en la etapa de planificación, fabricación, montaje y seguridad ocupacional.

En el Capítulo I, podremos apreciar la introducción del proyecto mostrando básicamente los objetivos del proyecto, la descripción y su justificación de acuerdo al auge de la minería en nuestro país.

En el Capítulo II, se presentara el marco teórico del proyecto que servirá como base para nuestro diseño.

En el Capítulo III, se encuentra la base del proyecto, su ingeniería y la etapa desde un inicio como es el de dar una arquitectura al galpón, la preselección de materiales su análisis e interpretación de resultados de los diferentes cálculos así también la selección de sus componentes tanto para el puente grúa como para la faja transportadora.

Finalmente en el Capítulo IV, presentamos la etapa de gestión del proyecto desde la etapa de planificación y la Seguridad ocupacional usada en una de las más importantes corporaciones mineras de nuestro país como es GLENCORE XSTRATA.

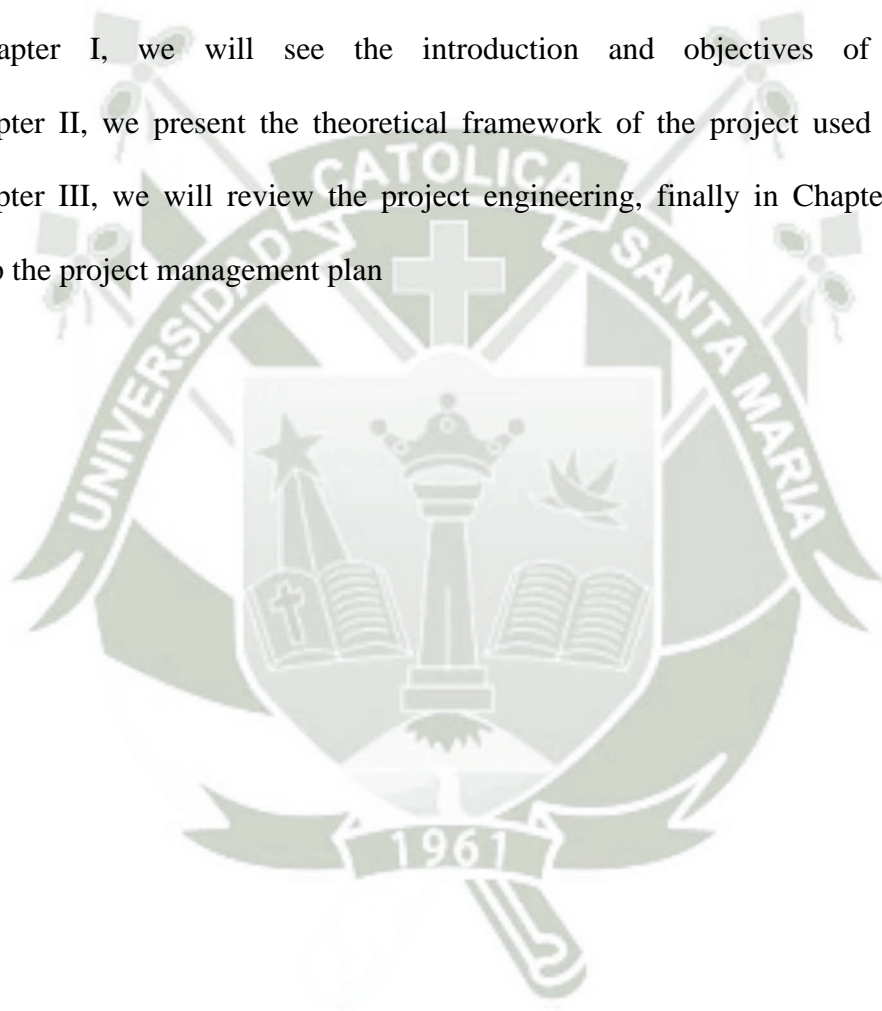
## ABSTRACT

The project contains the design of a structure to store ammonium nitrate, the main component of ANFO used in the mining industry, as well as the presentation of a project management system.

In Chapter I, we will see the introduction and objectives of the project.

In Chapter II, we present the theoretical framework of the project used in our design

In Chapter III, we will review the project engineering, finally in Chapter IV, we will develop the project management plan





## ÍNDICE

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1.- Antecedentes.	1
1.2.- Identificación del Problema.	2
1.3.- Descripción del Problema.	2
1.4.- Objetivos.	2
1.4.1.-Objetivos Generales.	2
1.4.2.- Objetivos Específicos.	3
1.5.- Justificación.	4

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEORICO

2.1.- Información General.	6
2.1.1- Ubicación del Proyecto.	6
2.1.2.- Consideraciones.	7
2.1.3.- Especificaciones Técnicas.	8

2.2.- Nitrato de Amonio.	9
2.2.1.- Descripción.	9
2.2.2.- Propiedades Físico Química.	9
2.2.3.- Almacenaje.	10
2.2.4.- ANFO	11
2.3.- Alcances del Proyecto.	12
2.3.1.- Diseños Comprendidos	12
2.3.2.- Diseños no Comprendidos.	12
2.4.- Descripción del Proyecto	13
2.4.1.- Instalaciones Estructurales	13
2.4.1.1.- Plataforma para Cancha de Nitratos.	13
2.4.1.2.- Ménsulas	13
2.4.1.3.- Coberturas	13
2.4.2.- Faja transportadora.	14
2.4.2.1.- Poleas	14
2.4.2.2.- Chumaceras	14
2.4.2.3.- Banda Transportadora	15
2.4.2.4.- Templadores de Faja	15
2.4.2.5.- Limpiadores	15
2.4.2.6.- Cubiertas y guardas	16
2.4.3.- Tolvas y Faldones.	16
2.4.3.1.- Chutes	16
2.4.3.2.- Faldones	17
2.4.3.3.- Liners	17





3.1.1. D.5.1.- Des carguío de big bags de camión a plataforma	38
3.1.1. D.5.2.- Traslado a la tolva de carga:	39
3.1.2.- Normas y Códigos.	40
3.1.3.- Definición de Cargas actuantes en la Estructura	41
3.1.3.1.- Carga Muerta ( <i>D</i> ).	41
3.1.3.2.- Carga Viva Techo ( $L_r$ ).	42
3.1.3.3.- Carga Viva Punte Grúa ( <i>L</i> ).	42
3.1.3.4.- Carga de Viento ( <i>W</i> ).	47
3.1.3.4.1- Velocidad de Diseño.	47
A.- Coeficiente de corrección:	47
B.- Mapa Eólico del Perú para la selección de Velocidad instantánea máxima ( <i>V</i> ).	48
3.1.3.4.2- Calculo de Presión de viento.	49
3.1.3.5.- Carga de Nieve ( <i>S</i> ).	51
3.1.3.6.- Carga de diseño Sismo Resistente ( <i>E</i> ).	52
3.1.3.6. A.- Zonificación para la Nave de Cancha de Nitratos	52
3.1.3.6. B.- Selección de la Categoría de Edificación	53
3.1.3.6. C.- Condiciones Geotécnicas	54
3.1.3.6. D.- Coeficiente de reducción de fuerza sísmica.	55
3.1.3.6. E.- Cálculo de periodo fundamental ( <i>T</i> ).	56
3.1.3.6. F.- Factor de Amplificación Sísmica ( <i>C</i> ).	56
3.1.3.6. G.- Aceleración espectral ( <i>S<sub>g</sub></i> )	57



3.1.3.7.- Combinación de cargas método LRFD.	57
3.1.4.- Cálculo estructural y Pre selección dimensional de los materiales.	60
3.1.4.1.- Cálculo y diseño de correas.	60
3.1.4.2- Selección de cobertura.	64
3.1.4.3- Cálculo y preselección del dimensionamiento del tijeral	66
3.1.4.4- Cálculo y preselección del dimensionamiento de viga carrilera para puente grúa	77
3.1.4.5- Cálculo y preselección del dimensionamiento de Columnas	80
3.1.4.5.A).- Carga Sobre la columna	81
3.1.4.5.B).- Carga Sobre la Ménsula	86
3.1.5.-Análisis de la Nave para cancha de nitratos empleando el programa SAP 2000	89
3.1.5.1.- Asignación de carga muerta	90
3.1.5.2.- Asignación de carga de nieve	91
3.1.5.3.- Asignación de carga de Viento	91
3.1.5.3.A) Viento aplicado en dirección X1	92
3.1.5.3.B) Viento aplicado en dirección X2	93
3.1.5.3.C) Viento aplicado en dirección Y	94
3.1.5.4.- Asignación de carga viva al puente grúa	94
3.1.5.5.- Asignación de carga por sismo	96
3.1.6.- Interpretación de resultados.	97

3.1.6.1-Análisis en la viga carrilera.	99
3.1.6.1. A.- Plano X-Z	99
3.1.6.1. B.- Plano X-Y	100
3.1.6.1. C.- Combinación de ubicación y posición de puente grúa	102
3.1.6.1. D.- Análisis de deformaciones	113
3.1.6.1. E.- Análisis de viga carrilera por Flexo tensión.	115
3.1.6.2-Análisis en la Columna.	120
3.1.6.2. A. Interpretación de resultados.	131
3.1.6.2. B. Desplazamiento laterales por sismo.	132
3.1.6.2. C. Análisis de columnas como miembro sujeto a flexión y compresión axial.	133
3.1.6.2. D. Análisis de placa base.	135
3.1.6.2. E. Análisis de Ménsulas.	144
3.1.6.3-Análisis en las Correas.	150
3.1.6.3. A. Análisis de correas como miembro sujeto a flexión axial.	153
3.1.6.4-Análisis en Tijeral.	157
3.1.6.4. A.- Análisis en Brida Superior:	158
3.1.6.4. B.- Análisis en Brida Inferior:	164
3.1.6.4. C.- Análisis de Montantes y diagonales:	169
3.1.6.5-Estructuras de refuerzo.	175
3.1.6.5. A.-Viguetas.	175
3.1.6.5. A.1.- Análisis de brida de viguetas	176

3.1.6.5. A.2.- Análisis de diagonales de viguetas	180
3.1.6.4. B.-Templadores de correas.	186
3.1.6.4. C.-Templadores de tijerales.	188
3.2.- Memoria de Cálculo para el diseño de faja transportadora de la nave para Cancha de Nitratos.	190
3.2.1.- Introducción.	190
3.2.2.- Objetivo.	190
3.2.3.- Metodología de cálculo.	191
3.2.4.- Alcances generales.	191
3.2.5.- Memoria de cálculo.	191
3.2.6.- Característica del material transportado.	192
3.2.7.- Diseño de faja transportadora.	192
3.2.7.1.- Datos del material	192
3.2.7.2.- Distribución de la faja transportadora.	194
3.2.7.3.- Selección del ancho de la faja	195
3.2.7.4.- Selección de la velocidad de la faja.	196
3.2.7.5.- Selección de rodillos.	199
3.2.7.5. A.- Peso estimado de la faja ( $W_b$ )	199
3.2.7.5. B.- Peso del material ( $W_m$ )	200
3.2.7.5. C.- Espaciamiento de rodillos ( $S_i$ )	201
3.2.7.5. E.- Fuerza debido a la desviación por la altura del Rodillo (IML)	202
3.2.7.6.- Selección de tensión en la faja.	206



3.2.7.6.A.- Factor de corrección de la temperatura ambiente.	207
3.2.7.6.B.- $K_x$ Factor de fricción del rodillo y la resistencia Al deslizamiento entre la faja y los rodillos.	207
3.2.7.6. C.- $K_y$ Factor para calcular la resistencia de la faja En relación con la carga de flexión sobre los rodillos.	208
3.2.7.6.D.- $T_x$ : Resistencia de fricción de los rodillos de Transporte y de retorno	209
3.2.7.6.E.- $T_{yb}$ : Sumatoria total de tensiones resultantes de la resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos de transporte como sobre los de retorno.	209
3.2.7.6.F.- $T_{ym}$ : Resistencia del material a la flexión cuando la faja corre sobre los rodillos.	210
3.2.7.6.G.- $T_m$ : Fuerza necesaria para elevar o bajar la carga.	211
3.2.7.6.H.- $T_p$ : Resistencia de la faja a la flexión alrededor de las poleas y la resistencia de poleas a rodar sobre sus rodamientos.	211
3.2.7.6.I.- $T_{am}$ : Fuerza para acelerar el material continuamente mientras se alimenta la faja.	212
3.2.7.6.J.- $T_{ac}$ : Resistencia Generada por los accesorios (Volteadores, apiladores, desviadores, equipos de limpieza, faldones).	212
3.2.7.7.- Análisis de tensión en la faja.	215
3.2.7.8.- Selección del motor.	218
3.2.7.9.- Calculo de diámetro de poleas.	220
3.2.7.9. A.- Fuerza Resultante a la Polea motriz o conductora.	222



3.2.7.9. B.- Diámetro del eje	224
3.2.7.9. C.- Análisis de deflexión del eje	227
3.2.7.10.- Selección de componentes.	229
3.2.7.11.- Definición de Accesorios.	230
3.2.7.11. A.- Limpiadores de banda.	230
3.2.7.11. B.- Polines auto alienantes.	231
3.2.7.11. C.-Cubiertas.	232
3.2.7.11. D.-Pullcord.	232
3.2.7.11. E.-Sensores de alineamiento.	232
3.2.7.11. F.-Templadores.	232
3.2.7.11.G.- Chumaceras.	233
3.3.- Diseño y calculo Estructural de Truss de faja y Tolvas.	233
3.3.1.- Generalidades	233
3.3.2.- Diseño y calculo Estructural de Truss y plataforma y soportes.	234
3.3.2.1.- Diseño y calculo Estructural de Truss	234
3.3.2.1.A.- Especificaciones para el diseño de Truss	234
3.3.2.1.B.- Cargas aplicadas en el diseño del truss.	237
3.3.2.1.C.- Análisis estructural de TRUSS con programa SAP 2000.	239
3.3.3.- Diseño y calculo Estructural para Tolva de descarga	245
3.3.3.1.- Capacidad de la Tolva	245
3.3.3.2.- Análisis Estructural de la Tolva	247
3.3.3.3.- Especificación de liners	249
3.3.3.4.- Especificaciones para chutes y skirtplate	249

3.3.4.- Diseño y calculo Estructural soportes y plataforma	250
3.3.4.1.- Diseño y calculo Estructural soporte de Tolva	250
3.3.4.2.- Diseño y calculo Estructural soporte de TRUSS	253
3.3.4.3.- Diseño de Plataforma en la zona de carga:	256

## CAPÍTULO IV

### GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1.- Desarrollo de diagrama Gantt del Proyecto	258
4.2.- Costos y presupuestos.	260
4.3.- Gestión de Fabricación y Montaje.	261
4.3.1.- Elaboración de Plan de Fabricación	261
4.3.1.A.- Generalidades.	261
4.3.1.B.- Materiales.	261
4.3.1.C.- Cortes.	261
4.3.1.D.- Conformado.	262
4.3.1.E.- Perforaciones.	262
4.3.1.F.- Soldaduras.	263
4.3.1.G.- Marcas.	263
4.3.1. H.-Preparación superficial y pintura.	263

4.3.2.- Elaboración de Plan de Montaje	264
4.3.2.A.- Generalidades	264
4.3.2.B.-Montaje	264
4.3.2.C.-Apernado	265
4.3.2.D.-Soldadura de terreno	266
4.3.2.E.-Equipos y herramientas.	266
4.4.- Gestión de Seguridad e Higiene Ocupacional	267
4.4.1.- Elaboración de la Identificación de Peligros, riesgos y sus controles (IPERC)	267
4.4.2.- Elaboración de Procedimientos Escritos de Trabajo (PET)	268
<b>CONCLUSIONES</b>	269
<b>OBSERVACIONES</b>	270
<b>RECOMENDACIONES</b>	271
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	272
<b>LISTA DE TABLAS</b>	273
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	276
<b>ANEXOS</b>	283
<b>PLANOS</b>	283



## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### **1.1.- Antecedentes.**

La velocidad de producción de cobre en el Perú lo inclina como una futura potencia en la producción de este metal a nivel mundial llegando alcanzar a Chile hasta en 15 años debido a los diversos proyectos como Antapaccay y Constanza en Cusco, las Bambas en Apurímac, Toromocho en Junín y la ampliación de Cerro Verde en Arequipa.

Se debe tener en cuenta que las inversiones en el Perú en el ámbito minero van aumentando, por lo cual el requerimiento de proyectos y a lo que estos con lleva son una necesidad de alta prioridad ya que la meta de aumentar a 2,8 millones de toneladas métricas finas en la producción de cobre hasta el 2016 es muy exigente.

Ante esta necesidad de alta producción es que la corporación minera en ese entonces XSTRATA ve la necesidad de dar el visto bueno de la ampliación de su producción con el proyecto Antapaccay, también porque su yacimiento minero Tintaya concluía sus operaciones a inicios del 2013.



## **1.2.- Identificación del Problema.**

La necesidad de toda mina en la etapa de movimiento de tierras y explotación, lleva al requerimiento de tener un área reservada y exclusiva para el almacenamiento del componente NITRATO DE AMONIO, cumpliendo con la normatividad de seguridad que implica obtener este compuesto tan necesario para la elaboración de explosivos.

## **1.3.- Descripción del Problema.**

Al segundo semestre del año 2011 se inició los trabajos de movimiento de tierras los cuales requieren la perforación en zonas de minado y su posterior voladura en el Proyecto Antapaccay, para el cual se a designado un área exclusiva para la construcción de una nave industrial en el cual se almacenará el componente base del ANFO, necesario para las voladuras en la zona, dicho galpón cumplirá con los estándares de seguridad requeridos para almacenar mencionado componente, así mismo se debe tener en cuenta el diseño de mecanismos que permitan la mejor operatividad del Nitrato de amonio así como su des carguío y su traslado a una tolva para su posterior uso en los camiones fabrica.

## **1.4.- Objetivos.**

### **1.4.1.-Objetivos Generales.**

Realizar el diseño de una Nave Industrial que cumpla con las normas de seguridad y de diseño para el almacén de 1400 TON de Nitrato de Amonio, utilizado en la elaboración y preparación de explosivos para la explotación de mineral pertenecientes a las operaciones de la corporación XSTRATA en

su proyecto Antapaccay, situada a 4200 msnm aprovechando un área de 15000m<sup>2</sup>.

#### 1.4.2.- Objetivos Específicos.

- Diseñar todos los componentes necesarios para el normal funcionamiento de la Cancha de Nitratos así como son:
  - Diseño de un nave industrial utilizado como almacén de Nitratos denominado CANCHA DE NITRATOS, con una capacidad de 1400 TON.
  - Selección de un puente grúa necesario para transportar los big bag de 1 Ton de peso que serán almacenados y transportados dentro de la Nave.
  - Diseño, análisis e interpretación de resultados en el cálculo estructural de los elementos de la nave industrial así como: Columnas, ménsulas, placa base, tijerales, templadores, correas, viguetas, viga carrilera para el puente grúa y selección de cobertura
- Diseño de una Faja Transportadora de 50 TON/hora, para el transporte y alimentación de una tolva de descarga del material propio y selección de componentes.

- Proyección de una Tolva de Nitratos de 30 TON de capacidad en la recepción del Nitrato de Amonio de la faja transportadora, cuyo fin es la descarga del compuesto a los camiones fabrica.
- Elaborar un plan de gestión para optimizar los tiempos y recursos del Proyecto en la etapa de:
  - Planificación del proyecto.
  - Costos y presupuesto del Proyecto.
  - Elaboración de Plan de Fabricación y montaje.

Gestión de seguridad y salud ocupacional con la elaboración de procedimientos escritos de trabajo seguro (PETS) y desarrollo de una matriz de identificación de peligros, riesgos y controles (IPERC).

### **1.5.- Justificación.**

El proyecto Cancha de Nitratos tiene como finalidad el almacenamiento de Nitratos y emulsiones para su posterior uso en las voladuras que realiza la minera XSTRATA en su Expansión Antapaccay.

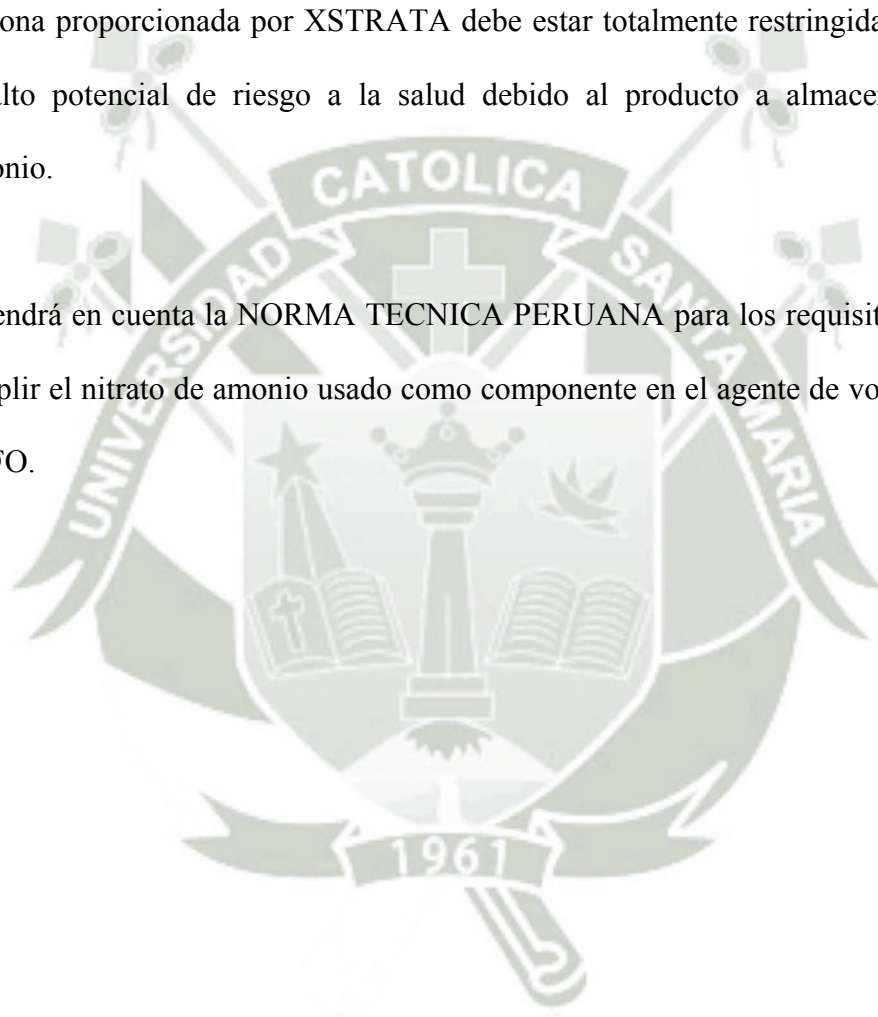
En dicha nave se instalara equipos necesarios como para descargar los BIG BAG de nitratos así como para su traslado hacia una tolva de carga siendo transportado por medio de una faja a una tolva de descarga para su posterior uso. Dicha operación es encargada de un operador el cual es responsable del despacho del nitrato hacia el tajo.



Debido a los diversos factores climatológicos como lluvias, vientos, nevados y granizada, se debe aislar dicho material ya que su contacto con el agua altera sus propiedades químicas, lo que con lleva a realizar un diseño de faja con cobertura y sellos.

La zona proporcionada por XSTRATA debe estar totalmente restringida al ser un área de alto potencial de riesgo a la salud debido al producto a almacenar Nitrato de Amonio.

Se tendrá en cuenta la NORMA TECNICA PERUANA para los requisitos que se debe cumplir el nitrato de amonio usado como componente en el agente de voladura llamado ANFO.





## CAPÍTULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1.- Información General.

##### 2.1.1- Ubicación del Proyecto.

Las instalaciones del Campamento Minero de Tintaya están ubicadas en la sierra Sur del Perú, en el departamento del Cusco, Provincia y Distrito de Espinar, a cinco (05) horas de las ciudades del Cusco y Arequipa, distante a 256 km. y 260 km., respectivamente.

Se puede acceder desde la ciudad de Arequipa, por una carretera asfaltada hasta Imata y afirmada hasta el Campamento Minero, la misma que durante la época de lluvias, se cubre de granizo y/o mucho barro.

En época de heladas, en las zonas altas, ocurre eventualmente que la carretera se cubre de hielo, debiendo disminuirse la velocidad al conducir.

También se puede acceder desde la ciudad del Cusco, por carretera asfaltada hasta Sicuani, y de allí hasta TINTAYA, por camino afirmado. Este tramo se deteriora en época de lluvias.

El clima de la zona corresponde al típico clima de puna seco, las instalaciones están ubicadas aproximadamente a 4,100 m.s.n.m.

La Temperatura:

- Máxima : 32.5 ° C
- Mínima : -17.8 ° C

Precipitación pluviales fuertes durante los meses de enero a abril, no está considerado como una zona sísmica.



*Figura. II-1 Ubicación exacta del campamento minero XSTRATA*

### 2.1.2.- Consideraciones.

Se consideran los siguientes trabajos:

- Nave para almacenamiento de nitratos de aproximadamente 128.0 m de largo x 21 m de ancho, consta de columnas metálicas tipo W, vigas de tijerales de ángulos de acero, correas y templadores, con cobertura tipo Precor TR-4 de 0.5 mm de espesor o similar, ménsulas de acero y viga carrilera para puente grúa que se implementará a

futuro. Respecto a las cimentaciones y bases de concreto serán ejecutadas por Tintaya.

- Faja transportadora, incluyendo todas las estructuras metálicas, chute de alimentación y tolva de recepción de nitratos.

### **2.1.3.- Especificaciones Técnicas. (Estructural, montaje, soldadura, acabado superficial)**

Se tomaron en cuenta las siguientes normas, estándares y documentos referenciales vigentes:

- AISC American Institute of Steel Construction
- ASME American Society of Mechanical Engineers
- ASTM American Society for Testing and Materials
- AWS American Welding Society
- SSPC Steel Structures Painting Council
- Norma Técnica Peruana :
  - Norma Técnica E.030 de Diseño Sismo resistente.
  - Norma Técnica E.020 CARGAS.
  - Norma Técnica E.090 Diseño de Estructuras Metálicas.
- La faja transportadora deberá cumplir con los estándares de la última revisión del CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association)

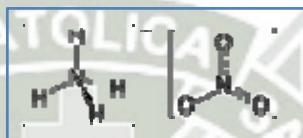


## 2.2.- Nitrato de Amonio.

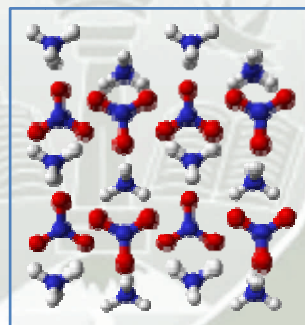
### 2.2.1.- Descripción.

El nitrato de amonio o nitrato amónico es una sal formada por iones de nitrato y de Amonio. Su fórmula es  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

Se trata de un compuesto incoloro e higroscópico, altamente soluble en el agua. El nitrato de amonio es un producto no inflamable, por lo que un fuego a partir de este es altamente improbable.



*Figura. II-2 Estructura Química del Nitrato de Amonio.*



*Figura. II-3 Estructura tridimensional del Nitrato de Amonio*

### 2.2.2.- Propiedades Físico-Químicas.

El Nitrato de Amonio es un sólido blanco o incoloro. Es higroscópico, esto significa que tiene gran afinidad por el agua, absorbiendo el vapor de agua ambiental. Es un producto altamente oxidado. Al ser calentado en condiciones de bajo riesgo ó

pequeñas cantidades, su descomposición produce humos blanquecinos ó pardos, que son una mezcla de: Óxido Nitroso, Nitrógeno y Óxidos superiores de Nitrógeno, estos últimos son una mezcla de Óxido Nítrico y Dióxido de Nitrógeno.

- Fórmula:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
- Masa molecular: 80,04 g/mol
- Punto de fusión: 169,6 °C
- Punto de ebullición: 210 °C (descomposición)
- Densidad: 1,72 g/ml



*Figura. II-4 Nitrato de Amonio en presentación comercial*

### **2.2.3.- Almacenaje.**

El Nitrato de Amonio Industrial puede presentar tendencia al apelmazamiento, para que el mismo conserve sus características físicas se recomienda almacenar en un lugar fresco y seco, bien ventilado, y por periodos preferentemente no mayores a tres meses. Durante el manejo almacenamiento, transporte y aplicación evitar la exposición del material a ambientes húmedos o lluvia, la variación de temperatura puede producir alteraciones en sus propiedades físico químicas, se recomienda no

almacenar el producto junto a materiales inflamables, a menos que las instalaciones estén especialmente construidas y aprobadas para este tipo de materiales.

El Nitrato de Amonio tiene una presentación comercial en saco de polipropileno con bolsa interior de polietileno con un contenido neto de 50 Kg. Y Big Bags de polipropileno con bolsa de polietileno de 1000 Kg, cuyas dimensiones estándar son las siguientes:

- BIG BAG DE 1000KG: 900x900x1100 (WxLxH) en mm.

#### **2.2.4.- ANFO**

El Nitrato de Amonio industrial es un material fuertemente oxidante de baja densidad y alta porosidad, especialmente adecuado para la fabricación de ANFO normal (Ammonium Nitrate Fuel Oil) el cual es un agente explosivo muy adecuado en voladuras a cielo abierto con una producción mínima de humos y gases tóxicos obteniéndose excelente fragmentación de materiales de dureza media.

El ANFO, es un explosivo de alto orden. Consiste en una mezcla de nitrato de amonio y un combustible derivado del petróleo, desde gasolinas a aceites de motor. Estas mezclas son muy utilizadas principalmente por las empresas mineras y de demolición, debido a que son muy seguras, baratas y sus componentes se pueden adquirir con mucha facilidad. Las cantidades de nitrato de amonio y combustible varían según la longitud de la cadena hidrocarbonada del combustible utilizado. Los porcentajes van del 90% al 97% de nitrato de amonio y del 3% al 10% de combustible, por ejemplo: 95% de nitrato de amonio y 5% de queroseno. El uso de un combustible insoluble en



agua acaba con el principal problema del nitrato de amonio: su tendencia a absorber agua (higroscopía). Si además se le añade polvo de aluminio el ANFO se convierte en una variedad aún más potente llamada ALANFO. Se utiliza ampliamente en las voladuras de rocas de tipo medio a blando, bien sea introduciendo en los barrenos el granulado mediante aire comprimido o bien en su otra forma de presentación que es encartuchado. Es necesario cebar fuertemente el barreno con detonador y cartucho de goma a fondo, para producir su correcto funcionamiento, además su uso está contraindicado en barrenos con presencia de agua, a no ser que se use encartuchado. El ANFO también se suele mezclar con otros explosivos tales como hidrogeles o emulsiones para formar, en función del porcentaje de ANFO o ANFO Pesado (aproximadamente un 70% de emulsión ó hidrogel y 30% ANFO).

### **2.3.- Alcances del Proyecto.**

Los diseños comprendidos en el presente proyecto comprenden a la especialidad mecánica.

#### **2.3.1.- Diseños Comprendidos**

- Diseño y calculo estructural de nave industrial para almacén de Nitrato de Amonio.
- Sistema general de abastecimiento de nitratos desde el almacén hasta su despacho en la tolva de nitratos con la ayuda de un puente grúa.

#### **2.3.2.- Diseños no Comprendidos.**

- Levantamiento topográfico
- Se excluirá los cálculos de carácter civil como estudio de suelos, cimentación

- No comprende la implementación de silos de emulsión.
- No comprende instalaciones eléctricas
- No comprende el diseño de tanque de agua debido a que se consideran como líneas existentes

## **2.4.- Descripción del Proyecto**

### **2.4.1.- Instalaciones Estructurales**

#### **2.4.1.1.- Plataforma para Cancha de Nitratos.**

Se refiere a un área donde se ubicará el almacén de nitratos, en el cual se tendrá una faja transportadora que llevara el nitrato a una tolva de descarga con una capacidad promedio de 1400 Ton de almacén en big bag de 1000 kg considerando un diseño de dos aguas por los factores climatológicos de la zona, constara de columnas metálicas tipo W, vigas de tijerales de ángulos de acero, correas y templadores.

#### **2.4.1.2.- Ménsulas**

En ingeniería el término ménsula se refiere a un tipo de viga denominado más comúnmente voladizo el cual está solo apoyada en solo uno de sus extremos el cual puede ser empernado, empotrado o soldado, para nuestro proyecto dichas ménsulas serán el soporte de una viga carrilera del puente grúa a seleccionar de aproximadamente 3 Ton de capacidad.

#### **2.4.1.3.- Coberturas**

Se considerara una cobertura de alta rigidez y resistencia flexionante lo que permita salvar mayores luces entre apoyos por lo cual se recomienda que

tenga nervios transversales (trapecios), así mismo que cuente con una facilidad en la instalación y resistencia a la corrosión teniendo en cuenta las condiciones climatológicas.

#### **2.4.2.- Faja transportadora.**

##### **2.4.2.1.- Poleas**

Se considerara la polea con los ejes juntos debido a formar una estructura compuesta cuyas características de operación están mutuamente relacionadas.

Las Poleas deben ser de acero soldado, tipo tambor, con cilindros y discos en acero ASTM A36, ejes, chavetas en acero SAE 1045, pernos y accesorios según ASTM A325. Los tamaños de los ejes serán estandarizados tanto como sea posible. Los ejes de la polea deben ser diseñados en una sola pieza, provistos de canales chaveteros y chavetas para empalmar los cubos de la polea y componentes motrices.

##### **2.4.2.2.- Chumaceras**

La chumacera es un elemento de maquina el cual tiene una muesca donde descansa y gira cualquier eje de maquinaria.

Las chumaceras para los ejes serán del tipo pesada (heavy duty), con dos pernos de montaje, con carcasa partida. Los rodamientos deben ser tipo autolineante, con manguito de fijación y con un mínimo de 100 000 horas de duración.



#### **2.4.2.3.- Banda Transportadora**

Una banda transportadora es un sistema de transporte continuo que se mueve entre dos tambores o poleas existiendo para uso ligero o pesado, la banda es arrastrada por fricción por una de las poleas que es accionado por un motor mientras la otra polea gira libremente teniendo como objetivo el transporte de materiales granulados, agrícolas, minerales, etc.

La faja debe de cumplir las condiciones de tensión unitaria de selección (PIW), para el material a transportar especificado.

#### **2.4.2.4.- Templadores de Faja**

Los templadores de tornillo serán de accionamiento manual, ajustable y del tipo pesado, completamente ensamblados. Estarán compuestos por una base sólida de acero ASTM A36 o fundición de acero, para el soporte de las chumaceras para los ejes de la polea conducida.

Los templadores de la faja deben ser diseñados en función a las características de la banda transportadora, la carrera deberá ser determinada conforme a las especificaciones respectivas.

#### **2.4.2.5.- Limpiadores**

La faja transportadora deberá ser suministrada con limpiadores que limpien la faja en las zonas próximas de la polea motriz.

El conjunto de limpiador de faja primario y/o para polea motriz contará con dispositivo tensor a ambos lados, con hojas de jebe o poliuretano, ubicado de tal manera que el material removido de la faja caiga al interior del chute de descarga.

#### **2.4.2.6.- Cubiertas y guardas**

La cobertura de la faja es del tipo semicircular, construida con plancha galvanizada lisa, soportada en una estructura metálica liviana, con una disposición tal que permita la inspección y mantenimiento directamente.

Se deberán considerar guardas de protección alrededor de todos aquellos elementos rotativos, y en movimiento. Las guardas deberán ser pintadas de color amarillo seguridad (RAL 1003). Serán diseñadas de tal manera que permitan inspecciones visuales, así como un rápido y fácil acceso y mantenimiento del equipo que se está protegiendo.

#### **2.4.3.- Tolvas y Faldones.**

##### **2.4.3.1.- Chutes**

Los chutes de transferencia y de descarga, así como los faldones, completos con sus respectivos refuerzos, soportes, placas y barras anti desgaste, pernos, tuercas y arandelas de fijación. Serán fabricados mediante conexiones empernadas bridadas.

El material de los chutes será de acero al carbono de mínimo 6 mm de espesor, los pernos serán de mínimo 5/8" de diámetro, las superficies sujetas

a la abrasión deberán llevar plancha HARDOX 400, con superficies inclinadas a 55° como mínimo.

#### **2.4.3.2.- Faldones**

Los faldones serán en acero ASTM A36 de 6 mm de espesor, tapa de 3 mm de espesor, con plancha hardox 400 de 10 mm, con tiras de jebe Shore 40 de 12 mm de espesor y grapas para ajuste y fijación del jebe; a la salida llevara cortinas de jebe acorde con el contorno de la sección de material que va ser transportado. La longitud del faldón será de 2150 m.

#### **2.4.3.3.- Liners**

La plancha anti desgaste estará ubicada en todas aquellas superficies en donde el material de descarga tenga contacto con los chutes, faldones y placas de regulación. Los materiales empleados en estas placas serán de Hardox 400. Los pernos de sujeción serán de 3/8" ", de cabeza avellanada. El peso de cada pieza no excederá de 30 kg.



## CAPÍTULO III

### INGENIERIA DEL PROYECTO

#### 3.1.- Diseño y cálculo estructural de la Nave Industrial para Cancha de Nitratos

##### 3.1.1.- Consideraciones de diseño.

Una de las consideraciones tomadas dentro del diseño es el dimensionamiento de la Nave industrial la cual brindara la capacidad y el flujo de almacenamiento de los big bags de nitrato de amonio el cual está relacionado directamente al consumo del mismo que realiza el área de mina de la corporación Glencore – Xstrata para mantener una producción de 70 000 Ton por día como, siendo esta producción con la que está diseñada la planta concentradora del proyecto Antapaccay.

Se tomara los siguientes datos proporcionados por la corporación Xstrata:

- Capacidad: 1400 Ton.
- Consumo diario promedio: 50 Ton.
- Stock de nitrato de amonio: 500 Ton.
- Semanalmente arriban de 8 a 10 camiones de 30 Ton cada uno.

Se tendrá en cuenta una nave central con capacidad de 600 Ton y dos laterales con capacidad de 400 Ton c/u.

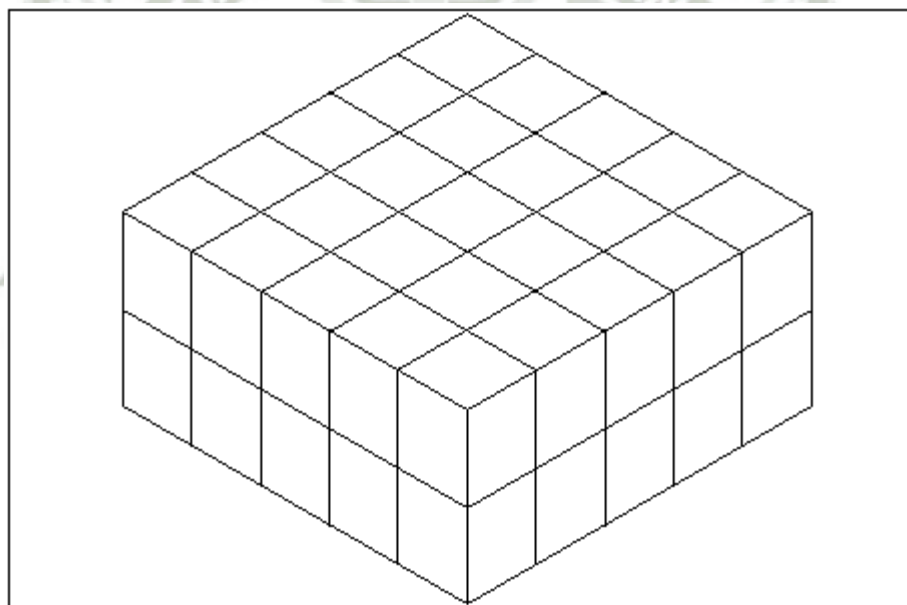
##### 3.1.1. A.- Dimensionamiento de la Plataforma.

Teniendo en cuenta las dimensiones de los Big bag de 1000kg con la que se comercializa el Nitrato de Amonio obtenemos:

- Ancho: 900 mm.
- Largo: 900 mm.
- Alto: 1100 mm.

Por disposición de las operaciones de la mina se tendrá una nave con capacidad de 1400 Ton. Por lo cual el almacenaje del Nitrato de Amonio se hará de la siguiente manera:

- Se acopiara por grupos de 5x5 big bags con 2 niveles del mismo, uno sobre otro por lo cual cada grupo estará formado de 50 big bags como se muestra en la figura:



*Figura. III-1 Nitrato de Amonio en presentación comercial Disposición por grupo de  
BIG BAGS de Nitrato de Amonio*

- La disposición en toda la nave será de 2 filas por 14 columnas de grupos de 50 big bags cumpliendo así con lo requerido:

$$Capacidad = 28 \text{ grupos} \times 50 \frac{\text{bigbags}}{\text{grupo}} \times 1 \frac{\text{Ton}}{\text{bigbag}}$$

$$Capacidad = 1400 \text{Ton}$$

- La forma de acopio de los grupos de big bags dentro de la nave permitirá almacenar la capacidad requerida sin embargo se considerará el espacio suficiente para que pueda transitar vehículos tales como camiones, camionetas y montacargas entre los grupos establecidos y para la instalación del sistema de transporte a la tolva de descarga en el medio de la misma, por consiguiente se hará un sobredimensionamiento de la nave industrial en el ancho y largo al doble de la medida que se haga al juntar las 02 filas por las 14 columnas así tenemos que el ancho y largo de la nave será:

**Ancho=***doble (ancho de un big bag) (numero de big bag por grupo)( numero de filas)*

$$Ancho = 2 \left( 900 \frac{\text{mm}}{\text{big bag}} \times 5 \text{ big bag} \times 2 \text{ filas} \right)$$

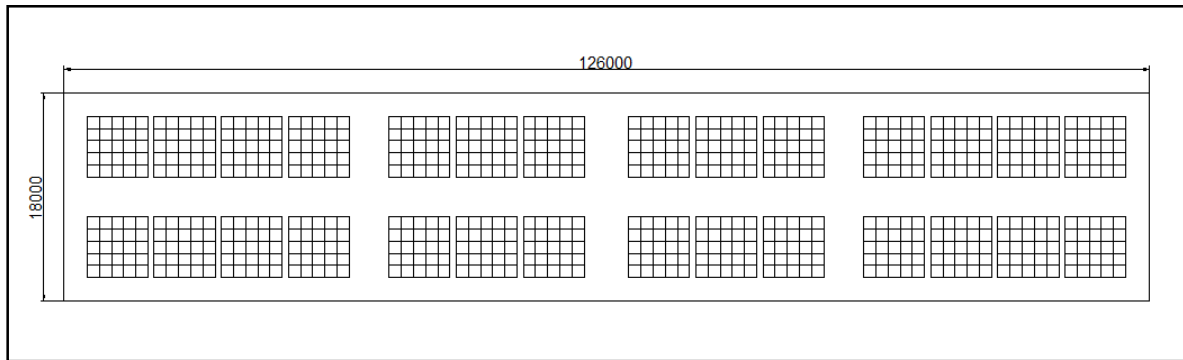
$$Ancho = 18000 \text{mm aprox.}$$

**Largo=***doble (largo de un big bag) (numero de big bag por grupo)( numero de columnas)*

$$Largo = 2 \left( 900 \frac{\text{mm}}{\text{big bag}} \times 5 \text{ big bag} \times 14 \text{ filas} \right)$$

$$Largo = 126000 \text{mm aprox.}$$





*Figura. III-2 Dimensionamiento de la Nave Industrial*

### 3.1.1. B.- Especificaciones para el diseño.

Se tendrán las siguientes especificaciones para el diseño:

- Perfiles Estructurales ASTM A36
- Planchas Estructurales ASTM A36
- Conexiones Soldadas Electrodo E 70XX
- Conexiones Empernadas A 325

### 3.1.1. C.- Capacidad y selección de puente grúa.

El Puente grúa debe ser seleccionado con la capacidad de levantar no más de dos big bags, dicho requerimiento es solicitado por operaciones para tener una mayor maniobrabilidad y optimización de tiempo si es que fuera necesario tener un despacho más efectivo del nitrato así mismo considerar un factor de seguridad del 50% más de lo requerido por cualquier inconveniente que se presente.

Considerando que cada big bag es de 1000kg obtenemos que la capacidad mínima del puente grúa es:

$$\text{Capacidad de Puente Grúa requerido} = 2\text{bigbag} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{bigbag}} \times 1.5$$

$$\text{Capacidad de Puente Grúa requerido} = 3000\text{kg}.$$

Dentro de amplia gama de marcas de fabricantes de puente grúas tenemos como mas resaltantes las siguientes: DEMAG CRANE&COMPONENTS, INGERSOL RAND, ABUS KRANSYSTEME, STAHL CRANE SYSTEMS, KCI KONECRANES INTERNATIONAL, ADC FAYAS GROUP, GIS, TAWI, INDUSTRIAS ELECTROMECHANICAS GH, VERLINDE, como las más destacadas, y siendo la más destacada y recomendada la marca ABUS KRANSYSTEME, con la cual se seleccionara el puente grúa de acuerdo a su amplia gama de productos y viendo cual se ajusta más a la capacidad requerida.

### **3.1.1. C.1.- Selección de polipasto según NORMA FEM (European Federation of Materials Handling).**

De acuerdo a la FEM para la selección de polipastos se basara en el artículo 9.511 el cual nos menciona que para que se realice un correcto y efectivo funcionamiento del polipasto debe de elegirse la clasificación adecuada para cada tipo de clasificación el cual depende de dos factores:

a.- Espectro de Carga

b.- tiempo medio de funcionamiento por día de trabajo

### 3.1.1. C.1.a.- Espectro de Carga

Se basa en cuatro tipos de condiciones de servicio como lo presenta la siguiente tabla:

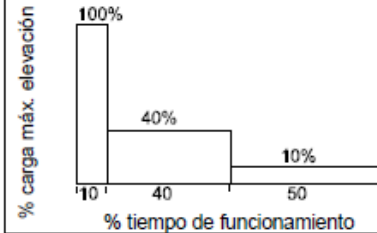
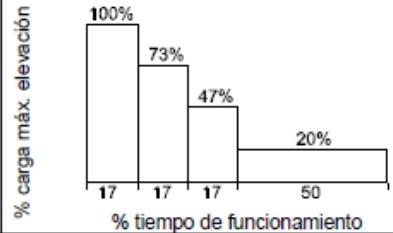
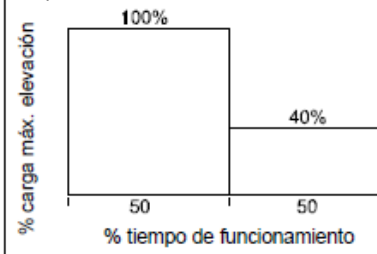
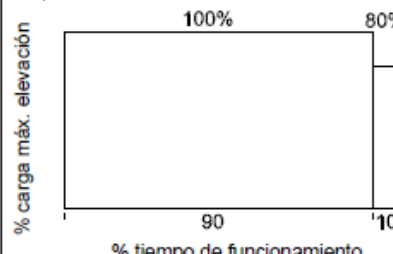
1. Ligero	2. Medio
 <p>% carga máx. elevación</p> <p>% tiempo de funcionamiento</p>	 <p>% carga máx. elevación</p> <p>% tiempo de funcionamiento</p>
<p>Ocasionalmente carga máxima Regularmente carga moderada Carga muerta pequeña</p>	<p>Carga máxima frecuente Regularmente carga pequeña Carga muerta media</p>
3. Pesado	4. Muy pesado
 <p>% carga máx. elevación</p> <p>% tiempo de funcionamiento</p>	 <p>% carga máx. elevación</p> <p>% tiempo de funcionamiento</p>
<p>Carga máxima frecuente Regularmente carga media Carga muerta grande</p>	<p>Regularmente carga máxima Carga muerta muy grande</p>

Tabla. III-1.- Condiciones de Servicio según FEM 9.511

De acuerdo a nuestras condiciones de trabajo, observamos que tenemos como dato que semanalmente llegan de 8 a 10 camiones de 30 TON cada uno, asumiendo que lleguen 10 camiones implica que habrá días que lleguen hasta máximo 3 camiones por lo cual el trabajo del puente grúa tendrá una carga regularmente moderada y



ocasionalmente aplicara su carga máxima por consiguiente tenemos un trabajo de carácter LIGERO.

### 3.1.1. C.1.b.- Tiempo medio de funcionamiento por día de trabajo

El tiempo medio de trabajo ( $t$ ) se calcula:

$$t = \frac{2 \times H \times N \times T}{V \times 60}$$

Donde y para nuestro caso tenemos:

- H: Altura media de elevación (Tentativa)= 5m
- N: numero de ciclos, un ciclo corresponde a un movimiento ascendente y descendente.

$$N = 10 \frac{\text{camiones}}{\text{semana}} \times 30000 \frac{\text{kg}}{\text{camión}} \times \frac{\text{semana}}{7 \text{ dias}} \times \frac{\text{ciclo}}{2000 \text{ kg}}$$

$\therefore N = 22 \text{ ciclos aproximadamente.}$

- T: Tiempo de trabajo=8 horas.
- V: velocidad de elevación de acuerdo a catalogo  
ABUS=5m/min

Por lo tanto reemplazando obtenemos:

$$t = \frac{2 \times 5 \times 22 \times 8}{5 \times 60}$$

$$t = 5.86 \text{ h}$$

Finalmente realizamos una última interpolación en la siguiente tabla para determinar el grupo de trabajo de nuestro polipasto:

Espectro de carga	Tiempo medio de funcionamiento UNE/ISO/FEM (horas por día)					
	0.5	1	2	4	8	16
Ligero			M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m
Medio		M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m
Pesado	M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m	
Muy pesado	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m		

*Tabla. III-2.- Clasificación para el polipasto según FEM 9.511*

Con un espectro de carga Ligero y un tiempo medio de funcionamiento superior a las 4h observamos que en norma FEM, obtenemos un polipasto de 2m equivalente en norma ISO a M5.

De catálogo ABUS obtenemos un polipasto de 4 ramales a 1 modelo E a una carga de 3,2 Ton:

## Polipastos eléctricos de cable GM para puentes grúa monorraíles

### Modelo E – Polipasto monorraíl

Polipasto monorraíl en diseño compacto con unas dimensiones muy favorables y equipado con dos accionamientos directos a las ruedas. Los carros se pueden ajustar a diferentes anchos de ala de viga. Es la solución más económica y el modelo más utilizado en la gama de capacidades de carga de 1 a 16 t.

Modelo	Ramales de cable	Carga (t)	Recorrido del gancho (m)			C (mm)	H (mm)
GM 800	4/1	3,2	6	9	-	400	176
GM 1000	2/1	2,5	12	18	24	567	196
	4/1	5,0	6	9	-	500	196
GM 2000	2/1	3,2	12	18	24	580	213
	4/1	6,3	6	9	-	500	213
GM 3000	2/1	6,3	12	20	30	665	251
	4/1	10,0	6	10	15	580	251
	4/1	12,5	6	10	-	580	251
GM 5000	2/1	10,0	12	20	30	830	273
	4/1	16,0	6	10	-	825	273
GM 6000	2/1	10,0	12	20	-	830	293
	2/1	12,5	12	-	-	830	293

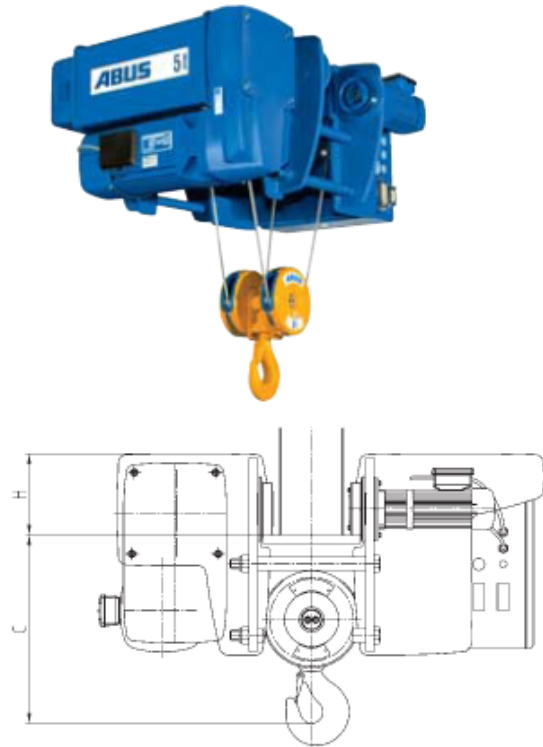


Figura. III-3 Polipasto modelo E, según catalogo ABUS

De acuerdo al modelo de polipasto obtenemos un valor recomendado de la distancia que debe tener desde el gancho del polipasto hacia el techo estructural siendo el valor recomendado para nuestro caso de 1770mm como se puede apreciar en la figura:



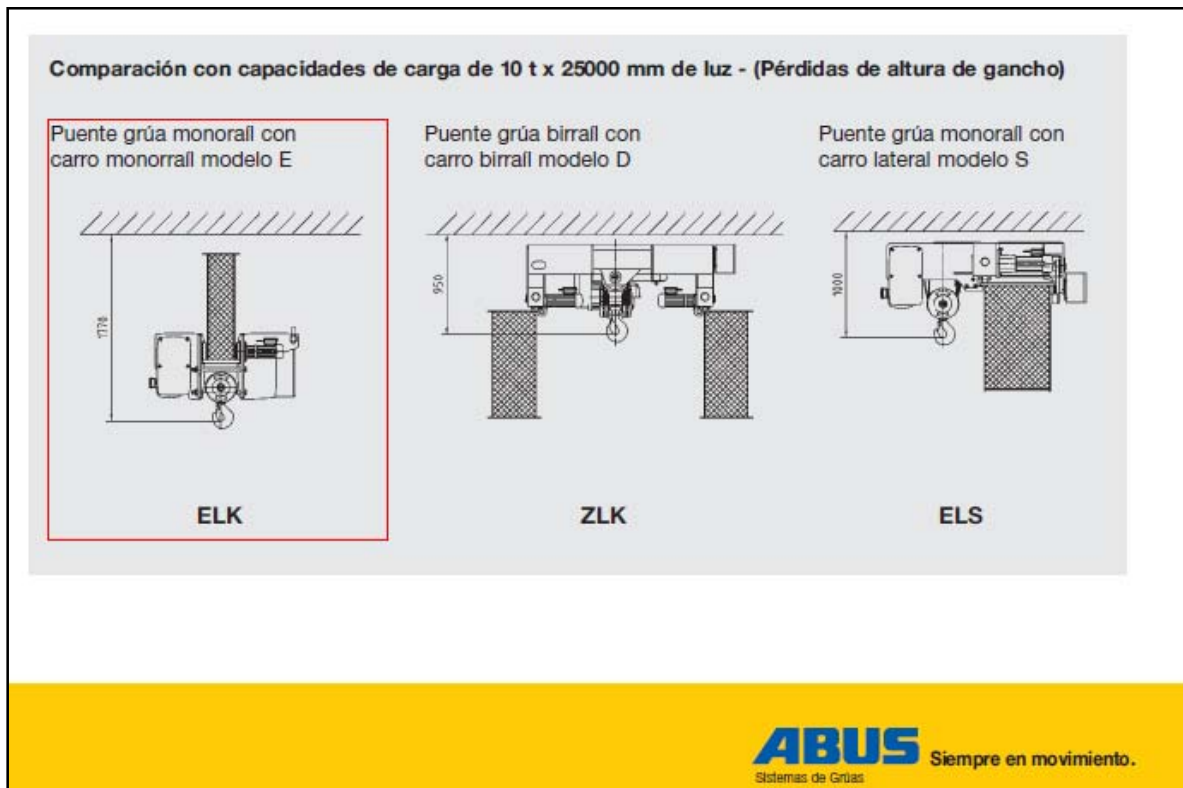
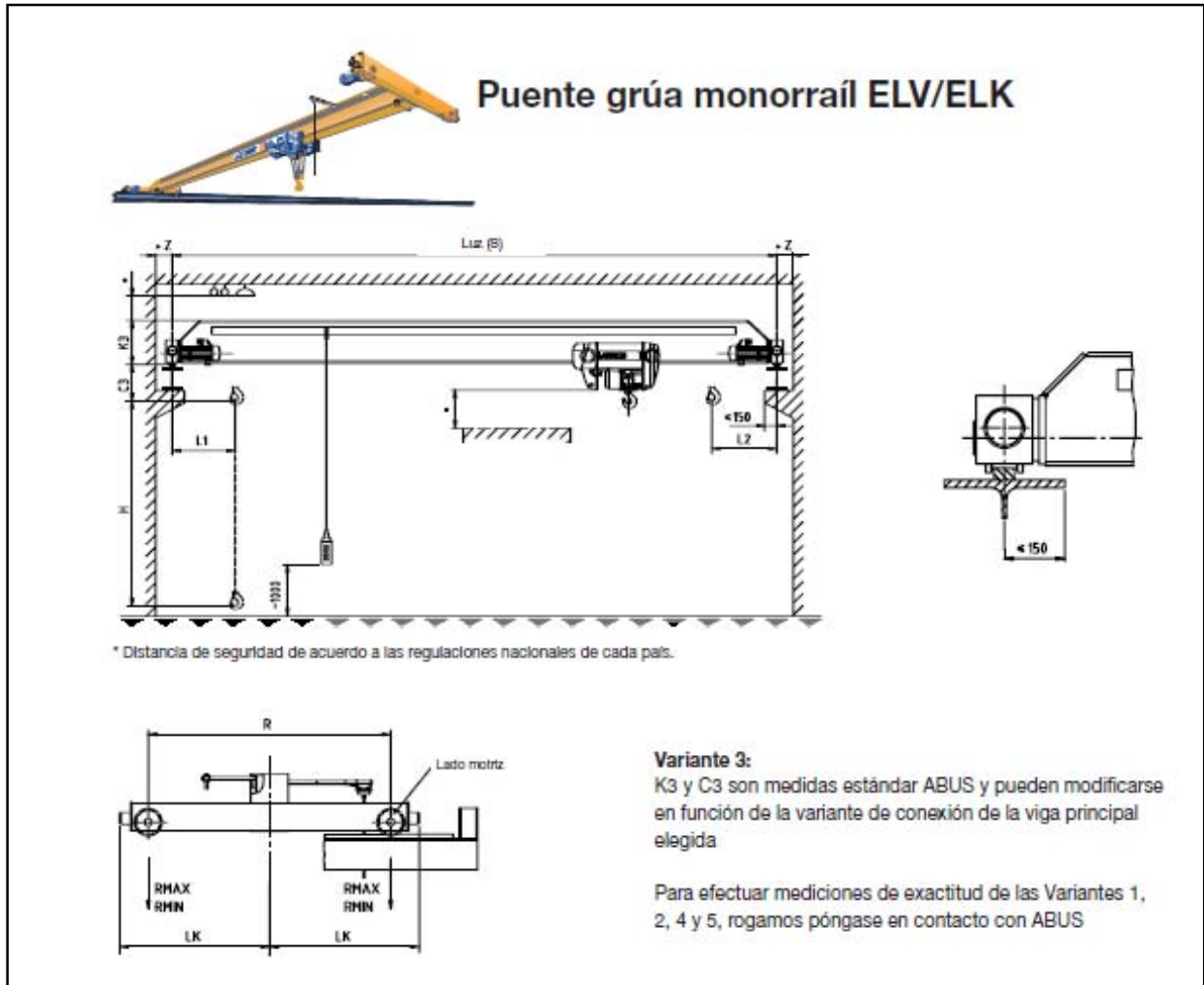


Figura. III-4 Distancia recomendada del gancho a la estructura de tijeral

Del catalogo ABUS KRANSYSTEME observamos que para nuestro caso es recomendable el modelo: PUENTE GRÚA MONORIEL ELV/ELK, debido a que ya tenemos definido que nuestras columnas tendrán ménsulas sobre las cuales se colocara la viga riel para mencionado puente grúa y dentro de las capacidades de carga para este modelo el inmediato superior a la capacidad requerida de 3000kg es la de carga de 3200 kg, carga de polipasto de cable GM 832 H6 FEM 2m, con una velocidad de 0.8 a 5 m/min.

De catalogo obtenemos los siguientes datos que nos ayudaran a dar un valor tentativo de la altura de nuestra nave y la dimensión recomendable de nuestra viga riel, así tenemos que:



*Figura. III-5 Selección de Puente Grúa marca ABUS KRANESYSTEME*

Carga, Polipasto <sup>1)</sup>	S <sup>1)</sup>	K3	C3	L1	L2	Z min	Hmax <sup>1)</sup>	R	LK	Carga rueda kN	
	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	R max	R min
3200 kg Polipasto de cable GM 832 H6 FEM 2m  Polipasto V = 0.8/5 m/min	5	330	390	950	640	140	9000	1900	1165	16.9	4.3
	10	320	390	950	640	140	9000	1900	1165	19.7	4.9
	15	450	390	950	640	140	9000	2200	1335	22.5	7.0
	18	650	380	970	770	150	9000	2700	1605	23.1	7.6
	20	660	380	970	770	150	9000	3200	1880	24.3	8.9
	22	760	380	970	770	150	9000	3200	1880	25.6	9.8
	24	760	430	970	770	170	9000	3800	2195	28.4	12.5
26	860	430	970	770	170	9000	3800	2195	29.6	13.7	

Tabla III-3.- Catalogo ABUS KRANESYSTEME puente grúa de 3200kg

Así mismo obtenemos el peso del polipasto, el peso del mono riel y los accesorios representados en la siguiente tabla:

Descripción	Viga Monorriel	Polipasto	Testero	Peso total (Kg)
Peso (Kg)	1720	363	618	<b>2701</b>

Tabla. III-4.- Pesos de los componentes para un puente grúa de 3200kg

Ver Anexo A para mayor detalle.



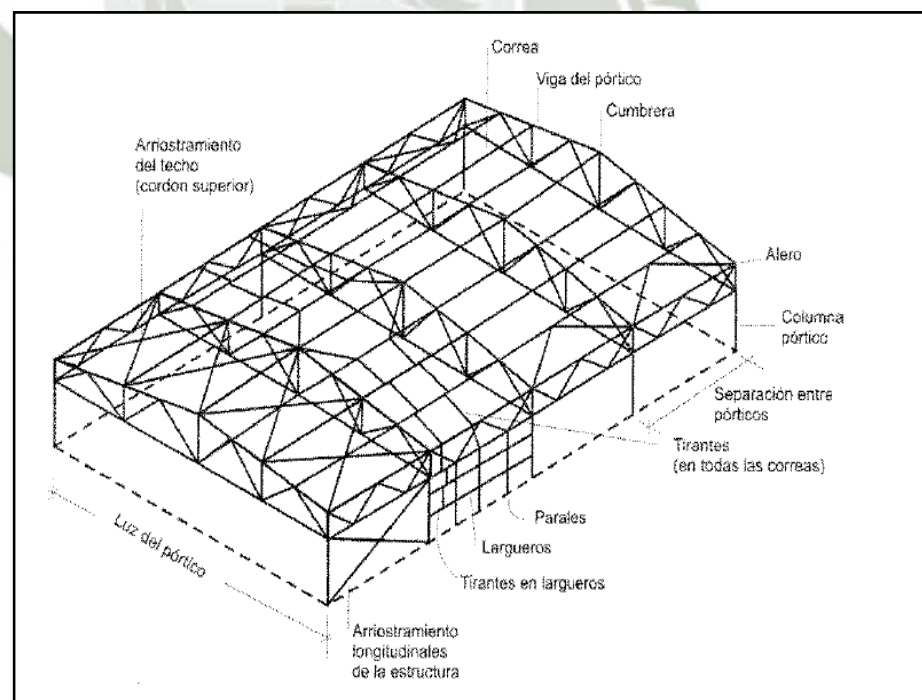
### 3.1.1. D.- Arquitectura de la Nave para Cancha de Nitratos.

La nave para cancha de nitratos también puede ser considerada como un galpón el cual es una construcción techada adaptable a un gran número de usos, cuya separación entre columnas permite grandes espacios libres de obstrucción. Eventualmente pueden albergar oficinas, talleres, almacenes, depósitos, etc.

#### 3.1.1. D.1.-Componentes Típicos.

Las características de los galpones quedan determinadas por el uso al que se destine y las condiciones económicas sostenibles.

Como se aprecia en la figura, la estructura de los galpones está formada por pórticos separados a distancias convenientes.



*Figura. III-6 Componentes de un galpón*

Sobre los pórticos se apoyan las correas que soportan el material de cubierta del techo (coberturas), las correas van colocadas sobre tijerales y estos a su vez son montados sobre columnas las cuales son separadas por viguetas de amarre.

Para garantizar la rigidez y resistencia necesarias para las fuerzas producidas por las acciones de viento, el sismo o puente grúa se disponen de los arriostramientos tanto del techo como en la separación de columnas que en algunos casos no son necesarios de acuerdo al tipo de viga con las que son fabricadas las mencionadas columnas, en resumen los componentes típicos son:

- Columnas: cuentan con placa base, ménsulas de soporte para la viga carrilera del puente grúa y cartelas de sujeción.
- Viguetas: fabricadas generalmente con ángulos tipo “L” y cartelas de sujeción, actuarán como arriostres entre columnas
- Tijerales: las cuales dan forma a los pórticos y son compuestos por cuatro componentes: brida superior, brida inferior, montantes y diagonales, pueden ser compuestas como tipo cajón o doble ángulo.
- Correas: Generalmente seleccionados con perfiles C donde se montarán las coberturas, son colocadas sobre los tijerales.
- Coberturas: cubierta de techo.

- Arriostres: componentes que dan mayor rigidez a la estructura, por lo general van amarradas entre columnas y en algunos casos no son consideradas de acuerdo al tipo de viga empleada para la columna.
- Tensores: Colocadas en forma de diagonales sobre los tijerales para darle mayor rigidez.

### 3.1.1. D.2.-Clasificación y tipología.

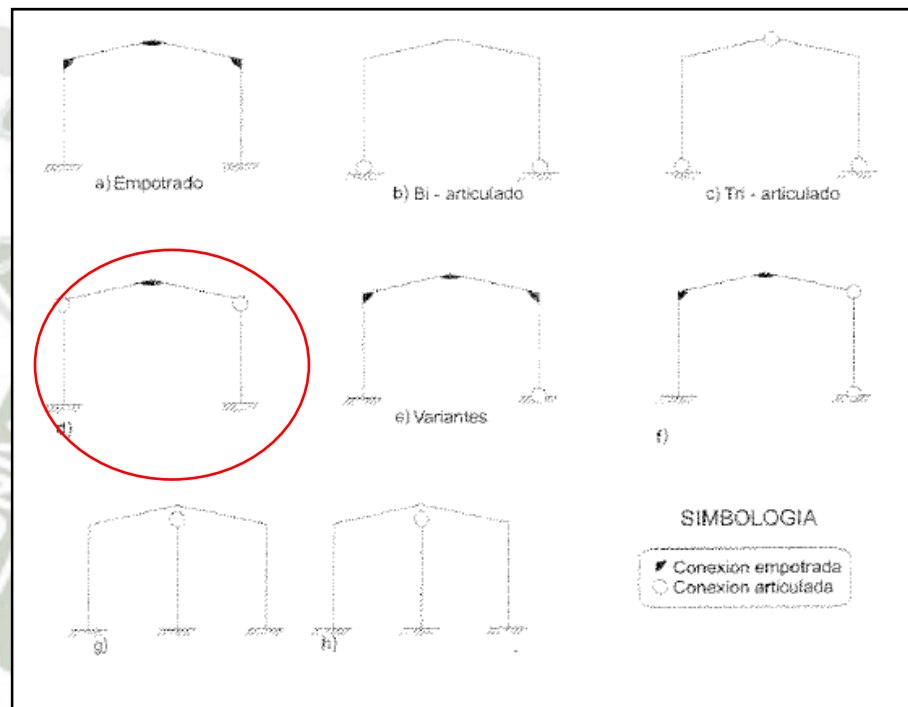
Debido a los factores climatológicos de la zona los cuales están bien definidos por ser una zona pluvial, con bastante granizo y nieve en las temporadas de primavera y verano, nos resulta más cómodo escoger un modelo de techo estructural a dos aguas, debido a sus características que permiten aliviar con estos factores climatológicos, así mismo por su fácil maniobrabilidad de montaje y fabricación, en el siguiente cuadro mostramos la clasificación de galpones:

Número De tramos	TECHO		ESTRUCTURA	
	Inclinación	Forma	Pórticos	Forma
Simple	A dos ó más aguas	Plana Arco Circular Diente de sierra	Vigas laminadas o soldadas	Sección constante Sección variable
Múltiples			A un agua	Vigas de celosía

*Tabla. III-5.- Clasificación de Galpones*



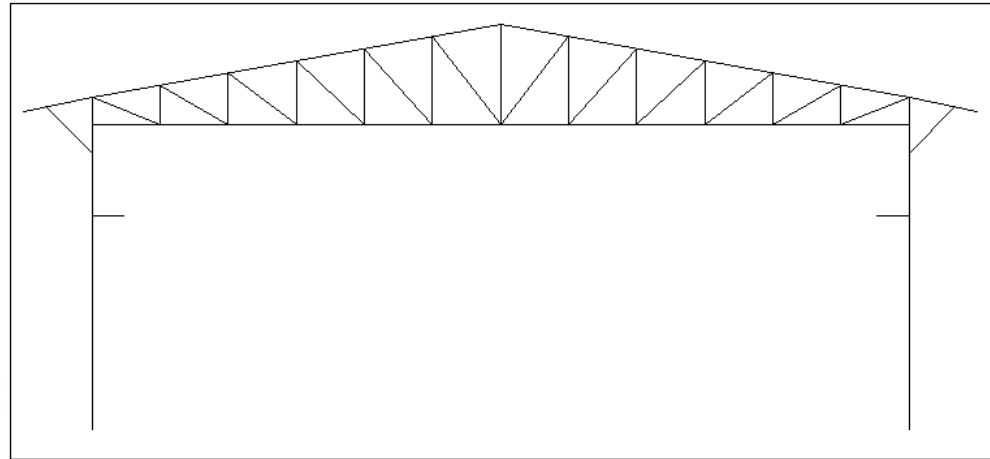
De acuerdo a la tabla de clasificación de galpones reforzamos la idealización para nuestro caso el cual tendrá una inclinación a dos aguas en forma plana. De acuerdo a la figura escogemos un pórtico articulado en los extremos y con conexión empotrada en el medio.



*Figura. III-7 Idealización del tipo de pórtico*

### 3.1.1. D.3.-Diseño de la Nave para Cancha de Nitratos.

Una vez clasificados el tipo de galpón y la forma del pórtico como se muestra en la figura:



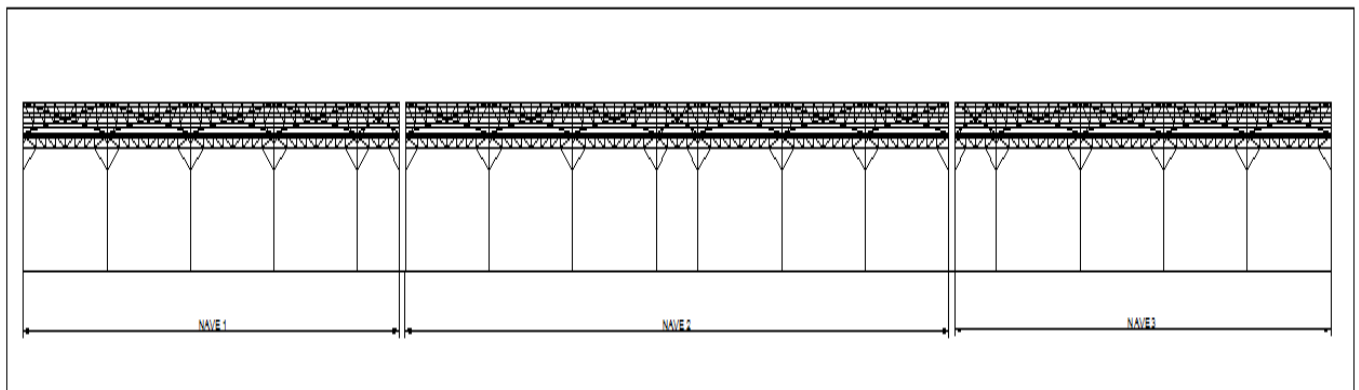
*Figura. III-8 Idealización del tipo de techo estructural*

Representaremos el diseño de la nave de acuerdo a las dimensiones brindadas al inicio, también se había definido que la Nave para cancha de nitratos estará definida por tres naves: dos de 400 Ton de capacidad cada una ubicada en los extremos y una de 600 Ton ubicada en el centro, se tendrá una separación entre pórticos de 8m aproximadamente considerando el libre tránsito de vehículos sea camionetas, camiones y/o montacargas, en el centro de la nave la separación entre pórticos será de 4m aproximadamente, espacio suficiente para colocar el sistema de carga a la tolva o faja transportadora, entre cada nave habrá una separación de 600mm para tener definidas cada nave.

Tendremos en total 20 pórticos entre las tres naves distribuidos de la siguiente manera:

- En la primera nave tendremos 06 pórticos de los cuales los cinco primeros estarán separados a 8m aproximadamente y entre el quinto y sexto pórtico habrá una separación de 4m aproximadamente.
- En la segunda nave tendremos instalado el sistema de faja transportadora, en toda la segunda nave se colocara 08 pórticos los cuales estarán separados entre si a 8m excepto los del medio que tendrán una separación de 4m como ya definimos.
- En la tercera nave tendremos 06 pórticos de los cuales los dos primeros que van a lado de la segunda nave tendrán una separación de 4m y los otros cinco restantes una separación de 8m cada una

Mayor detalle en planos de distribución, en la imagen se muestra un bosquejo lateral de la distribución de los pórticos en las tres naves para cancha de nitratos.



*Figura. III-9 Idealización del tipo de techo estructural*



### 3.1.1. D.4.-Idealización Dimensional del tijeral

Dentro del diseño del tijeral se tomara en cuenta cuatro partes bien definidas como son:

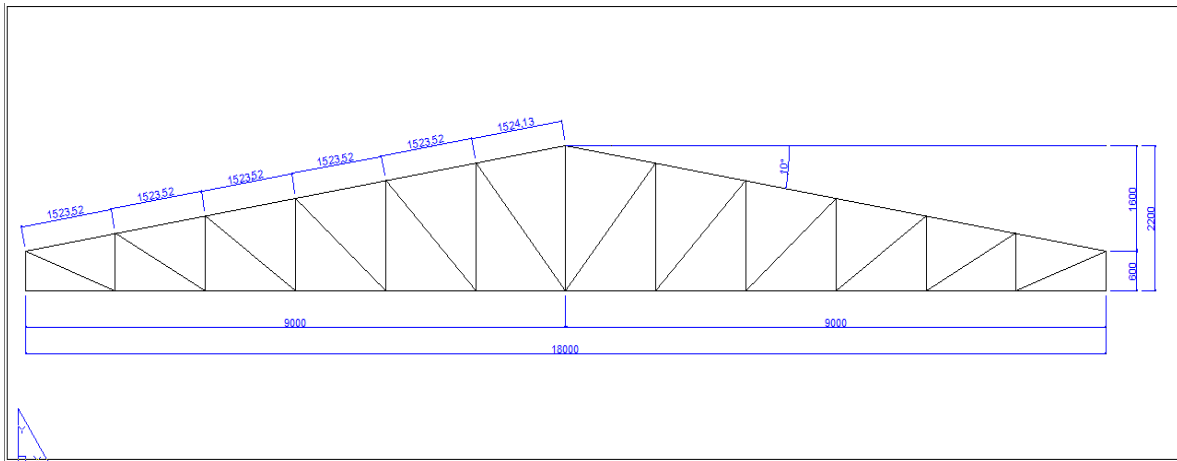
- Brida Superior
- Brida Inferior
- Montantes
- Diagonales

El cálculo para la selección de material y secciones de cada uno de los componentes se verá más adelante, en este punto estableceremos ángulo de inclinación que tendrá respecto a la horizontal el cual será un valor recomendado de  $10^\circ$ , consideramos también que ira articulado a la columna mediante pernos de sujeción que serán calculado en lo posterior, el tijeral contara con bridas laterales que servirá de sujeción a la columna de una altura tentativa de 600mm (su verificación se verá más adelante), así mismo la separación entre correas tendrá un valor tentativo de 1.5m aproximadamente de separación cada una. Por lo tanto nuestro tijeral queda definido de la siguiente manera:

$$H_{tijeral} = 600mm + 9000mm \times tg10^\circ$$

$$H_{tijeral} = 2186mm \text{ redondeando}$$

$$H_{tijeral} = 2200mm$$



*Figura. III-10 Idealización de tijeral*

### **3.1.1. D.5.-Altura Tentativa de la nave para cancha de nitratos.**

Para optar por una altura que nos garantice la total comodidad en la descarga de los big bags del camión plataforma y el traslado a la tolva de carga de la faja transportadora es que nos pondremos en estos dos casos de análisis para lograr una altura tentativa.

#### **3.1.1. D.5.1.- Des carguío de big bags de camión plataforma:**

Los camiones plataforma con una altura de 1400mm transportan big bags en dos filas un sobre otra teniendo un total 2200mm de altura y considerando un ángulo de las orejas de izaje de 60° obtenemos una altura desde el nivel de terreno a las ménsulas:

*Altura a la ménsula=altura plataforma camión + altura de dos big*

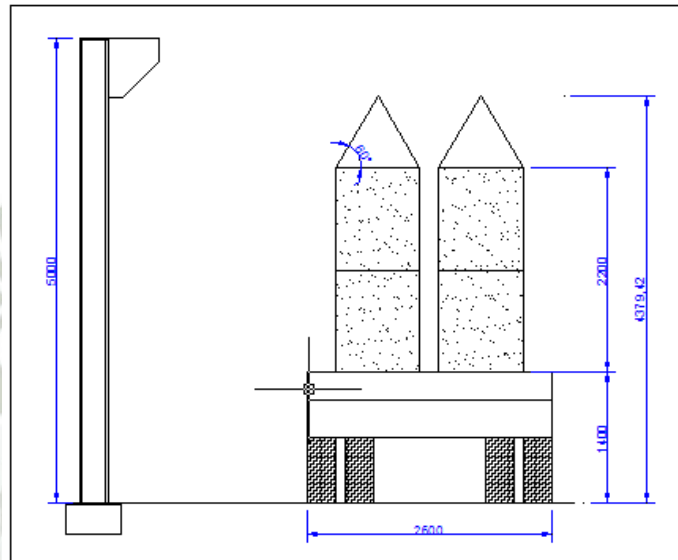
$$bags+ ((ancho\ del\ big\ bag)/2)*tg60^{\circ}$$

$$\text{Altura a la mensula} = 1400 + 2200 + 450 \times \text{tg} 60^\circ$$

$$\text{Altura a la mensula} = 4379,42\text{mm redondeo}$$

$$\text{Altura a la mensula} = 5000\text{mm}$$

Como se muestra en la figura, observamos que la altura a la ménsula será considerada a 5000mm de la base.

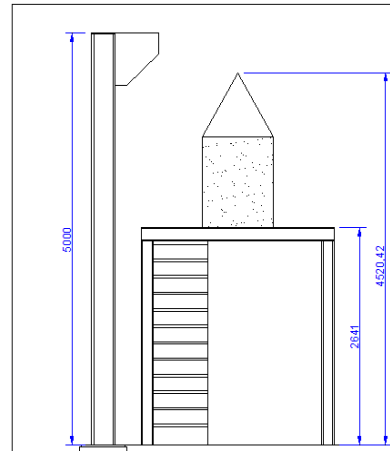


*Figura. III-11 Des carguío de big bags*

### **3.1.1. D.5.2.- Traslado a la tolva de carga:**

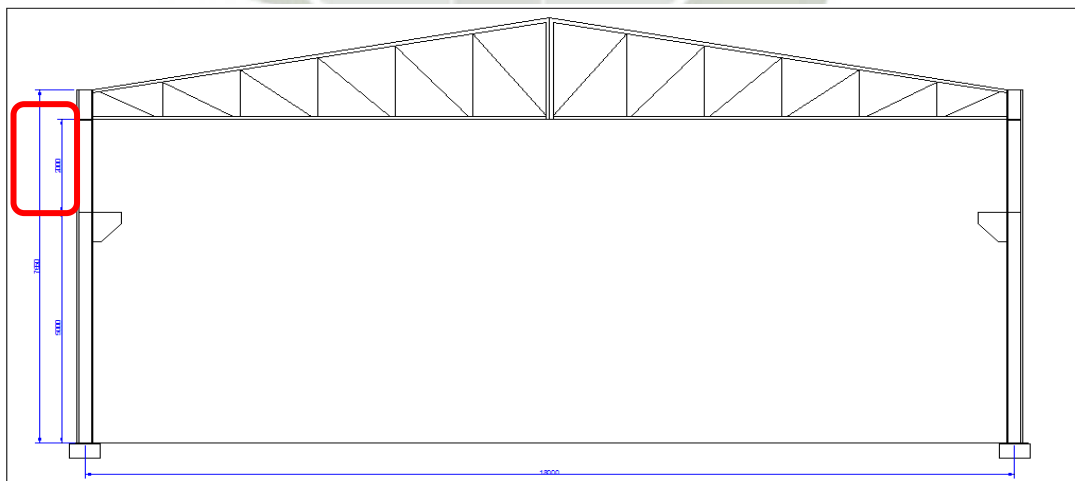
Consideramos también la altura tentativa para la plataforma de la tolva de carga el cual será de 2700mm aproximadamente, colocando un big bag sobre este obtenemos una altura total de aproximada de 4500 por lo cual refuerza nuestra hipótesis de tomar una altura de 5000mm del nivel de suelo a la ménsula, dicho bosquejo lo apreciamos en la figura:





*Figura. III-12 Colocación de big bag sobre plataforma para la tolva de carga*

Así mismo habíamos observado que en el catálogo ABUS, en la selección de polipasto, nos recomendaban una altura de 1770mm desde el gancho hasta el nivel de la estructura del techo, para tener una mayor seguridad en esta medida ampliaremos a 2000mm desde el nivel de la ménsula al nivel de la estructura del tijeral tal como se muestra en la figura:



*Figura. III-13 Colocación de big bag sobre plataforma para la tolva de carga*

Por lo tanto la altura de la nave está definida por:

$$\text{Altura de la nave} = \text{Altura a la ménsula} + \text{altura de la ménsula al tijeral} + \\ \text{altura del tijeral}$$

$$\text{Altura de la Nave} = 5000\text{mm} + 2000\text{mm} + 2200\text{mm}$$

$$\text{ALTURA DE LA NAVE} = 9200\text{mm}$$

### 3.1.2.- Normas y Códigos.

Las normas tomadas en cuenta para los cálculos estructurales del presente proyecto son:

- Reglamento Nacional de Estructuras (RNE)
  - Norma E.020 Cargas.
  - Norma E.030 Diseño Sismo Resistente.
  - Norma E.090 Estructura Metálicas.
  - CMAA 74-2010.
- Manual LRFD.
- Manual ASD.
- Manual AISC.

### 3.1.3.-Definición de Cargas actuantes en la Estructura

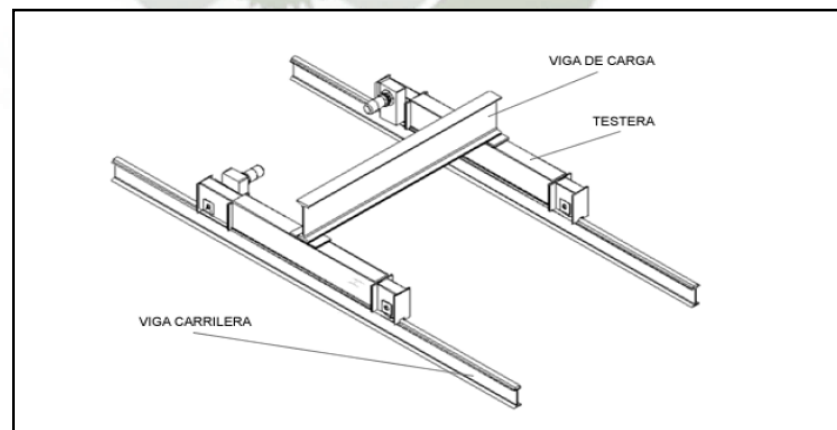
#### 3.1.3.1.- Carga Muerta (*D*).

Es la carga vertical debido al peso de varios miembros estructurales y de todos los componentes no estructurales que se hallan de manera permanente fijos a la estructura.

- Los pesos de la estructura son considerados en el programa Sap 2000.
- Se considera una cobertura del tipo TR-4 (peso aproximado: 5 kg/m<sup>2</sup>) para un espesor de 0.5 mm en el techo tentativamente, la misma que será corroborada en lo posterior mediante el cálculo de correas y selección de coberturas.
- Carga por componentes de puente grúa como se representa en la tabla.

Descripción	Viga Monorriel	Polipasto	Testero	<b>Peso total (Kg)</b>
Peso (Kg)	1720	363	618	<b>2701</b>

*Tabla. III-6.- Pesos de los componentes para un puente grúa de 3200kg*



*Figura. III-14 Componentes para un puente grúa.*



### 3.1.3.2.- Carga Viva Techo ( $L_r$ ).

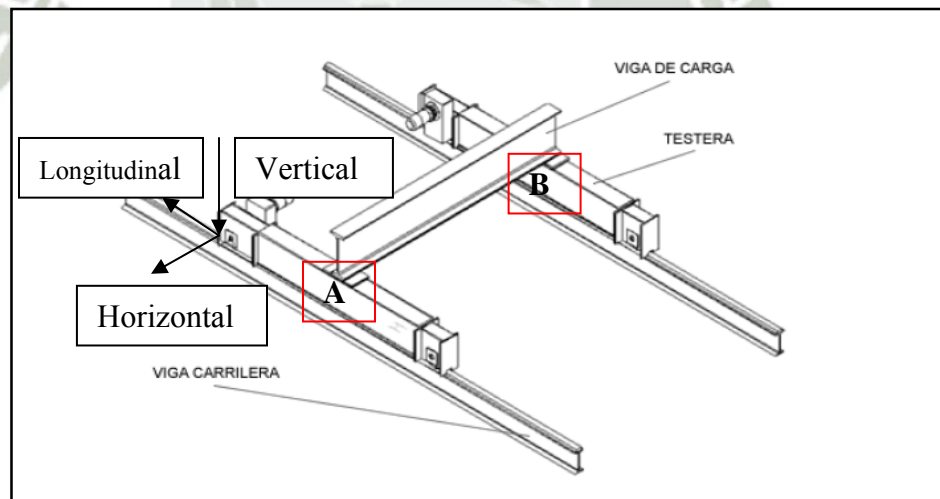
Según el RNC E-020, La carga viva de techo que corresponde a un techo del tipo inclinado es:

- LIVE ROOF= 30 Kg/m<sup>2</sup>.

### 3.1.3.3.- Carga Viva Puente Grúa ( $L$ ).

Según EL RNC E-020, se considerará la siguiente distribución de cargas de acuerdo a al eje correspondiente:

- Cargas Verticales: Se considera un 25% de impacto.
- Cargas Horizontales: Se considera un 20%
- Cargas Longitudinales: Se considera un 10%



*Figura. III-15 Distribución de cargas*

Se analizara en dos posiciones de carga:

- Posición 1: Carga al extremo del monorriel.

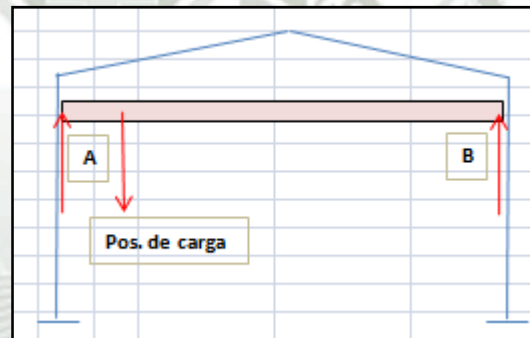
- Posición 2: Carga al medio del monorriel.

Considerando una Carga Total de: Carga Monorriel + Capacidad de carga

Carga Total= 2701kg + 3000kg = 5701 kg, añadiendo el 25% de impacto  
tenemos:

$$\text{Carga Total} = 1.25 * 5701 \text{ kg} = 7126.25 \text{ kg}$$

- **POSICIÓN 1:** Al colocar la carga a un extremo está no llega siempre al final de la carrera, por catalogo vemos el valor de L1 que para nuestro caso es de 970mm como se muestra en la figura.



*Figura. III-16 Posición 1*

- $R_A + R_B = 7126.25$

- $\sum M_A = 0$

$$18R_B - 7126.25\text{kg}(0.97\text{m}) = 0$$

$$R_B = 384.025\text{Kg}$$

$$R_A = 6742.22\text{Kg}$$

En cada lado del testero se ubican dos ruedas como se muestra en la figura por lo cual la reacción hallada en el paso anterior se tendrá que dividir entre dos obteniendo los valores de las reacciones en cada rueda, así tenemos:

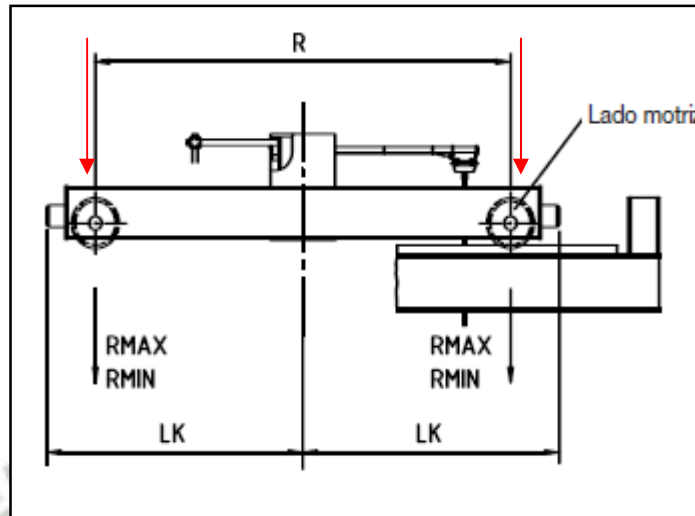


Figura. III-17 Reacciones en las ruedas del testero

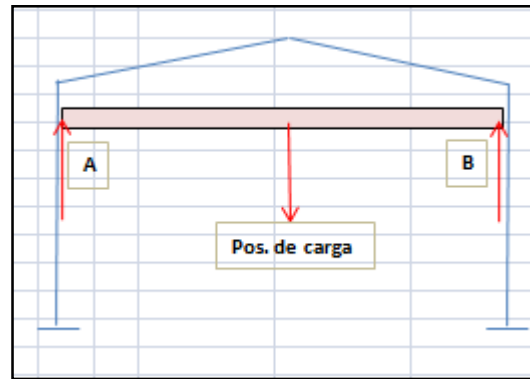
$$R'_A = \frac{6742.22 \text{ Kg}}{2} = 3371.11 \text{ kg}$$

$$R'_B = \frac{6742.22 \text{ Kg}}{2} = 3371.11 \text{ kg}$$

Por lo tanto la carga horizontal y longitudinal por rueda queda definida:

- Carga Horizontal=20%(3371.11kg)=674.22kg.
  - Carga Horizontal=10%(3371.11kg)=337.11kg.
- **POSICIÓN 2:** Para la posición 2 consideraremos la carga en el centro del pórtico





*Figura. III-18 Posición 2*

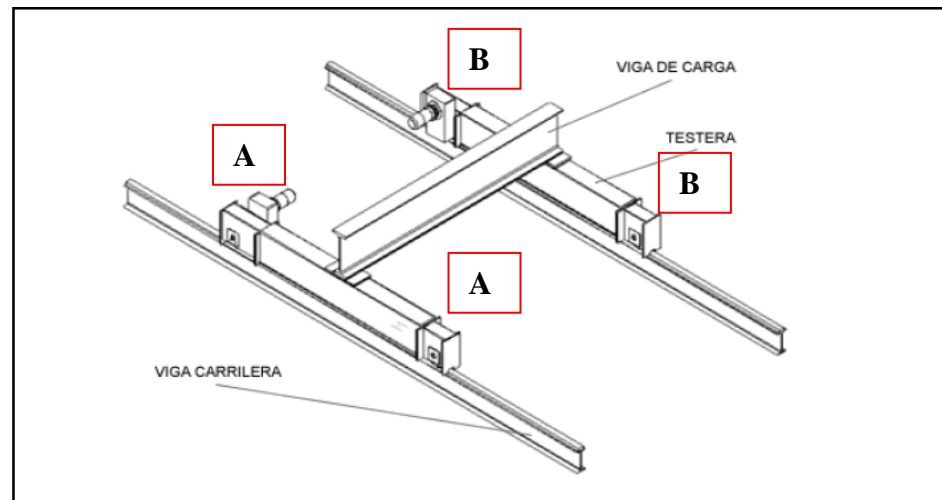
Dada la simetría de la posición dividimos la carga entre las cuatro ruedas del carro testero obteniendo:

$$R'_A = R'_B = \frac{7126.25 \text{ Kg}}{4} = 1781.56 \text{ kg}$$

Por lo tanto la carga horizontal y longitudinal por rueda queda definida:

- Carga Horizontal=20%(1781.56kg)=356.31kg.
- Carga Horizontal=10%(1781.56kg)=178.156kg.

En resumen elaboramos una tabla de cargas en las dos posiciones y escogeremos la más crítica para nuestro análisis:



*Figura. III-19 Distribución de cargas por rueda*

Descripción	POSICIÓN 1 (Carga por rueda)		POSICIÓN 2 (Carga por rueda)	
	A	B	A	B
Carga Vertical	<b>3371.11 kg</b>	192.01 kg	1781.56 kg	1781.56 kg
Carga Horizontal	<b>674.22 kg</b>	38.40 kg	356.31 kg	356.31 kg
Carga Longitudinal	<b>337.11 kg</b>	19.20 kg	178.156 kg	178.156 kg

*Tabla III-7.- Distribución de cargas por rueda*

Como apreciamos en la posición 1 zona “A” es donde las ruedas tendrán mayor carga.

### 3.1.3.4.- Carga de Viento (W).

#### 3.1.3.4.1- Velocidad de Diseño.

Definiendo la velocidad de diseño tendremos:

$$V_h = V \times \sigma$$

Donde:

- $V_h$ : Velocidad corregida del viento en km/h
- $V$ : Velocidad instantánea máxima del viento en km/h, registrada a 10m de altura sobre el terreno.
- $\sigma$ : Coeficiente de corrección (ver Tabla)

**A.- Coeficiente de corrección:**

- Teniendo una altura de la nave de 9m
- Categoría A: Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.
- Seleccionamos un coeficiente de corrección igual a 1.00 (uno).

COEFICIENTE DE CORRECCION $\sigma$			
ALTURA (m)	SIN OBSTRUCCIÓN (Categoría A)	OBSTRUCCIÓN BAJA (Categoría B)	ZONA EDIFICADA (Categoría C)
5	0,91	0,86	0,80
10	1,00	0,90	0,80
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Categoría A: Edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos  
 Categoría B: Edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio, hasta 10 m.  
 Categoría C: Zonas urbanas con edificios de altura.

Fig. N° Tabla de Coeficiente de Corrección para calculo de velocidad de diseño según Norma E .020



## B.- Mapa Eólico del Perú para la selección de Velocidad instantánea máxima (V).

Observando el mapa eólico del Perú y principalmente en la región Cusco provincia de Espinar se puede apreciar que el valor de la velocidad instantánea máxima es de 110km/h. Ver

Anexo B

Obteniendo los resultados de la Norma E.020 reemplazamos, así obtenemos:

$$V_h = V \times \sigma$$

$$V_h = 110 \frac{km}{h} \times 1.00$$

$$V_h = 110 \frac{km}{h}$$

### 3.1.3.4.2- Calculo de Presión de viento.

Consideramos dos casos en la presión de viento:

- Cuando la dirección del viento es perpendicular a los pórticos de la estructura la cual denominamos  $W_x$ .

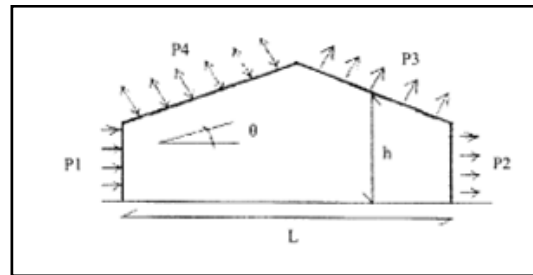


Figura. III-20 Dirección del viento perpendicular al pórtico.

- b) Cuando la dirección del viento es paralela a los pórticos de la estructura la cual denominamos Wy.

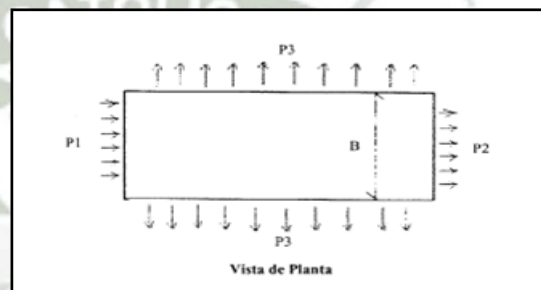


Figura. III-21 Dirección del viento perpendicular al pórtico.

Según el RNC E.020 La carga de viento se calcula como sigue:

$$P_h = 0.005 \times C \times V_h^2$$

Donde:

- $P_h$ : Presión o succión del viento a una altura "h" en  $kgf/m^2$
- $V_h$ : Velocidad corregida del viento en  $km/h$
- $C$ : Factor de forma a dimensional (ver Tabla 4)

**TABLA 4  
FACTORES DE FORMA (C) \***

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3-0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7-0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales ó inclinadas (planas ó curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Caso A

Caso B

Figura. III-22 Factores de forma C

Aplicando la formula obtenemos el siguiente cuadro, calculado con los tres parámetros de C según lo obtenido en tabla seria:

$$P_h = 0.005 \times C \times V_h^2$$

$$V_h = 110 \frac{km}{h}$$

$$P_h = 60.5 \times C$$

Dirección del Viento		Factor de forma "C"	$P_h$ (kgf/m <sup>2</sup> )
Caso A Wx.	Barlovento	C = 0.3	18.15 kgf/m <sup>2</sup>
		C = - 0.7	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>
	Sotavento	C = - 0.6	-36.3 kgf/m <sup>2</sup>
Caso B Wy.	Barlovento	C = - 0.7	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>
	Sotavento	C = - 0.7	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>

Tabla. III-8.- Valores de carga de viento



Analizando los resultados y para aplicarlos en la combinación de cargas según método LFRD tenemos los siguientes valores:

Dirección de viento	Barlovento	Sotavento
$W_{x1}$	18.15 kgf/m <sup>2</sup>	-36.3 kgf/m <sup>2</sup>
$W_{x2}$	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>	-36.3 kgf/m <sup>2</sup>
$W_{y1}$	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>

Tabla. III-9.- Resumen de Valores de carga de viento

### 3.1.3.5.- Carga de Nieve (S).

El valor registrado en la zona tiene una carga básica de nieve sobre el suelo ( $Q_s$ ) de 40 kgf/m<sup>2</sup>, registrado también en la norma RNC E.020.

Según la RNC E.020 se tiene que para techos a una o dos aguas con inclinaciones menores o iguales a 15° (pendiente  $\leq 27\%$ ) la carga de diseño (S), sobre la proyección horizontal, será:

$$Q_s = S$$

Por lo tanto:

$$S = 40 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

### 3.1.3.6.- Carga de diseño Sismo Resistente (E).

Se basará en la RNC E.030, el diseño sismo resistente consiste en:

- Evitar pérdidas de vidas.
- Minimizar los daños a la propiedad.

Para realizar el estudio sismo resistente, estableceremos ciertos parámetros que serán verificados con la RNC E.030, de acuerdo a la ubicación de la Nave para Cancha de Nitratos.

#### 3.1.3.6. A.- Zonificación para la Nave de Cancha de Nitratos

La ubicación de la Nave queda Las instalaciones del Campamento Minero de Tintaya están ubicadas en la sierra Sur del Perú, en el departamento del Cusco, Provincia y Distrito de Espinar aproximadamente a 4100 msnm. Por lo cual se considera una zona 2 de acuerdo al mapa de zonificación del Perú, con un factor de zona (Z) de 0.3 de acuerdo a tabla 1 de la norma RNC E.030.

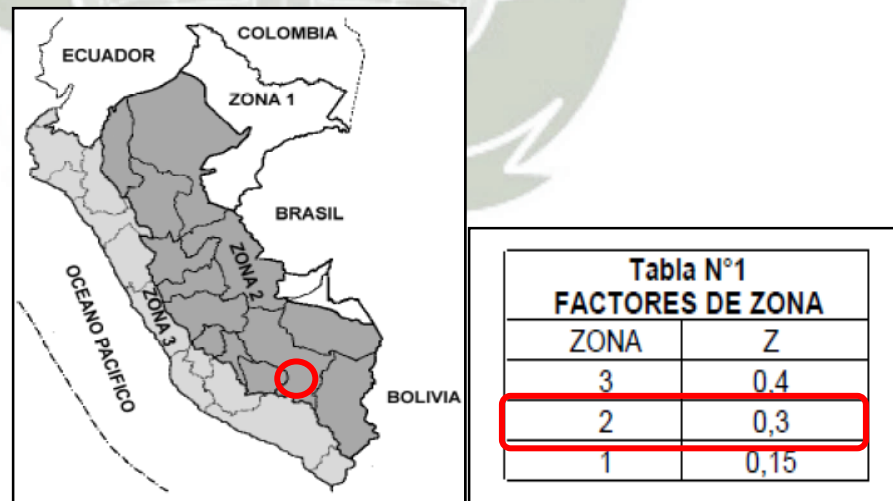


Figura. III-23 Mapa de Zonificación Sísmica y Factores de ZONA

### 3.1.3.6. B.- Selección de la Categoría de Edificación

Cada estructura debe ser clasificada de acuerdo con la categoría indicada en la tabla N°3 de la norma RNC E.030, en el cual seleccionaremos el coeficiente de uso e importancia (*U*) así tenemos un valor de 1.5 para nuestro caso seleccionándolo como categoría A de edificaciones esenciales al ser depósito de material inflamable:

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

*Figura. III-24 Categoría de edificaciones*



### 3.1.3.6. C.- Condiciones Geotécnicas

La ubicación de la Nave para Cancha de nitratos es sobre terreno suelto de relleno y compactado considerándolo como suelo flexible para lo cual de acuerdo a las condiciones geotécnicas de la norma RNC E.030 tenemos de la siguiente tabla que:

- El valor de factor de amplificación del suelo es:  $S=1,4$
- El valor del Periodo que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo es:  $T_p=0,9$

Tipo	Descripción	$T_p$ (s)	S
$S_1$	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
$S_2$	Suelos intermedios	0,6	1,2
$S_3$	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
$S_4$	Condiciones excepcionales	*	*

*Figura. III-25 Parámetros de Suelos*

### 3.1.3.6. D.- Coeficiente de reducción de fuerza sísmica.

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructura sismo resistente predominante tal y como se usa en la Tabla N°6 de la norma RNC E.030, consideramos un valor de  $R=9.5$  para nuestros cálculos.

Tabla N° 6 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
Acero Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9,5
Otras estructuras de acero: Arriostres Excéntricos. Arriostres en Cruz.	6,5 6,0
Concreto Armado Pórticos <sup>(1)</sup> . Dual <sup>(2)</sup> . De muros estructurales <sup>(3)</sup> . Muros de ductilidad limitada <sup>(4)</sup> .	8 7 6 4
Albañilería Armada o Confinada <sup>(5)</sup> .	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Figura. III-26 Sistemas estructurales

### 3.1.3.6. E.- Cálculo de periodo fundamental (T).

El Periodo fundamental para cada dirección se estimara con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

- $h_n$ : Altura del edificio = 9.2 m.
- $C_T = 35$ , para edificios cuyos elementos resistentes sean únicamente pórticos de acuerdo al RNC E.030.

Por lo tanto:

$$T = \frac{9.2}{35}$$

$$T = 0.26$$

### 3.1.3.6. F.- Factor de Amplificación Sísmica (C).

Está definida por la siguiente expresión:

$$C = 2.5 \left( \frac{T_P}{T} \right); C \leq 2,5$$

$$C = 2.5 \left( \frac{0.9}{0.26} \right)$$

$$C = 8.65 \leq 2.5 \text{ FALSO}$$

Como el valor máximo de C no puede ser mayor a 2.5, tomaremos el mayor permisible de acuerdo a norma, así tenemos que:

$$C=2.5$$

### 3.1.3.6. G.-Aceleración espectral ( $S_g$ )

La fuerza cortante en la base está definida por la siguiente expresión:

$$S_g = \frac{ZUCS}{R}$$

Donde los valores ya definidos son:

- $Z=0.3$
- $U=1.5$
- $C=2.5$
- $S=1.4$
- $R=9.5$

Reemplazamos tenemos:

$$S_g = \frac{0.3 \times 1.5 \times 2.5 \times 1.4}{9.5}$$

$$S_g = 0.16$$

### 3.1.3.7.- Combinación de cargas método LRFD.



De acuerdo al método LRFD establecido también en la norma RNC E.090:

tenemos seis combinaciones bien definidas:

I):  $1,4D$

II):  $1,2D+1,6L+0,5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$

III):  $1,2D+1,6(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)+(0,5L \text{ ó } 0,8W)$

IV):  $1,2D+1,3W+0,5L+0,5(Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$

V):  $1,2D\pm 1,0E+0,5L+0,2S$

VI):  $0,9D\pm(1,3W \text{ ó } 1,0E)$

Donde:

- D: Carga muerta, considera peso de la estructura y el peso de la cobertura por metro cuadrado
- L: Carga Viva del puente grúa.
- Lr: Carga Viva de techo.
- S: Carga de Nieve.
- R: Carga de lluvia la cual no es considerada al ser el galpón a dos aguas.
- W: Carga de viento el cual se divide en las siguientes componentes:

Dirección de viento	Barlovento	Sotavento
$W_{x1}$	$18.15 \text{ kgf/m}^2$	$-36.3 \text{ kgf/m}^2$
$W_{x2}$	$-42.35 \text{ kgf/m}^2$	$-36.3 \text{ kgf/m}^2$
$W_{y1}$	$-42.35 \text{ kgf/m}^2$	$-42.35 \text{ kgf/m}^2$

Tabla. III-9.- Resumen de Valores de carga de viento

- E: Carga de Sismo las cuales se dividen en dos componentes:
  - Ex: Sismo en eje x.
  - Ey: Sismo en eje y.

Al combinar las cargas se obtienen las siguientes combinaciones:

- **Combo 1:** 1.4D
- **Combo 2:** 1.2D+1.6L+0.5S(Escogimos el valor de “S” por ser el más crítico)
- **Combo 3:** 1,2D+1,6S+0,5L
- **Combo 4:** 1,2D+1,6S+0,8W<sub>x1</sub>
- **Combo 5:** 1,2D+1,6S+0,8W<sub>x2</sub>
- **Combo 6:** 1,2D+1,6S+0,8W<sub>y1</sub>
- **Combo 7:** 1,2D+1,3W<sub>x1</sub>+0,5L+0,5S
- **Combo 8:** 1,2D+1,3W<sub>x2</sub>+0,5L+0,5S
- **Combo 9:** 1,2D+1,3W<sub>y1</sub>+0,5L+0,5S
- **Combo 10:** 1,2D+1,0E<sub>x</sub>+0,5L+0,2S
- **Combo 11:** 1,2D-1,0E<sub>x</sub>+0,5L+0,2S
- **Combo 12:** 1,2D+1,0E<sub>y</sub>+0,5L+0,2S
- **Combo 13:** 1,2D-1,0E<sub>y</sub>+0,5L+0,2S
- **Combo 14:** 0,9D+1,3W<sub>x1</sub>
- **Combo 15:** 0,9D+1,3W<sub>x2</sub>
- **Combo 16:** 0,9D+1,3W<sub>y</sub>
- **Combo 17:** 0,9D-1,3W<sub>x1</sub>

- **Combo 18:**0,9D-1,3Wx2
- **Combo 19:**0,9D-1,3Wy
- **Combo 20:**0,9D+Ex
- **Combo 21:**0,9D+Ey
- **Combo 22:**0,9D-Ex
- **Combo 23:**0,9D-Ey





### 3.1.4.- Cálculo estructural y Pre selección dimensional de los materiales.

#### 3.1.4.1.- Cálculo y diseño de correas.

Analizamos las cargas que actuarán sobre las correas.

Todas las Cargas están en kg/m <sup>2</sup>	Carga Muerta Peso de Cobertura	Carga Nieve	$W_{x1}$	$W_{x2}$	$W_y$	TOTAL (Kg/m <sup>2</sup> )
<b>Combo 1</b>	5	40	18	-	-	63
<b>Combo 2</b>	5	40	-	-36.2	-	8.8
<b>Combo 3</b>	5	40	-	-	-42.35	2.65

Tabla. III-10.- Combinación de cargas para correas

Seleccionamos el COMBO 1 por ser la más crítica siendo de  $63 \frac{kg}{m^2}$ , para efectos de cálculo tomaremos un valor de 1,5m de separación entre correas debido a los siguientes criterios:

- Si la longitud de separación entre las correas fuesen  $\leq 1.5m$  implicaría aumentar la cantidad de correas por lo cual aumentaríamos nuestra carga en el tijeral.
- Si la longitud fuese  $\geq 2m$  tendríamos que seleccionar una correa más robusta por lo cual también aumentaríamos el peso sobre el tijeral e incremento de costos.
- Mencionada medida nos facilitara en la selección de la cobertura.

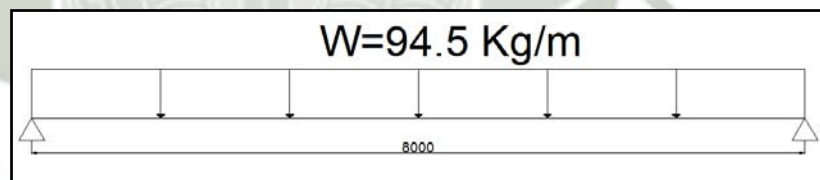
Aplicando nuestro parámetro de longitud tenemos una carga lineal uniformemente distribuida como sigue:

$$W = \text{Carga} \times \text{longitud entre correas}$$

$$W = 63 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \times 1.5\text{m}$$

$$W = 94.5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

De la misma forma definimos la distancia entre columnas siendo de 8m dicha separación para analizar el comportamiento de la correa a lo largo, por ende calculamos el momento máximo, al inicio NO consideraremos el peso propio de la correa para obtener un valor tentativo, una vez seleccionada la correa podemos realizar una iteración para corroborar los cálculos pero considerando ya su propio peso.



*Figura. III-27 Distancia de correas entre tijerales*

$$M_{\max} = \frac{wL}{2} * X - \frac{wX^2}{2}$$

$$X = \frac{L}{2}$$

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{4} - \frac{wL^2}{8} = \frac{wL^2}{8}$$

$$L = 8m$$

$$W = 94.5 \frac{kg}{m}$$

$$M_{\max} = \frac{94.5 \times 8^2}{8} kg.m$$

$$M_{\max} = 756 kg.m \times \frac{86.8lb \cdot pu \lg}{kg.m} \times \frac{Klb \cdot pu \lg}{1000lb \cdot pu \lg}$$

$$M_{\max} = 65.62 Klb \cdot pu \lg$$

Obteniendo el momento, analizamos los esfuerzos de diseño, considerando un factor de seguridad (N=2) un esfuerzo a la cedencia de ( $S_y=36ksi$ )

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} = \frac{36ksi}{2}$$

$$\sigma_d = 18ksi$$

Analizamos el esfuerzo de diseño con la relación que tiene con el modulo de sección S con la siguiente fórmula:

$$\sigma_d = \frac{M_{\max}}{S} \quad \text{despejando}$$

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_d} = \frac{65.62klb \cdot pu \lg}{18 \frac{klb}{pu \lg^2}}$$

$$S = 3.64 pu \lg^3 \left( \frac{2.54cm}{pu \lg} \right)^3$$

$$S = 59.7cm^3$$



De acuerdo a manual IMCA (Ver Anexo C) seleccionamos una correa en perfil C formado en frío: Canal C8x10 con un peso de 10.17kg/m y un modulo de sección de  $78,87 \text{ cm}^3$ , teniendo el peso del canal tentativo procedemos a corroborar el canal seleccionado el cual nos debe dar un modulo de sección menor al de tabla así tenemos que:

$$M_{\max} = \frac{wL}{2} * X - \frac{wX^2}{2}$$

$$X = \frac{L}{2}$$

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{4} - \frac{wL^2}{8} = \frac{wL^2}{8}$$

$$L = 8m$$

$$W = 94.5 \frac{\text{kg}}{m} + 10.17 \frac{\text{kg}}{m}$$

$$M_{\max} = \frac{104.67 \times 8^2}{8} \text{ kg.m}$$

$$M_{\max} = 837.36 \text{ kg.m} \times \frac{86.8 \text{ lbf} \cdot \text{pu lg}}{\text{kg.m}} \times \frac{\text{Klbf} \cdot \text{pu lg}}{1000 \text{ lbf} \cdot \text{pu lg}}$$

$$M_{\max} = 72.68 \text{ Klbf} \cdot \text{pu lg}$$

Con el modulo de sección diseñado de  $78.87 \text{ cm}^3$  de acuerdo a tablas, comprobamos:

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_d} = \frac{72.68 \text{ klbf} \cdot \text{pu lg}}{18 \frac{\text{klbf}}{\text{pu lg}^2}}$$

$$S = 4.03 \text{ pu lg}^3 \left( \frac{2.54 \text{ cm}}{\text{pu lg}} \right)^3$$

$$S = 66.19 \text{ cm}^3 \leq 78.87 \text{ cm}^3 \dots\dots OK$$

### 3.1.4.2- Selección de cobertura.

Dentro de la amplia gama de coberturas, seleccionamos la marca PRECOR por su amplia variedad en coberturas, de la misma manera analizamos los tipos que nos ofrecen esta marca y sus ventajas, así pues observamos que el tipo PRECOR TR-4 nos ofrece una mayor cantidad de ventajas como:

- Fácil y rápido de instalar debido a ser más ligeras que otros tipos.
- Completa línea de accesorios, sellos y fijaciones.
- Excelente acabado arquitectónico.
- Ahorro en estructura portante.
- Mayor rigidez y resistencia estructural.
- Menor costo que otros tipos.

Para escoger el espesor consideramos la siguiente combinación de las únicas cargas sobre el techo:

Todas las Cargas están en kg/m <sup>2</sup>	Carga Nieve	Carga Viento Barlovento	Carga Viento Barlovento	Carga Viento Sotavento	TOTAL (Kg/m <sup>2</sup> )
Combo 1	40	18	-	-	58
Combo 2	40	-	-42.35	-	-2.35
Combo 3	40	-	-	-36.2	3.8

*Tabla. III-11.- Combinación de cargas para selección de coberturas*

Al analizar las cargas escogemos el Combo 1 con un valor de 58kg/m<sup>2</sup>. El cual será afectado por nuestro factor de seguridad N=2 por lo que tenemos:

$$Carga\ de\ selección = combinación\ de\ cargas \times N$$

$$Carga\ de\ selección = 58\ \frac{kg}{m^2} \times 2$$

$$Carga\ de\ selección = 116\ \frac{kg}{m^2}$$

De tablas PRECOR TR-4 obtenemos un espesor de 0.45 a 0.5 mm con un peso de 4.30 kg/m<sup>2</sup> el cual nos da un respaldo al dar un valor de 5.00 kg/m<sup>2</sup> como carga de cobertura al inicio.

Si bien por tabla encontramos que para un espesor de 0.4mm obtenemos una capacidad de 117 kg/m<sup>2</sup>, escogeremos un valor más alto para que nos garantice en un 100% nuestro valor tentativo.

**TABLA DE CARGAS (Kg / m<sup>2</sup>)**

Espesor e	Peso del Panel	P										
mm	Kg / m <sup>2</sup>	L (m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

Espesor e	Peso del Panel	P										
mm	Kg / m <sup>2</sup>	L (m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

Espesor e	Peso del Panel	P										
mm	Kg / m <sup>2</sup>	L (m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	334	212	146	107	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	429	273	188	137	104	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	525	334	230	168	127	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	715	455	314	229	173	136	108	--	--	--

\* Acero zincado ASTM A792, AZ 150.  
 \* Las cargas se han calculado considerando que la sección es totalmente efectiva y que la deflexión máxima por carga viva es L/200.  
 \* Las cargas vivas son netas. El peso propio del panel ha sido incluido en la verificación de resistencia y deflexión.  
 \* Largo del panel hasta 12m.

Figura. III-28 Tabla de carga para cobertura tipo TR-4

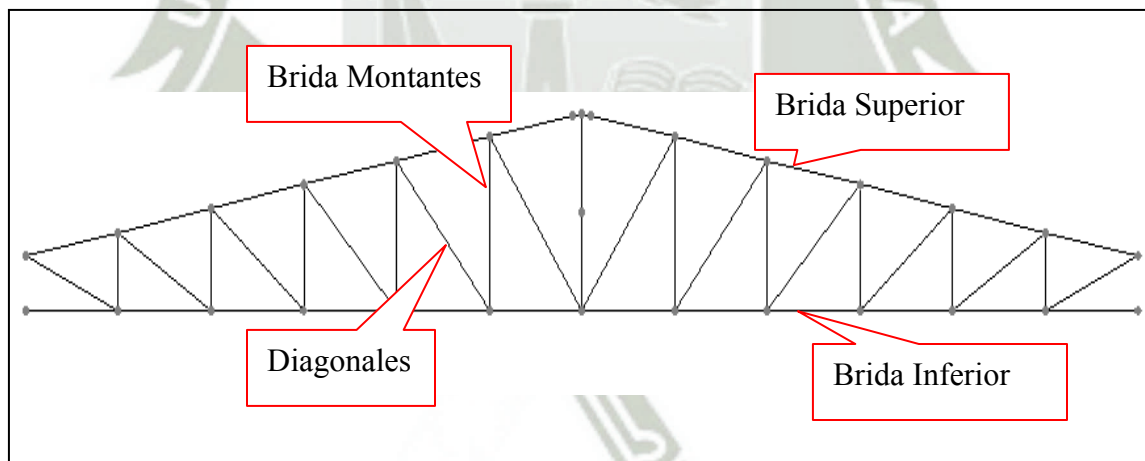


Mayor detalle de la cobertura y sus especificaciones técnicas serán adjuntados en el Anexo D.

### 3.1.4.3- Cálculo y preselección del dimensionamiento del tijeral

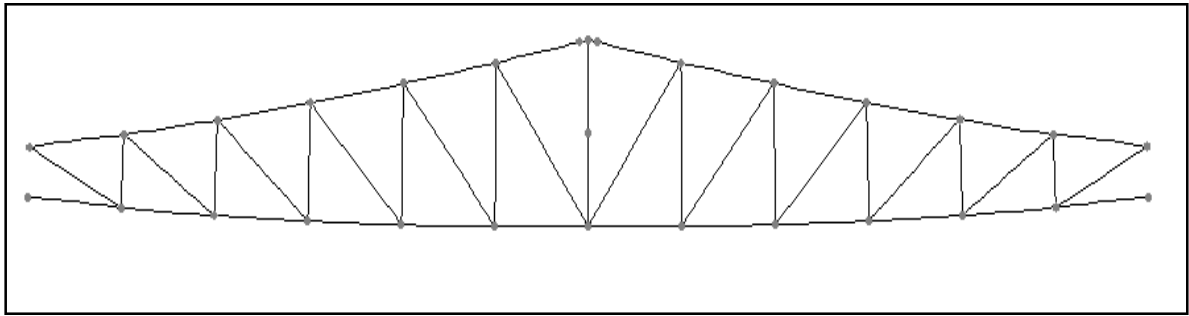
Dentro del diseño estructural hay que definir el comportamiento de los elementos a tensión o compresión para su posterior análisis, de tal forma sabemos que los elementos a compresión se analizarán como columnas, entonces del tijeral se tomara en cuenta cuatro partes bien definidas como son:

- Brida Superior
- Brida Inferior
- Montantes
- Diagonales



*Figura. III-29 Identificación de elementos del tijeral*

De acuerdo a la dirección de las cargas se tendrá que los elementos del tijeral tendrán el siguiente comportamiento para su análisis:

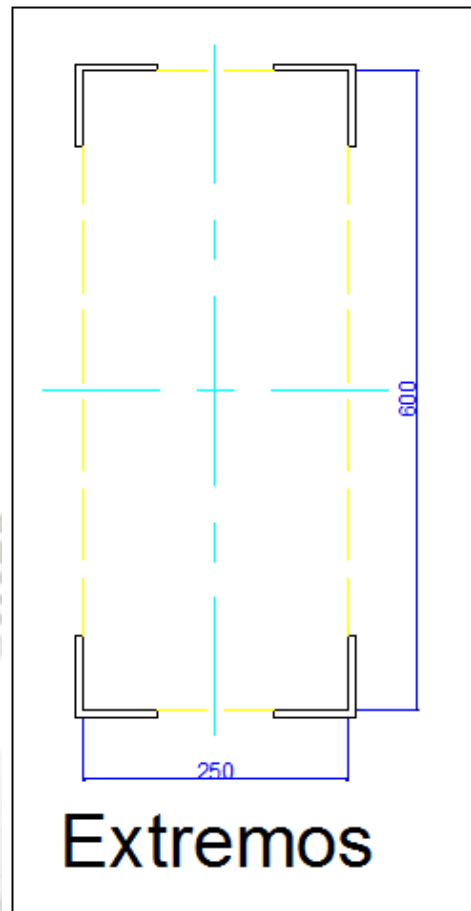


*Figura. III-30 Deformación del tijeral por Cargas*

- Brida Superior a compresión
- Brida Inferior a Tensión
- Montantes a Compresión
- Diagonales a Tensión

Definimos también que las bridas tanto superior como inferior serán compuestas del tipo cajón es decir serán fabricadas con doble ángulo estructural en la dirección opuesto y mostrado formando un cajón en forma variable debido a la geometría del tijeral que va desde 600mm al extremo hasta llegar a 2200 en el medio del tijeral y una separación tentativa de 250mm. Cabe destacar que existen varios modelos de sección para tijerales pero nuestro modelo nos proporciona mayores ventajas debido a sus propiedades geométricas como modulo de sección y el momento de inercia.

De esta manera definimos la sección de nuestro tijeral, tal como se muestra en la figura,



*Figura. III-31 Sección de perfiles del tijeral*

Definimos también las cargas que actuarán sobre el tijeral dentro de un área tributaria:

*Área tributaria:  $A_t = (\text{Ancho de la nave}) * (\text{espacio entre columnas})$*

*Área tributaria:  $A_t = 18m * 8m$*

*Área tributaria:  $A_t = 144m^2$*

En mencionada área tenemos las siguientes cargas:

- Carga Muerta = Peso de la cobertura + Peso de las correas
  - Peso de la cobertura =  $5kg/m^2$



○ Peso de las correas =  $14 \text{ correas} * 10.17 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 8\text{m} * \frac{1}{144\text{m}^2}$

Peso de las correas =  $7.91 \text{ kg/m}^2$

Carga Muerta =  $5\text{kg/m}^2 + 7.91\text{kg/m}^2 = 12.91\text{kg/m}^2$

- Carga de Nieve =  $40\text{kg/m}^2$
- Carga Viva de techo =  $30 \text{ kg/m}^2$
- Carga de viento:

Dirección de viento	Barlovento	Sotavento
<b>Wx1</b>	18.15 kgf/m <sup>2</sup>	-36.3 kgf/m <sup>2</sup>
<b>Wx2</b>	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>	-36.3 kgf/m <sup>2</sup>
<b>Wy1</b>	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>	-42.35 kgf/m <sup>2</sup>

*Tabla. III-9.- Resumen de Valores de carga de viento*

Analizaremos la combinación de las cargas actuantes sobre el tijeral obteniendo:

Carga sobre el tijeral = carga muerta + ( carga viva de techo ó carga de nieve)  
+ carga de viento (barlovento y sotavento)

Se analizara con la carga de nieve por ser de mayor magnitud que la carga viva de techo y por no poder existir simultaneidad entre ambas.

- **Combinación con carga a barlovento:**

- Hipótesis 1 =  $12.91 \text{ kg/m}^2 + 40 \text{ kg/m}^2 + 18.15 \text{ kg/m}^2$
- **Hipótesis 1 = 71.06 kg/m<sup>2</sup>**
- Hipótesis 2 =  $12.91 \text{ kg/m}^2 + 40 \text{ kg/m}^2 - 42.35 \text{ kg/m}^2$

**Hipótesis 2= 10.56 kg/m<sup>2</sup>**

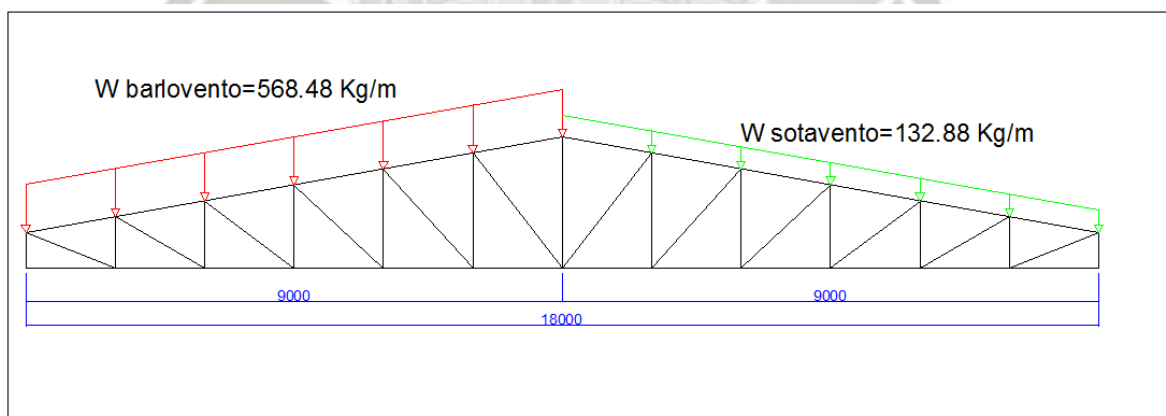
- **Combinación con carga a Sotavento:**

- Hipótesis 3 = 12.91 kg/m<sup>2</sup> + 40 kg/m<sup>2</sup> -36.3 kg/m<sup>2</sup>
- **Hipótesis 3 = 16.61 kg/m<sup>2</sup>**
- Hipótesis 4 = 12.91 kg/m<sup>2</sup> + 40 kg/m<sup>2</sup> - 42.35 kg/m<sup>2</sup>

**Hipótesis 4= 10.56 kg/m<sup>2</sup>**

Seleccionamos los valores críticos de la hipótesis 1 y 3 y los multiplicamos por el espacio entre pórticos (8m) para obtener las cargas distribuidas uniformes en la zona de barlovento y sotavento obteniendo los valores mostrados en la figura:

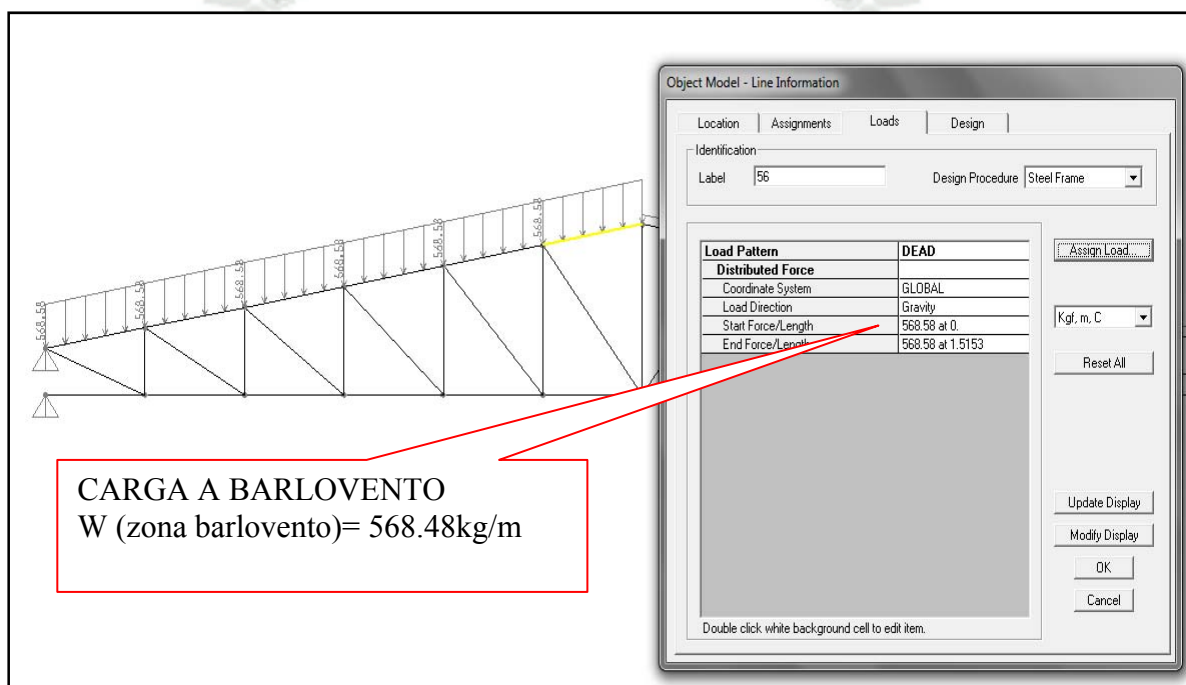
- $W(\text{zona barlovento}) = 71.06\text{kg/m}^2 * 8\text{m} = 568.48\text{kg/m}$
- $W(\text{zona sotavento}) = 16.61\text{kg/m}^2 * 8\text{m} = 132.88\text{kg/m}$



*Figura. III-32 Distribución de cargas*

Insertaremos los valores calculados al programa SAP 2000 con la finalidad de obtener las fuerzas resultantes en tensión y compresión de los elementos, no considerando el peso de los elementos ya que recién serán definidos, por lo tanto consideramos una densidad del material igual a cero.

De esta manera se cargan los datos en el programa SAP 2000 como se muestran en las figuras:



*Figura. III-33 Distribución de cargas a BARLOVENTO*



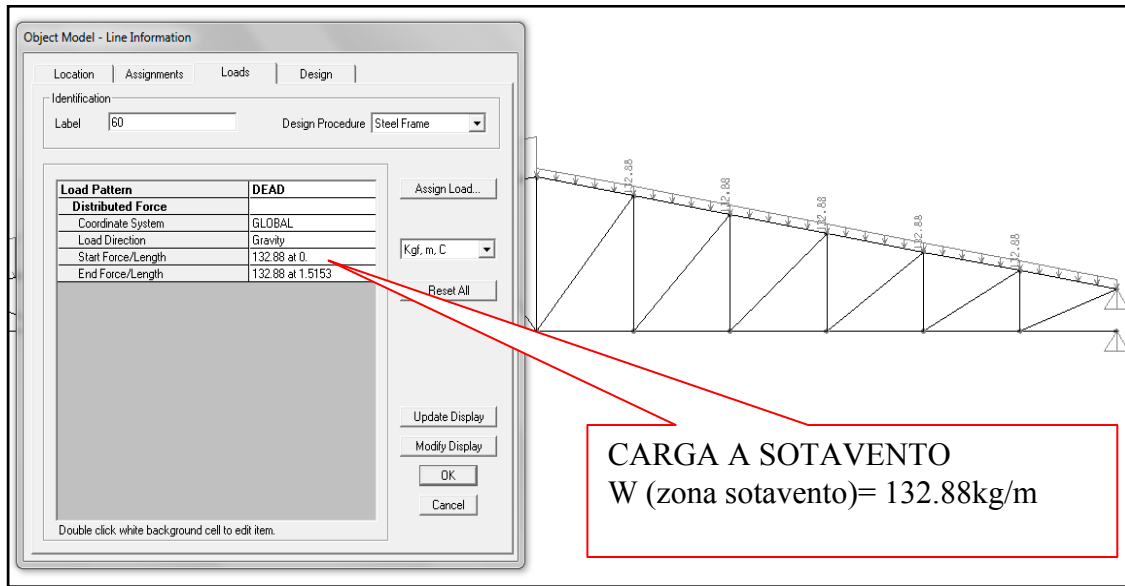


Figura. III-34 Distribución de cargas a SOTAVENTO

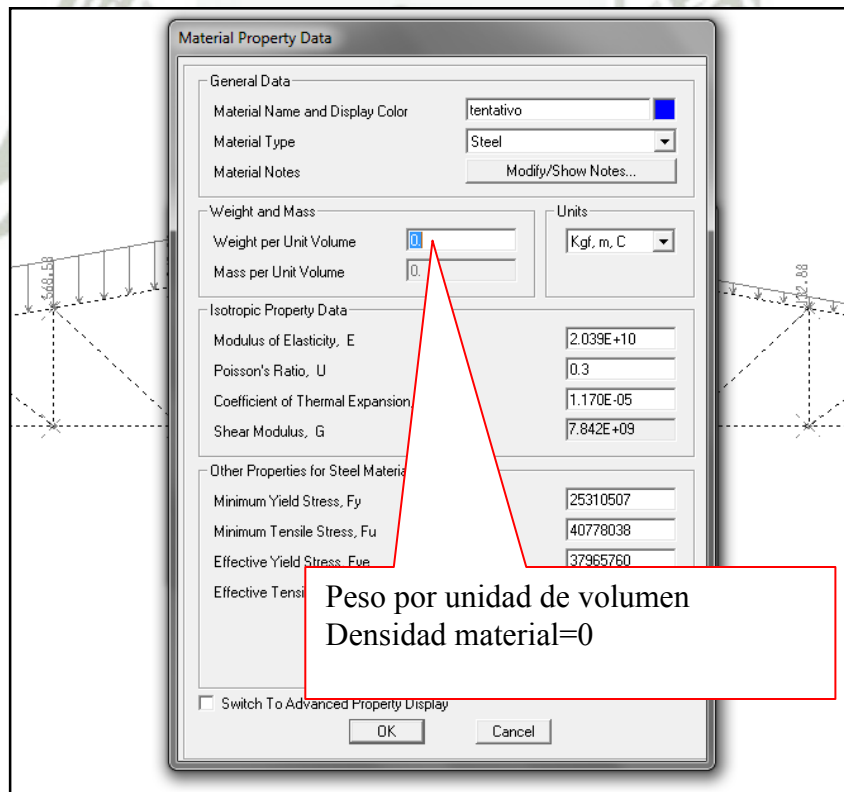


Figura. III-35 Anulación de carga por peso propio

Una vez ingresado los datos de cargas al tijeral obtenemos los diagramas de fuerza a tensión y compresión de toda la armadura. Analizando los resultados obtenidos, seleccionaremos los valores más críticos a en la brida superior e inferior a sí mismos en las diagonales y montantes a COMPRESIÓN debido que el acero resiste menos a compresión. Por lo tanto tenemos:

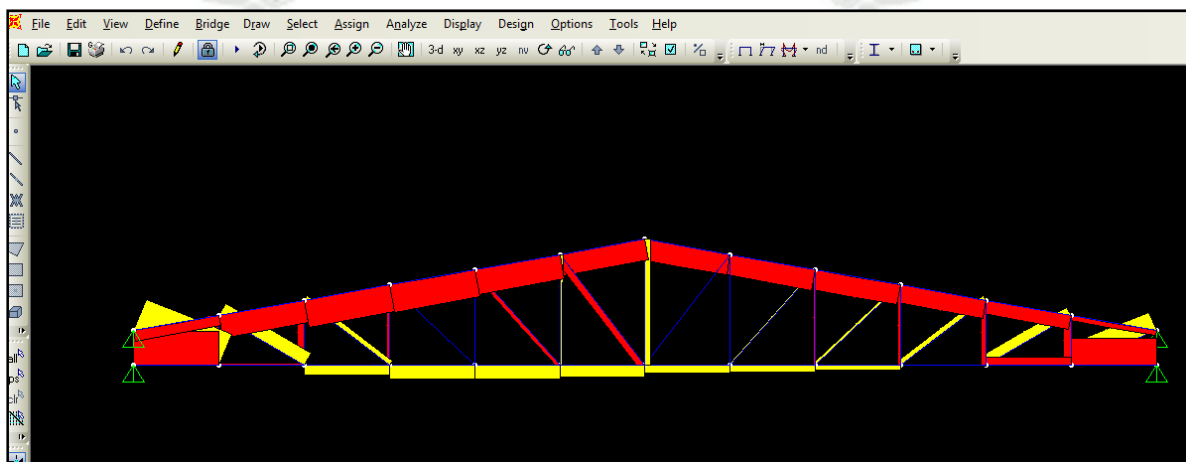


Figura. III-36 Diagrama de Fuerza del tijeral.

Exportando las tablas de resultados obtenemos los valores más críticos a compresión de los elementos:

- **Brida superior e inferior:**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	TABLE: Element Forces - Frames											
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
3	Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Text	m
4	56		DEAD	LinStatic	-615.47	-434.1					56-1	
81	182	0	DEAD	LinStatic	-9813.6	10.86	1.33E-15	0	0	0	182-1	0
82	182	0.49722	DEAD	LinStatic	-9813.6	3.62	4.433E-16	0	-4.408E-16	-3.6	182-1	0.49722
83	182	0.99444	DEAD	LinStatic	-9813.6	-3.62	-4.433E-16	0	-4.408E-16	-3.6	182-1	0.99444
84	182	1.49167	DEAD	LinStatic	-9813.6	-10.86	-1.33E-15	0	0	5.684E-15	182-1	1.49167

Tabla. III-12.A.- Cargas a compresión en Bridas

Obtenemos una carga crítica de 9813.6 kg en un elemento de longitud 1491.76mm ubicado en las bridas, por lo cual analizamos su comportamiento para un perfil tentativo de L 3X3X1/4, cuyos datos los obtenemos de manual LRFD.

Datos:	Calculo:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carga = 9813.6 kg = 21.6klb</li> <li>- Longitud = 1492mm</li> <li>-Material ASTM A36</li> <li>- Para un L 3x3x1/4:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- r = 24mm</li> <li>- Área = 9.29 cm<sup>2</sup></li> </ul> </li> <li><math>Area_{Doble\ Angulo} = 2 * 9.29cm^2 \left( \frac{1\ pu\ lg}{2.54cm} \right)^2</math></li> <li><math>Area_{Doble\ Angulo} = 2.879\ pu\ lg^2</math></li> <li>-El valor de K se considerara como 1.00.</li> <li>- Fy= 36ksi</li> </ul>	<p>Aplicando método LRFD:</p> $\frac{KL}{r} = \frac{1.00 \times 1492mm}{24mm}$ $\frac{KL}{r} = 62.16\ aproximamos\ 63$ <p>De tabla de AISC para miembros a compresión con el valor de 63 y con un Fy= 36ksi, obtenemos:</p> $\phi_c F_{cr} = 26.3Ksi$ <p>Por lo tanto</p> $P_{cr} = (\phi_c F_{cr}) \times A$ $P_{cr} = 26.3 \frac{klb}{pu\ lg^2} * 2.879\ pu\ lg^2$ $P_{cr} = 75.71klb$ <p><math>\therefore Carga &lt; P_{cr}</math></p> <p>21.6klb &lt; 75.71klb.....OK</p>

Como apreciamos en el cálculo el ángulo L 3x3x1/4 cumple como tentativo.



• **Montantes y diagonales:**

A diferencia de las bridas cuyas longitudes son similares a lo largo del tijeral los montantes y diagonales son variables por eso tenemos que analizar a dos elementos: al que tenga mayor carga y al que tenga mayor longitud.

Tomaremos un ángulo tentativo L 2x2x3/16 de acuerdo al diagrama de fuerza observamos que para este caso tenemos las siguientes cargas:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	TABLE: Element Forces - Frames											
2	Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElem	ElemStation
3	Text	m	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Text	m
40	194	0	DEAD	LinStatic	-1926.64	-5.4	0	0	0	0	194-1	0
41	194	1.22095	DEAD	LinStatic	-1919.64	-2.665E-15	0	0	0	3.3	194-1	1.22095
42	194	2.44189	DEAD	LinStatic	-1912.64	5.4	0	0	0	6.821E-15	194-1	2.44189
67	203	0	DEAD	LinStatic	-3628.02	-3.292E-15	0	0	0	0	203-1	0
68	203	0.43333	DEAD	LinStatic	-3631.16	0	0	0	0	7.133E-16	203-1	0.43333
69	203	0.86667	DEAD	LinStatic	-3634.29	3.292E-15	0	0	0	0	203-1	0.86667

Tabla. III-12.B.- Cargas a compresión en Montantes y diagonales

CASO 1: mayor longitud	CASO 2: mayor carga
<b>DATOS:</b>	<b>DATOS:</b>
- Carga = 1912.64 kg = 4.21klb	- Carga = 3634.29 kg = 8.01klb
- Longitud = 2441.89mm	- Longitud = 866.67 mm
-Material ASTM A36	-Material ASTM A36
- Para un L 2x2x3/16:	- Para un L 2x2x3/16:
- r = 16 mm	- r = 16 mm
- Área = 4.61cm <sup>2</sup>	- Área = 4.61cm <sup>2</sup>

$Area_{Doble\ Angulo} = 2 * 4.61cm^2 \left( \frac{1\ pu\ lg}{2.54cm} \right)$ $Area_{Doble\ Angulo} = 1.429\ pu\ lg^2$ <p>-El valor de K se considerara como 1.00.</p> <p>- <math>F_y = 36\text{ksi}</math></p> <p style="text-align: center;"><b>CÁLCULO:</b></p> <p>Aplicando método LRFD:</p> $\frac{KL}{r} = \frac{1.00 * 2441.89\text{mm}}{16\text{mm}}$ $\frac{KL}{r} = 152.61\ \text{aproximamos a } 153$ <p>De tabla de AISC para miembros a compresión con el valor de 153 y con un <math>F_y = 36\text{ksi}</math>, obtenemos:</p> $\phi_c F_{cr} = 9.65\text{Ksi}$ <p>Por lo tanto</p> $P_{cr} = (\phi_c F_{cr}) \times A$ $P_{cr} = 9.65 \frac{\text{klb}}{\text{pu}\ lg^2} * 1.429\ \text{pu}\ lg^2$ $P_{cr} = 13.78\text{klb}$ <p><math>\therefore C\ arg\ a &lt; P_{cr}</math></p> $4.21\text{klb} < 13.78\text{klb} \dots\dots OK$	$Area_{Doble\ Angulo} = 2 * 4.61cm^2 \left( \frac{1\ pu\ lg}{2.54cm} \right)$ $Area_{Doble\ Angulo} = 1.429\ pu\ lg^2$ <p>-El valor de K se considerara como 1.00.</p> <p>- <math>F_y = 36\text{ksi}</math></p> <p style="text-align: center;"><b>CÁLCULO:</b></p> <p>Aplicando método LRFD:</p> $\frac{KL}{r} = \frac{1.00 * 866.67\text{mm}}{16\text{mm}}$ $\frac{KL}{r} = 54.16\ \text{aproximamos a } 55$ <p>De tabla de AISC para miembros a compresión con el valor de 55 y con un <math>F_y = 36\text{ksi}</math>, obtenemos:</p> $\phi_c F_{cr} = 27.6\ \text{Ksi}$ <p>Por lo tanto</p> $P_{cr} = (\phi_c F_{cr}) \times A$ $P_{cr} = 27.6 \frac{\text{klb}}{\text{pu}\ lg^2} * 1.429\ \text{pu}\ lg^2$ $P_{cr} = 39.44\text{klb}$ <p><math>\therefore C\ arg\ a &lt; P_{cr}</math></p> $8.01\text{klb} < 39.44\text{klb} \dots\dots OK$
--	--

Se puede observar que para ambos casos el ángulo recomendado de L 2x2x3/16 cumple.

Por lo tanto las secciones recomendadas para nuestro diseño son como sigue en la tabla:

Descripción	Perfil
Brida Superior	L 3x3x1/4
Brida Inferior	L 3x3x1/4
Diagonales	L 2x2x3/16
Montantes	L 2x2x3/16

*Tabla. III-13.- Selección de Perfiles*

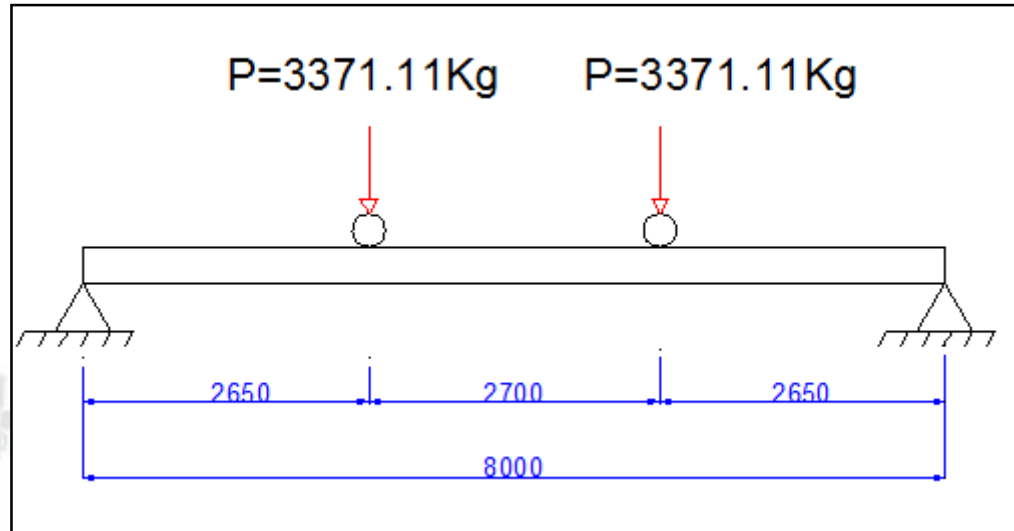
#### **3.1.4.4- Cálculo y preselección del dimensionamiento de viga carrilera para puente grúa**

Para realizar la preselección de la viga carrilera tendremos en cuenta la deformación permisible vertical según el manual CMAA el cual detalla que no debe exceder la relación  $Lr/600$ , donde  $Lr$  es el claro ente apoyos que será evaluado en sistema ingles por lo cual  $Lr$  tendrá que estar en pulgadas.

De acuerdo al análisis de cargas por ruedas del testero, obtuvimos que la mayor carga se daba en la “posición 1” siendo de 3371.11kg por rueda en la “zona A” seleccionándola por ser la más crítica.



Para analizar la deformación tendremos que definir nuestros parámetros y la forma de carga a la viga, la separación entre ruedas del testero de acuerdo a catalogo es 2700mm.



*Figura. III-37 Distribución de cargas en la viga carrilera*

**DATOS:**

- Carga ( $P$ ) = 3371.11 kg = 7416.44 lb
- Longitud ( $L$ )=8000 mm = 314.96 pulg.
- Longitud desde el extremo hasta la carga ( $a$ ) = 2650 mm = 104.33 pulg.
- Material ASTM A36.
- Modulo de Elasticidad ( $E$ ) =  $29 \times 10^6$  lb/pulg<sup>2</sup>.
- Modulo de Inercia ( $I$ )
- Deformación permisible:

$$\delta_{permisible} \leq \frac{L}{600}$$

$$\delta_{\text{permisible}} = \frac{Pa}{24EI} * (4a^2 - 3L^2) \leq \frac{L}{600}$$

$$\frac{741644lb * 104.33pulg}{24 * 29 * 10^6 \frac{lb}{pulg^2} * I} * (4 * (104.33pulg)^2 - 3 * (314.96pulg)^2) \leq \frac{314.96}{600} pulg$$

$$-\frac{28242}{I} \leq 0.525pulg$$

$$I \geq 537.95pulg^4$$

Observamos dos resultados interesantes en nuestro calculo, el primero es el signo negativo que nos indica una deflexión a favor del sentido de la gravedad y el segundo es que nuestro momento de inercia debe ser mayor a 537.95 pulg<sup>4</sup>, para tener una mejor selección en la viga, analizaremos también el modulo de sección, de esta manera tenemos:

$$\bullet M_{\text{MAXIMO}} = \frac{P}{2L} * (L - \frac{a}{2})^2$$

$$M_{\text{MAXIMO}} = \frac{7.416klb}{2 * 314.96pulg} * (314.96pulg - \frac{104.33pulg}{2})^2$$

$$M_{\text{MAXIMO}} = 813.05klb * pulg$$

Aplicando un factor de seguridad de 2 tenemos que el esfuerzo de diseño es:

$$\bullet \sigma_d = \frac{S_y}{N} = \frac{36ksi}{2}$$

$$\sigma_d = 18ksi$$

Analizamos el esfuerzo de diseño con la relación que tiene con el modulo de sección S con la siguiente fórmula:

$$\sigma_d = \frac{M_{\max}}{S} \quad \text{despejando}$$

$$S = \frac{M_{\max}}{\sigma_d} = \frac{813.05 \text{klb. pu lg}}{18 \frac{\text{klb}}{\text{pu lg}^2}}$$

$$S = 45.17 \text{ pu lg}^3$$

De tablas de manual LRFD extraemos las siguientes propiedades de diferentes vigas para su selección desde vigas W12 hasta W16:

Descripción	Momento de Inercia in <sup>4</sup>	Modulo de sección in <sup>3</sup>
W16x45	586	72.7
W14x53	541	77.8
W12x72	597	97.4

*Tabla.III-14.- Selección de Perfiles*

Para nuestro análisis optaremos con un perfil W14x53.

### 3.1.4.5- Cálculo y preselección del dimensionamiento de Columnas

De acuerdo a norma RNE E.090 en el punto de relación de esbeltez (2.7), la razón de esbeltez  $Kl/r$  debe ser menor a 200, consideramos para tener una viga tentativa una razón menor a 120 por lo cual tenemos que:

- $K=0.8$  debido a que un extremo es empotrado y el otro articulado
- Longitud de 9200mm = 362,2pulg.



$$\frac{Kl}{r} \leq 120$$
$$\frac{0.8(362,2)}{120} \leq r$$
$$r \geq 2,414$$

De tablas del manual LFRD tentamos con una viga W12x53 para nuestros cálculos.

Especificamos nuestros datos para comprobar la resistencia de nuestra columna. El área tributaria donde se analizara nuestra columna es en un largo por ancho de 18m por 8m, en donde encontraremos las siguientes cargas distribuidas en dos zona definidas:

- a).- Sobre la columna
- b).- Sobre la ménsula

De esta forma tenemos

#### **3.1.4.5.a).- Carga Sobre la columna:**

- Carga Muerta = peso cobertura + peso de correas + peso de tijeral + peso viguetas
  - Peso cobertura =  $5\text{kg/m}^2$
  - Peso correas =  $7.91\text{ kg/m}^2$

- Peso tijeral: considerando acero estructural A36 y el tipo de tijeral, realizamos el metrado:

Descripción	Perfil	Peso unitario Kg/m	Metrado (m)	Peso de elementos
Bridas	L3x3x1/4	7.35	72.57	533.43
Montantes y Diagonales	L2x2x3/16	3.66	82.65	302.52
			<b>PESO TOTAL</b>	<b>835.95</b>
			<b>Kg</b>	

*Tabla. III-15.-Calculo de pesos en tijeral*

Dividiendo el peso del tijeral entre el área tributaria ( $144\text{m}^2$ ) tenemos un valor de  $5.8\text{ kg/m}^2$

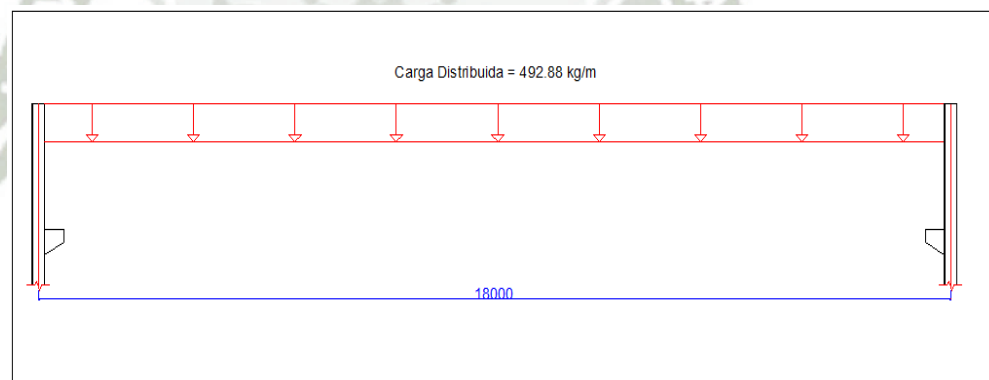
- Peso vigueta = consideramos el 50% del peso del tijeral teniendo:  $2.9\text{ kg/m}^2$
- Carga Nieve =  $40\text{ kg/m}^2$
- La carga de viento será considerada en el programa SAP 2000

De esta manera nuestra carga de servicio sobre la columna, será la suma de todas las cargas nombradas.

$$\text{Carga de servicio} = 5\text{kg/m}^2 + 7.91\text{kg/m}^2 + 5.8\text{kg/m}^2 + 2.9\text{kg/m}^2 + 40\text{kg/m}^2$$

$$\text{Carga de servicio} = 61.61\text{kg/m}^2.$$

Debido a que nuestro tijeral ira empotrada a nuestra columna, la analizaremos como una carga uniformemente distribuida para obtener las fuerzas y momentos resultantes en los extremos de las columnas como se aprecia en la figura, para esto multiplicamos nuestra carga de servicio por el largo de nuestra área tributaria (8m) por lo cual tenemos una carga uniformemente distribuida de 492.88kg/m:



*Figura. III-38 Distribución de cargas para cálculo de columnas*

De tablas obtenemos las formulas para el cálculo de reacciones y momentos en los extremos:



$$\bullet R_A = \frac{wl}{2}$$

$$\bullet M_A = \frac{wl^2}{12}$$

Donde :

$$w = 492.88 \text{ kg} / \text{m}$$

$$l = 18 \text{ m}$$

∴

$$\rightarrow R_A = \frac{492.88 \text{ kg} / \text{m} * 18 \text{ m}}{2}$$

$$R_A = 4428.00 \text{ kg} \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ klb}}{1000 \text{ lb}} = 9.74 \text{ klb}$$

$$\bullet R_A = 9.74 \text{ klb}$$

$$\rightarrow M_A = \frac{wl^2}{12}$$

$$M_A = \frac{492.88 \text{ kg} / \text{m} * (18 \text{ m})^2}{12} = 13307.76 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_A = 17195.76 \text{ kg} \cdot \text{m} \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{1 \text{ klb}}{1000 \text{ lb}} * \frac{1 \text{ pu lg}}{0.0254 \text{ m}} = 1152.64 \text{ klb} * \text{ pu lg}$$

$$M_A = 1152.64 \text{ klb} * \text{ pu lg}$$

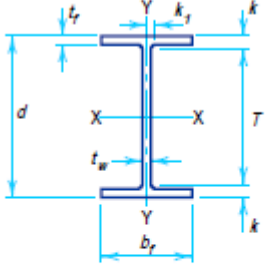
Una vez calculado nuestra reacción y momento para una columna observamos que estas magnitudes actúan en el extremo de la viga por lo cual hacemos un traslado al eje de la columna teniendo como dato una viga tentativa W12x53.

Por lo tanto el momento al eje es la suma del momento en el extremo más el momento provocado por la fuerza en el extremo multiplicado por la mitad de la altura del alma de la viga siendo esta de 12.06'' por lo cual nuestro calculo seria:

$$M1_{ALEJE} = M_A + R_A * \frac{d}{2}$$

$$M1_{ALEJE} = 1152.64klb * pu\lg + 9.74klb * \left(\frac{12.06 pu\lg}{2}\right)$$

$$M1_{ALEJE} = 1211.37klb * pu\lg$$



**W SHAPES**  
Dimensions

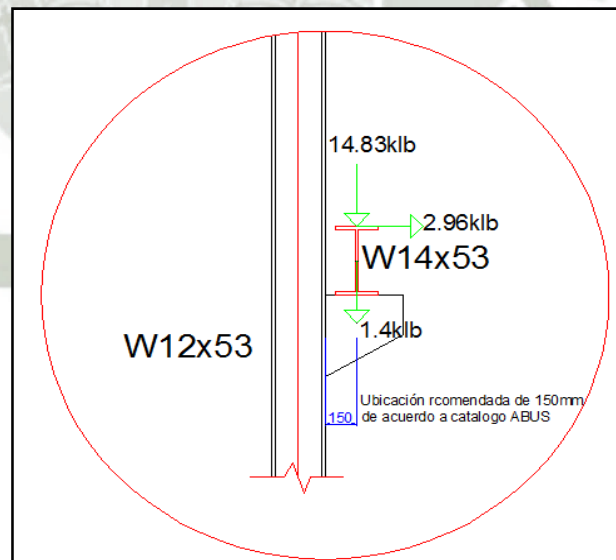
Designation	Area A in. <sup>2</sup>	Depth d in.	Web		Flange		Distance						
			Thickness tw in.	$\frac{t_w}{2}$ in.	Width bf in.	Thickness tr in.	T in.	k in.	k1 in.				
			W12x336*	98.8	16.82	16 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	1.775	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	13.385	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2.955	2 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>
x305*	89.6	16.32	16 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.625	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	13.235	13 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2.705	2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>
x279*	81.9	15.85	15 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	1.530	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	13.140	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	2.470	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>
x252*	74.1	15.41	15 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.395	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	13.005	13	2.250	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>
x230*	67.7	15.05	15	1.285	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	12.895	12 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	2.070	2 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
x210*	61.8	14.71	14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.180	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	12.790	12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.900	1 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
x190	55.8	14.38	14 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.060	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	12.670	12 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.735	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
x170	50.0	14.03	14	0.960	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12.570	12 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	1.560	1 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
x152	44.7	13.71	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.870	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	12.480	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1.400	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
x136	39.9	13.41	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.790	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	7 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	12.400	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.250	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>15</sup> / <sub>16</sub>	1
x120	35.3	13.12	13 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.710	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	12.320	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1.105	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>13</sup> / <sub>16</sub>	1
x106	31.2	12.89	12 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.610	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	12.220	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.990	1	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>11</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>
x96	28.2	12.71	12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.550	9 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	12.160	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.900	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
x87	25.6	12.53	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.515	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	12.125	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.810	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
x79	23.2	12.38	12 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.470	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	12.080	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.735	3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
x72	21.1	12.25	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.430	7 <sup>7</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	12.040	12	0.670	1 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	7 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>
x65	19.1	12.12	12 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.390	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	12.000	12	0.605	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
W12x58	17.0	12.19	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.360	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	10.010	10	0.640	5 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
x53	15.6	12.06	12	0.345	3 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9.995	10	0.575	9 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>

Figura. III-39 Tabla para Viga W12x53 según manual LRFD

### 3.1.4.5.b).- Carga Sobre la Ménsula:

Sobre las ménsulas actuarán las cargas críticas en la posición 1 que se vio en cálculo para el puente grúa y el peso de la misma viga carrilera, tendremos cuidado en el momento de analizar los momentos en esta sección debido a que la carga sobre la ménsula cae sobre el eje de la viga carrilera por lo tanto tenemos:

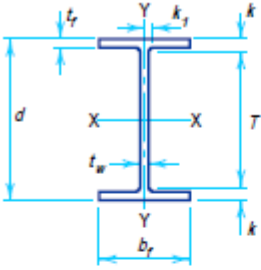
- Peso viga carrilera =  $53\text{lb/pie} \cdot 1.5 = 79.5\text{kg/m}$  en 8m tenemos: 636kg convirtiendo a kilo libras tenemos: 1.4klb.
- La carga de servicio del puente grúa sobre la viga carrilera será definida por la carga vertical y horizontal y sus resultantes serán aplicadas al centro del testero por lo cual tenemos:
  - Carga vertical =  $2 \cdot 3371.11\text{kg} = 6742.22\text{kg} = 14.83\text{klb}$ .
  - Carga horizontal =  $2 \cdot 674.22\text{kg} = 1348.44\text{kg} = 2.96\text{klb}$ .



*Figura. III-40 Detalle de la ubicación de la viga carrilera*



De la misma manera llevamos las magnitudes al eje de la columna y los momentos que provocan dichas cargas, teniendo cuidado en las longitudes referenciales de la viga carrilera (W14x53) como se muestran en la figura:



**W SHAPES  
Dimensions**

Designation	Area A in. <sup>2</sup>	Depth d in.	Web			Flange		Distance					
			Thickness tw in.	tw 2 in.	Width bf in.	Thickness tf in.	T in.	k in.	k1 in.				
W14x132	38.8	14.66	14 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.645	5/8	5/16	14.725	14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1.030	1	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	11 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
x120	35.3	14.48	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.590	9/16	5/16	14.670	14 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.940	15/16	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
x109	32.0	14.32	14 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	0.525	1/2	1/4	14.605	14 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.860	7/8	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	19 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	7/8
x99	29.1	14.16	14 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.485	1/2	1/4	14.565	14 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.780	3/4	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	17 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	7/8
x90	26.5	14.02	14	0.440	7/16	1/4	14.520	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	0.710	11/16	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	13 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	7/8
W14x82	24.1	14.31	14 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	0.510	1/2	1/4	10.130	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.855	7/8	11	15 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1
x74	21.8	14.17	14 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.450	7/16	1/4	10.070	10 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	0.785	13/16	11	19 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
x68	20.0	14.04	14	0.415	7/16	1/4	10.035	10	0.720	3/4	11	11 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
x61	17.9	13.89	13 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.375	3/8	3/16	9.995	10	0.645	5/8	11	17 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
W14x53	15.6	13.92	13 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	0.370	3/8	3/16	8.060	8	0.660	11/16	11	17 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>
x48	14.1	13.79	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	0.340	5/16	3/16	8.030	8	0.595	5/8	11	13 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1/8
x43	12.6	13.66	13 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	0.305	5/16	3/16	7.995	8	0.530	1/2	11	15 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	7/8

Figura. III-41 Tabla para Viga W14x53 según manual LRFD

Observamos que la distancia que hay entre el eje de la columna y las fuerzas verticales sobre la ménsula está definida por:

- $L = 150\text{mm} + \text{la mitad del alma W12x53}$

$$L = 150\text{mm} \left( \frac{pu \lg}{25.4\text{mm}} \right) + \frac{12.06 pu \lg}{2}$$

$$L = 11.93 pu \lg$$

$$M2_{ALEJE} = (\text{peso carrilera} + \text{carga vertical}) * L + \text{carga horizontal} * d_{W14x53}$$

$$M2_{ALEJE} = (1.4klb + 14.83klb) * 11.93 \text{ pulg} + 2.96klb * 13.92 \text{ pulg}$$

$$M2_{ALEJE} = 234.82klb * \text{pulg}$$

Finalmente tenemos que la carga de servicio sobre la columna seleccionada será la suma de las cargas verticales que actúan sobre ella. Así mismo los momentos resultantes sobre el eje, son producto de un momento de par, por lo que si dividimos sobre la distancia ( $d=12.06\text{pulg}$ ) del alma de la columna obtendremos una fuerza de par,

Por lo tanto la carga de servicio está definida por:

$$P_{servicio} = \text{Reacción vertical} + \text{peso carrilera} + \text{carga vertical} + \frac{M1_{ALEJE}}{d_{W12x53}} + \frac{M2_{ALEJE}}{d_{W12x53}}$$

$$P_{servicio} = 9.74klb + 1.4klb + 14.83klb + \frac{121.37klb * \text{pulg}}{12.06\text{pulg}} + \frac{234.82klb * \text{pulg}}{12.06\text{pulg}}$$

$$P_{servicio} = 145.89klb$$

Elaboramos una tabla para comparar los valores de la carga crítica en las diferentes posibilidades de una viga W12xXX para tener una mejor selectividad.

Estableceremos los parámetros

- Longitud efectiva:  $Kl=0.8*362,2 = 289.76\text{pulg}$ .
- El Factor de seguridad (FS) está definido por:
  - $FS=(P_{critico}/P_{servicio})*\Omega_c$
  - $\Omega_c=1.67$  en ASD

- El valor  $F_{cr}/\Omega_c$  dado por tablas AISC serán redondeados al inmediato superior

Perfil	r(inch)	Kl/r	$(F_{cr}/\Omega_c)$ Aprox.	Área (inch <sup>2</sup> )	$P_{cr} =$ $(F_{cr}/\Omega_c) * A$	FS
W12x53	2.48	116.84	10.5	15.6	163.8	1.88
W12x58	2.51	115.44	10.6	17.0	180.2	2.06
W12x65	3.02	95.95	13.3	19.1	254.03	2.91
W12x72	3.04	95.32	13.3	21.1	280.63	3.21
W12x79	3.05	95.00	13.4	23.2	310.88	3.56
W12x87	3.07	94.38	13.4	25.6	343.04	3.93

Tabla III-16.- Selección de Viga W12xXX

Como apreciamos en la tabla, nuestra viga tentativa W12x53 tiene una carga de servicio menor que la carga crítica por lo que es recomendable.

### 3.1.5.-Análisis de la Nave para cancha de nitratos empleando el programa SAP 2000

En este punto la temática será la siguiente:

Se añadirán las cargas a las correas de forma uniformemente distribuidas por lo tanto cada carga que está en  $kg/m^2$  será multiplicada por la separación de las correas que es aproximadamente 1.5m, así mismo se asignaran las siguientes cargas:



### 3.1.5.1.- Asignación de carga muerta

Considerada como los pesos de los materiales preseleccionados como son:

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Cobertura	TIPO PRECOR TR 4
Correas	C8x10
Tijeral Bridas	L3x3x1/4"
Tijeral Diagonales y montantes	L2x2x3/16"
Viga carrilera	W14x53
Columnas	W12x53

Tabla III-17.- Selección de materiales para los elementos de la Nave para  
Cancha de nitratos

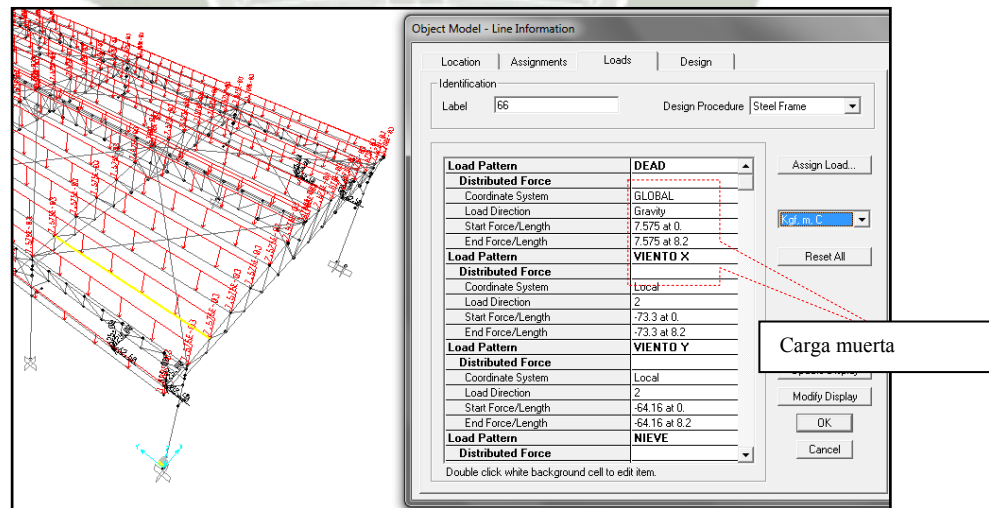


Figura. III-42 Asignación de carga Muerta a SAP2000

### 3.1.5.2.- Asignación de carga de nieve

La carga de nieve lineal esta definida por:

$$Q = 40 \frac{kg}{m^2} * 1.5m$$

$$Q = 60 \frac{kg}{m}$$

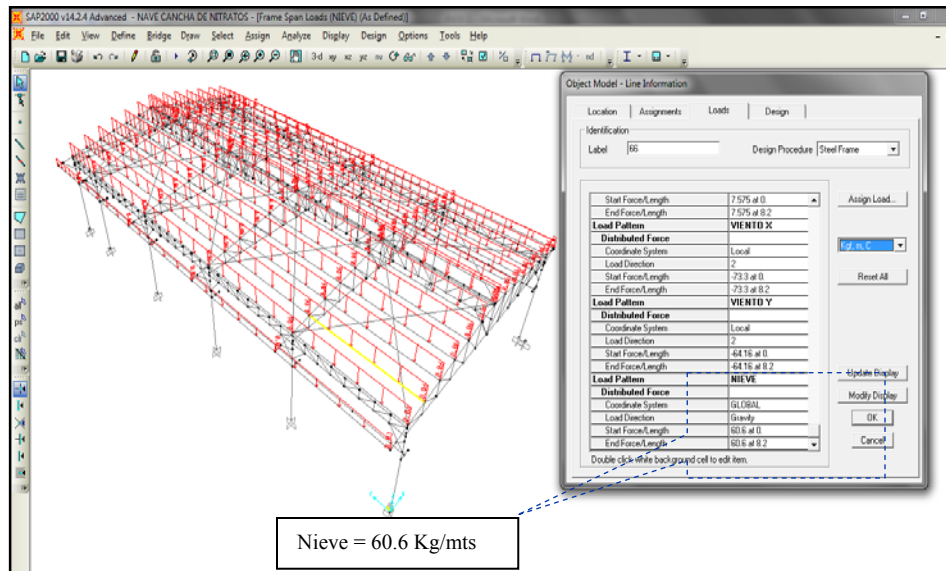


Figura. III-43 Asignación de carga de Nieve a SAP2000

### 3.1.5.3.- Asignación de carga de Viento

Para la carga de viento consideramos la siguiente tabla multiplicada por 1.5m como separación entre correas.

Dirección de viento	Barlovento	Sotavento
<b>W<sub>x1</sub></b>	27.2 kgf/m	-54.45 kgf/m
<b>W<sub>x2</sub></b>	-63.5 kgf/m	-54.45 kgf/m
<b>W<sub>y1</sub></b>	-63.5 kgf/m	-63.5 kgf/m

Tabla. III-18.- Resumen de Valores de carga de viento por el área tributaria

### 3.1.5.3.A) Viento aplicado en dirección X1

- **Carga viento a barlovento WX<sub>1</sub>**

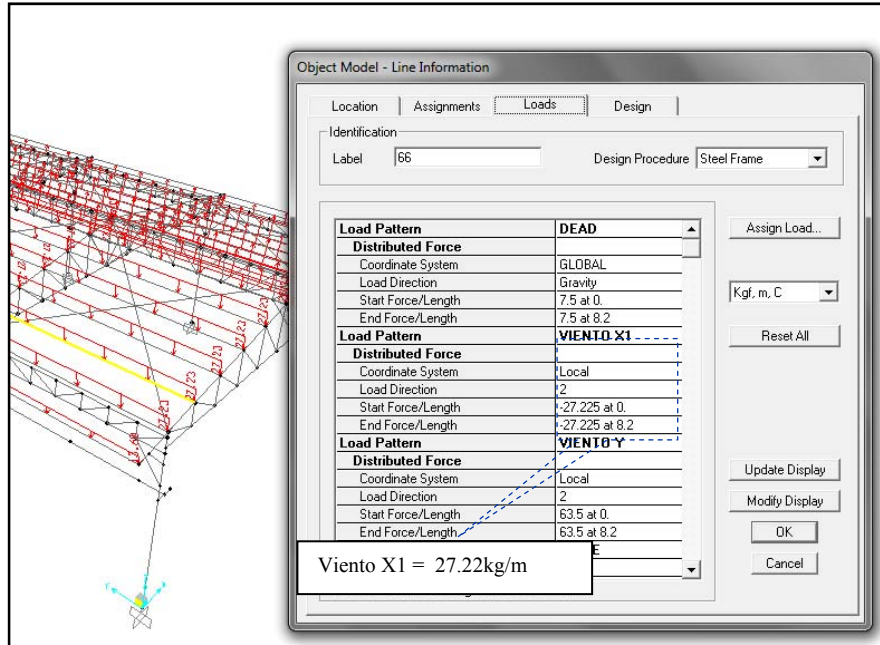


Figura. III-44 Asignación de carga de Viento WX1 barlovento a SAP2000

- **Carga viento a sotavento WX<sub>1</sub>**

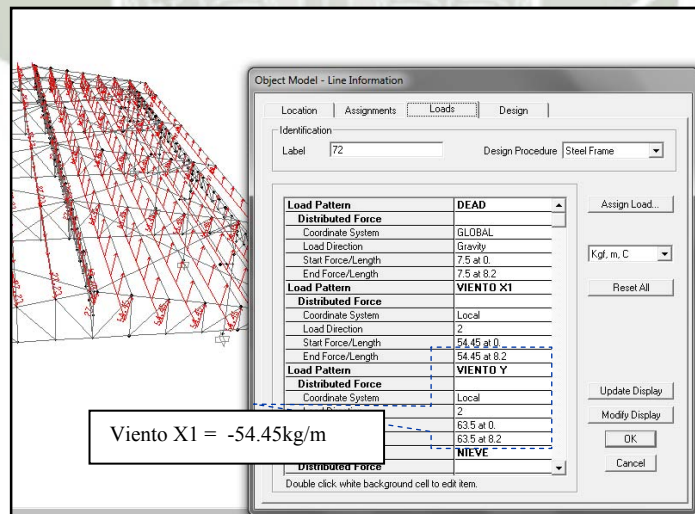


Figura. III-45 Asignación de carga de Viento WX1 sotavento a SAP2000



### 3.1.5.3.B) Viento aplicado en dirección X2

- **Carga viento a barlovento WX<sub>2</sub>**

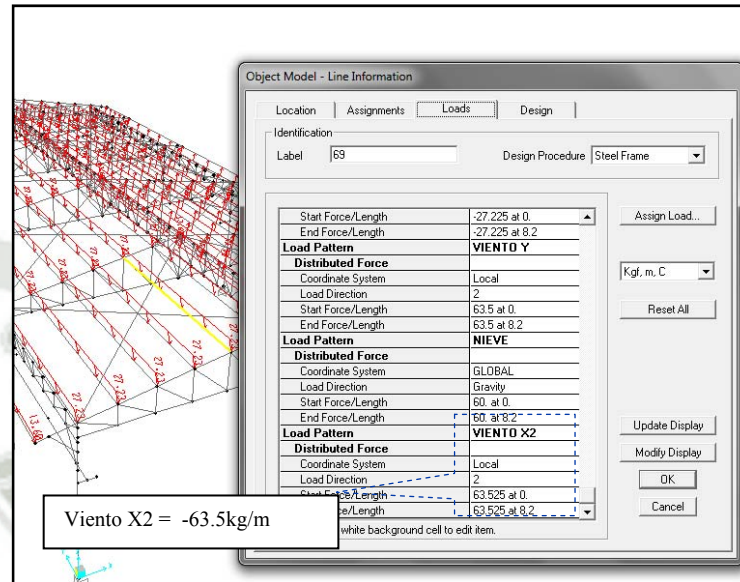


Figura. III-46 Asignación de carga de Viento WX<sub>2</sub> barlovento a SAP2000

- **Carga viento a sotavento WX<sub>2</sub>**

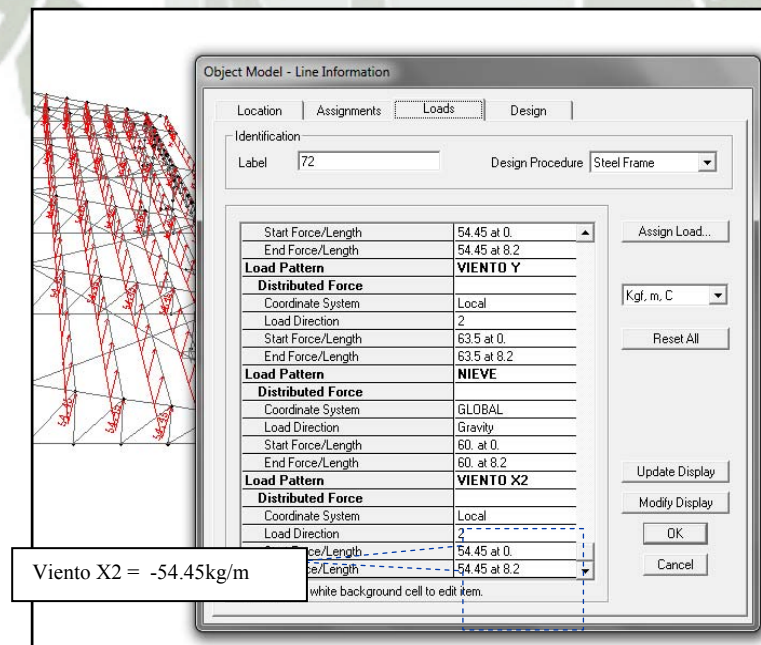


Figura. III-47 Asignación de carga de Viento WX<sub>2</sub> sotavento a SAP2000

### 3.1.5.3.C) Viento aplicado en dirección Y

En la dirección observamos que la carga son iguales tanto a barlovento como a sotavento.

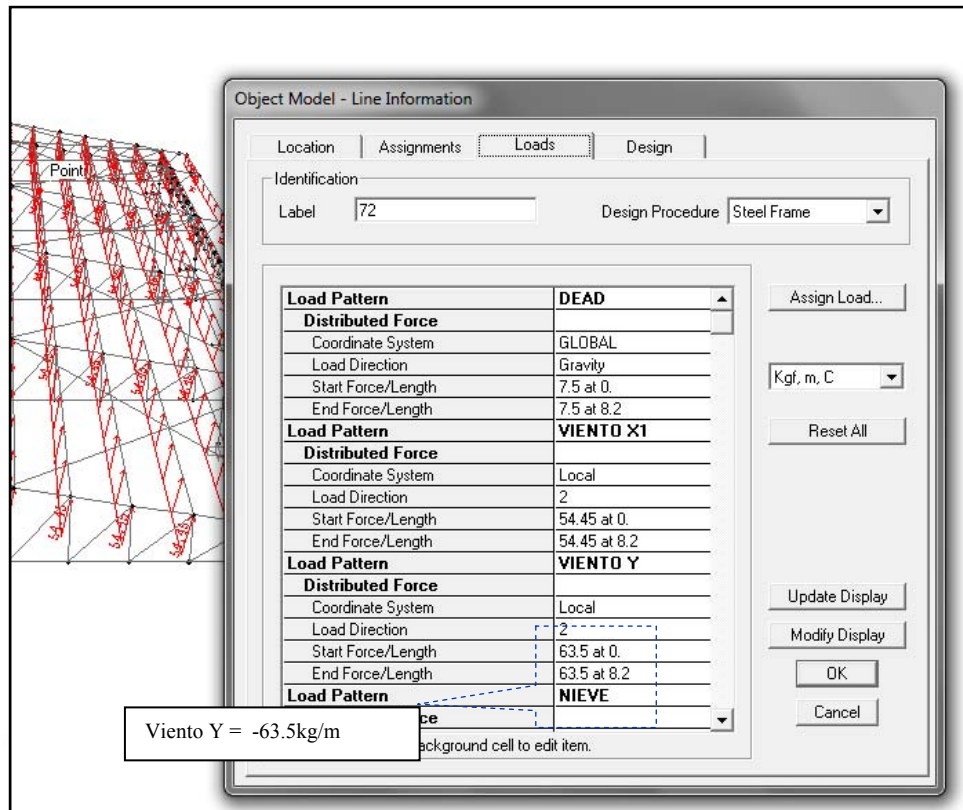


Figura. III-48 Asignación de carga de Viento WY sotavento a SAP2000

### 3.1.5.4.- Asignación de carga viva al puente grúa

Se aplicara la posición 1 por ser la más crítica de acuerdo a tabla:

Descripción	POSICIÓN 1 (Carga por rueda)		POSICIÓN 2 (Carga por rueda)	
	A	B	A	B
Carga Vertical	<b>3371.11 kg</b>	<b>192.01 kg</b>	1781.56 kg	1781.56 kg
Carga Horizontal	<b>674.22 kg</b>	<b>38.40 kg</b>	356.31 kg	356.31 kg
Carga Longitudinal	<b>337.11 kg</b>	<b>19.20 kg</b>	178.156 kg	178.156 kg

Tabla. III-19.- Distribución de cargas por rueda

- En el extremo A:

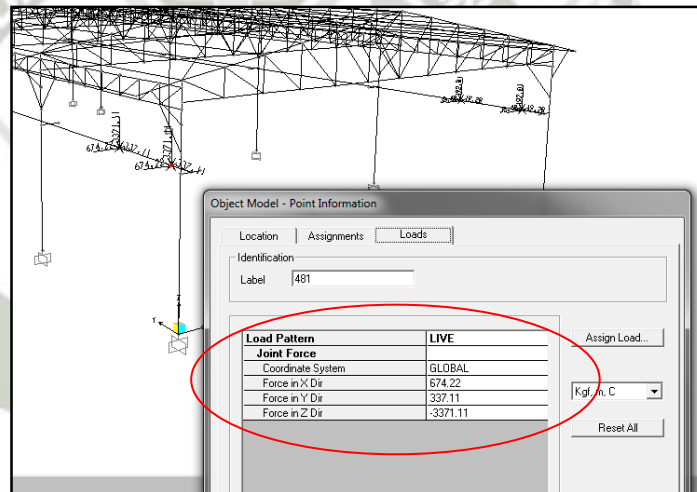


Figura. III-49 Asignación de carga Viva por puente grúa



- En el extremo B:

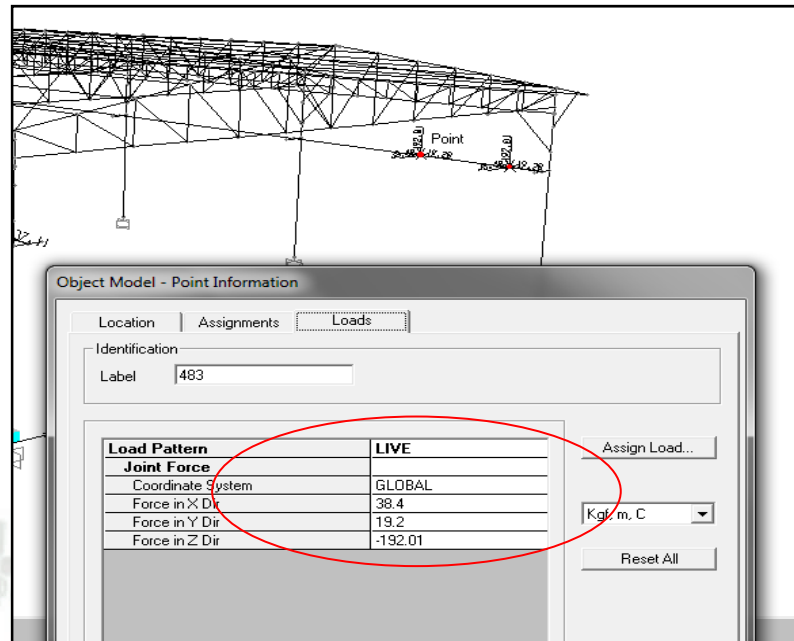


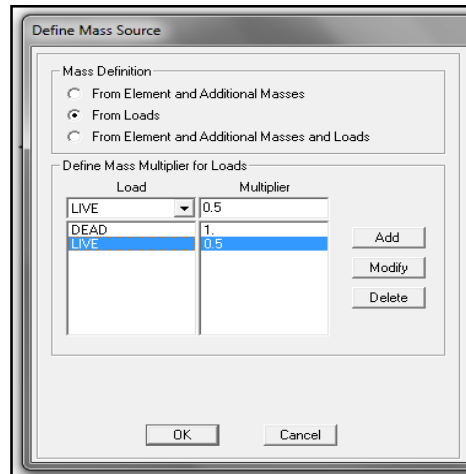
Figura. III-50 Asignación de carga Viva por puente grúa

### 3.1.5.5.- Asignación de carga por sismo

Para cada una de las direcciones horizontales “x” y “y” se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

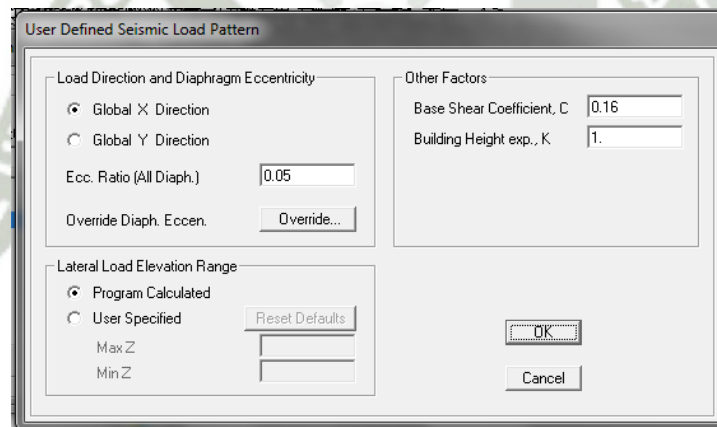
$$S_g = \frac{ZUCS}{R} = 0.16$$

De acuerdo al RNE E.030 se considerara el 50% de la carga viva como masa



*Figura. III-51 Asignación de masas caso sismo*

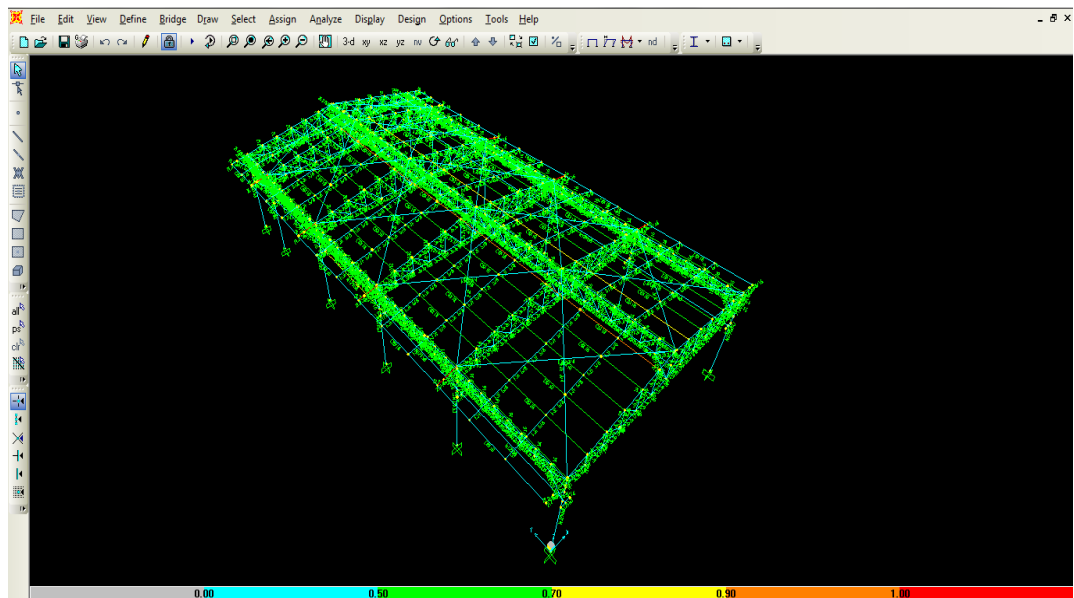
Asignamos el coeficiente de pseudo aceleración en sismo X que será igual al de sismo en Y por no estar arriostrado en ese eje:



*Figura. III-52 coeficiente de pseudo aceleración en sismo X*

### 3.1.6.-Interpretación de resultados.

El análisis en el SAP 2000 será interpretado en sus diferentes componentes de la Nave para Cancha de nitratos como se muestra en la figura:



*Figura. III-53 Análisis de la Nave para cancha de nitratos con el programa SAP 2000*

De acuerdo al análisis realizado por el programa SAP 2000 se pudo observar que los elementos más críticos en resistencia de cargas son:

- Viga Carrilera
- Columnas
- Correas
- Tijerales

Por lo cual realizaremos un análisis específico en mencionados elementos y mencionaremos los elementos de apoyo para mejorar nuestro diseño según el análisis sísmo resistente.



### 3.1.6.1-Análisis en la viga carrilera.

De acuerdo a nuestros análisis previos se apreció que para la viga carrilera tendremos cargas específicas aplicadas en las ruedas del testero. Apreciamos también que fueron ubicadas en la posición más extrema del puente grúa.

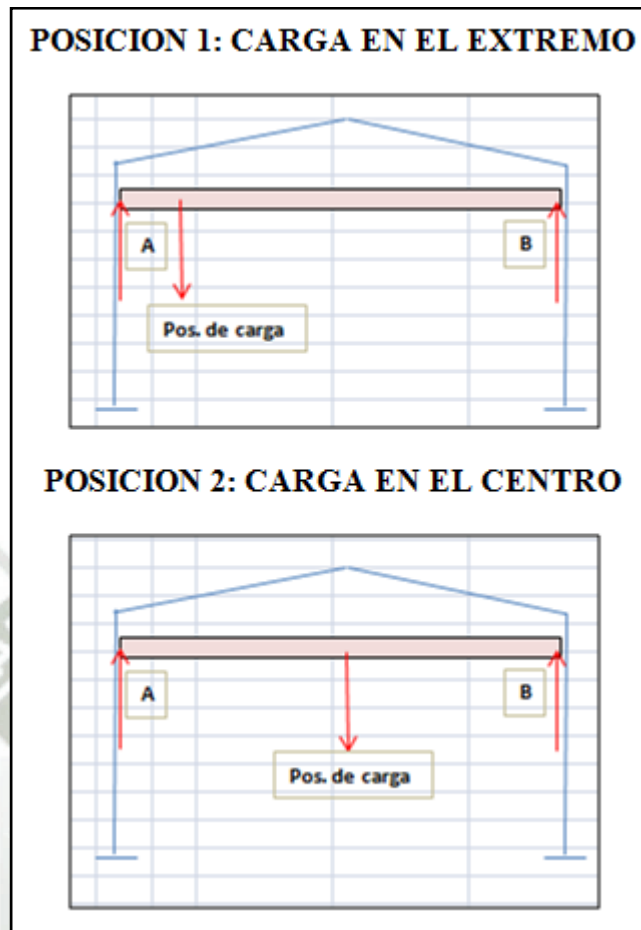
Sin embargo para el análisis con el programa SAP2000 tendremos que analizar cuatro posibilidades de posición, las mismas que nos ayudaran a ver el comportamiento más crítico de nuestras columnas.

#### 3.1.6.1. A.- Plano X-Z

En el plano “X-Z” de acuerdo al modelo programado en el SAP2000 es la vista frontal la cual nos daba dos posiciones que fueron analizadas para la preselección de la viga carrilera como se muestra en la figura y como indica sus valores:

Descripción	POSICIÓN 1 (Carga por rueda)		POSICIÓN 2 (Carga por rueda)	
	A	B	A	B
Carga Vertical	3371.11 kg	192.01 kg	1781.56 kg	1781.56 kg
Carga Horizontal	674.22 kg	38.40 kg	356.31 kg	356.31 kg
Carga Longitudinal	337.11 kg	19.20 kg	178.156 kg	178.156 kg

*Tabla. III-19.- Distribución de cargas por rueda*



*Figura. III-54 Posición de Cargas en plano XZ*

### 3.1.6.1. B.- Plano X-Y

En el plano “X-Y” de acuerdo al modelo programado en el SAP2000 es la vista de planta por lo cual podemos ubicarlos en dos formas:

- **UBICACIÓN 1:** Cuando el puente grúa este ubicado entre pórticos, en la figura está ubicado por ejemplo entre los ejes 3 y 4:

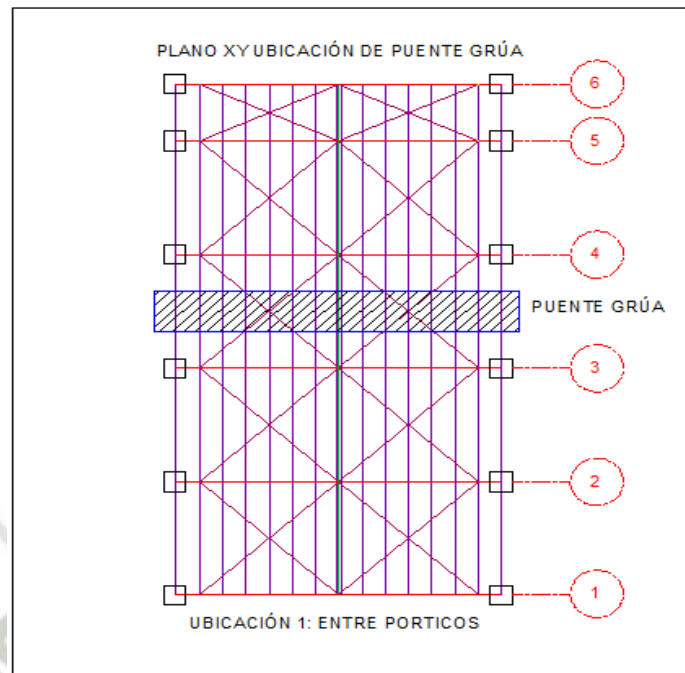


Figura. III-55 Ubicación 1 de puente Grúa

- **UBICACIÓN 2:** Cuando el puente grúa este ubicado sobre un eje, por ejemplo sobre el eje 3:

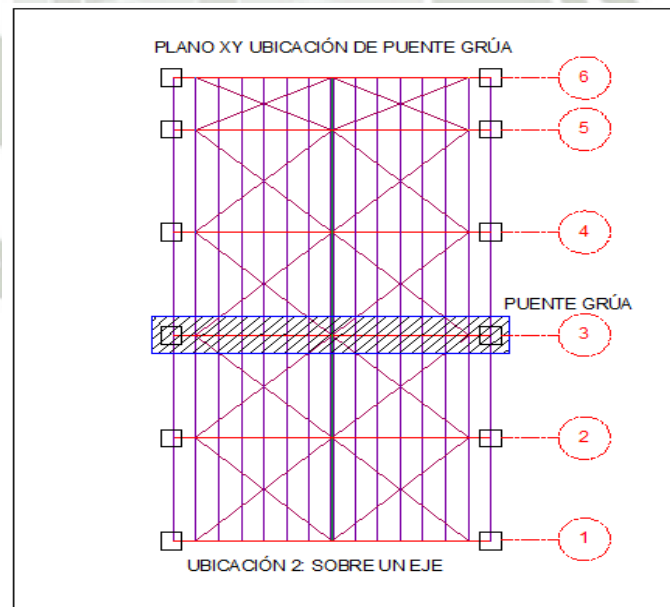


Figura. III-56 Ubicación 2 de puente Grúa



### 3.1.6.1. C.- Combinación de ubicación y posición de puente grúa

De esta manera mostramos las cuatro posibilidades a analizar teniendo en cuenta que la tabla 3.1.6.1. B.1 es aplicable a las posibilidades 1 y 2 y la tabla 3.1.6.1. B.2 aplicable a las posibilidades 3 y 4

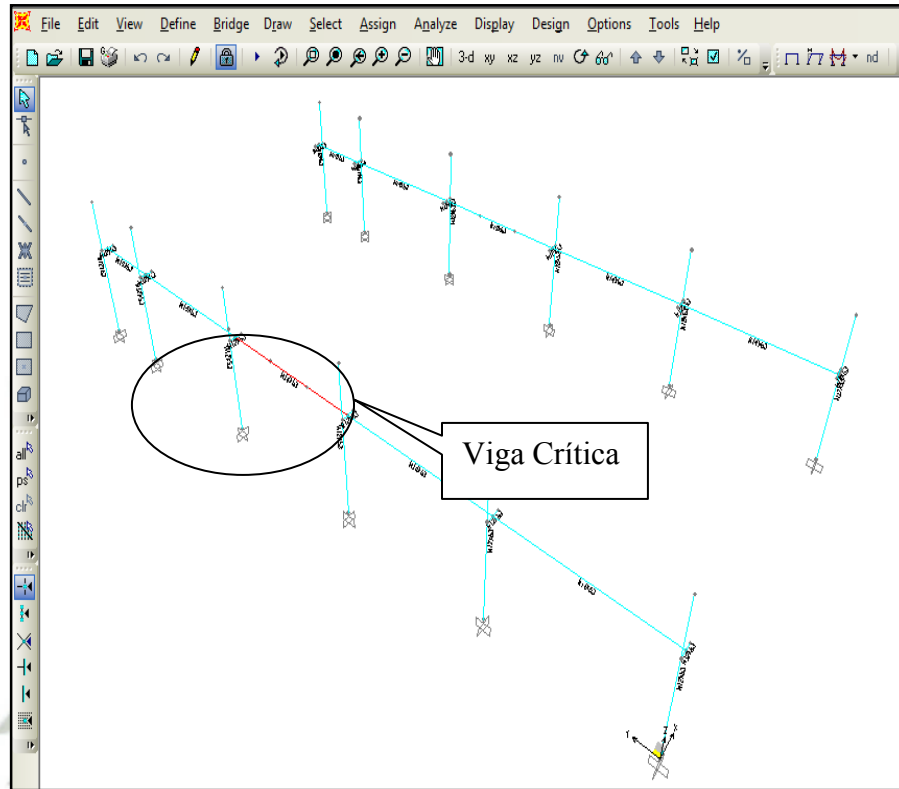
<b>Descripción</b>	<b>POSICIÓN 1</b> <b>(Carga por rueda)</b>	
	<b>Extremo A</b>	<b>Extremo B</b>
Carga Vertical	3371.11 kg	192.01 kg
Carga Horizontal	674.22 kg	38.40 kg
Carga Longitudinal	337.11 kg	19.20 kg

*Tabla. III-20.- Distribución de cargas posición 1*

<b>Descripción</b>	<b>POSICIÓN 2</b> <b>(Carga por rueda)</b>	
	<b>Extremo A</b>	<b>Extremo B</b>
Carga Vertical	1781.56 kg	1781.56 kg
Carga Horizontal	356.31 kg	356.31 kg
Carga Longitudinal	178.156 kg	178.156 kg

*Tabla. III-21.- Distribución de cargas posición 2*

- **Posibilidad 1:** combina la posición 1 con la ubicación 1 con las cargas de la tabla 3.1.6.1. B.1, obteniendo los siguientes resultados:



*Figura. III-57 Posibilidad 1 de análisis de viga carrilera*

De acuerdo al análisis se observa una viga sobre cargada con el COMBO 2 en un ratio de 1.009 teniendo que cambiar el tipo de viga de la carrilera.

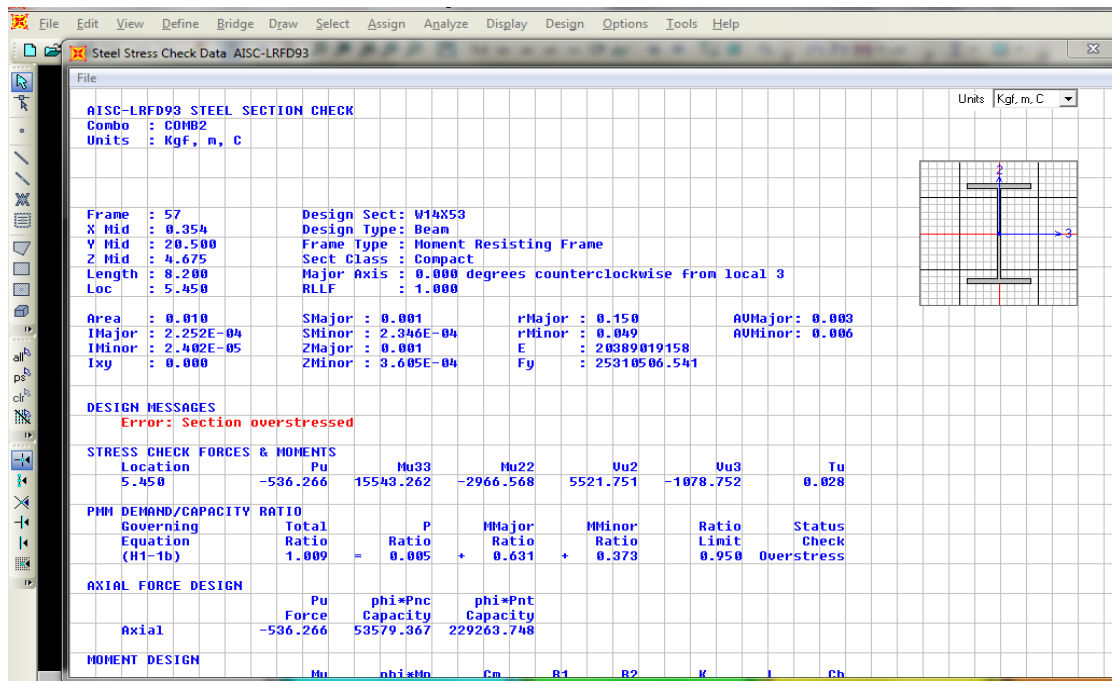


Figura. III-58 Resultados de la viga carrilera en la opción 1

Observando los resultados del análisis se aprecia que la viga preseleccionada no es la apropiada teniendo como probabilidad de falla el peso propio de la viga y sus características geométricas de la viga según los resultados, por lo cual elegiremos una viga de menor peralte, de acuerdo a nuestras alternativas la inmediata inferior sería una W12x72, procedemos al cambio de tipo de viga obteniendo los siguientes resultados:



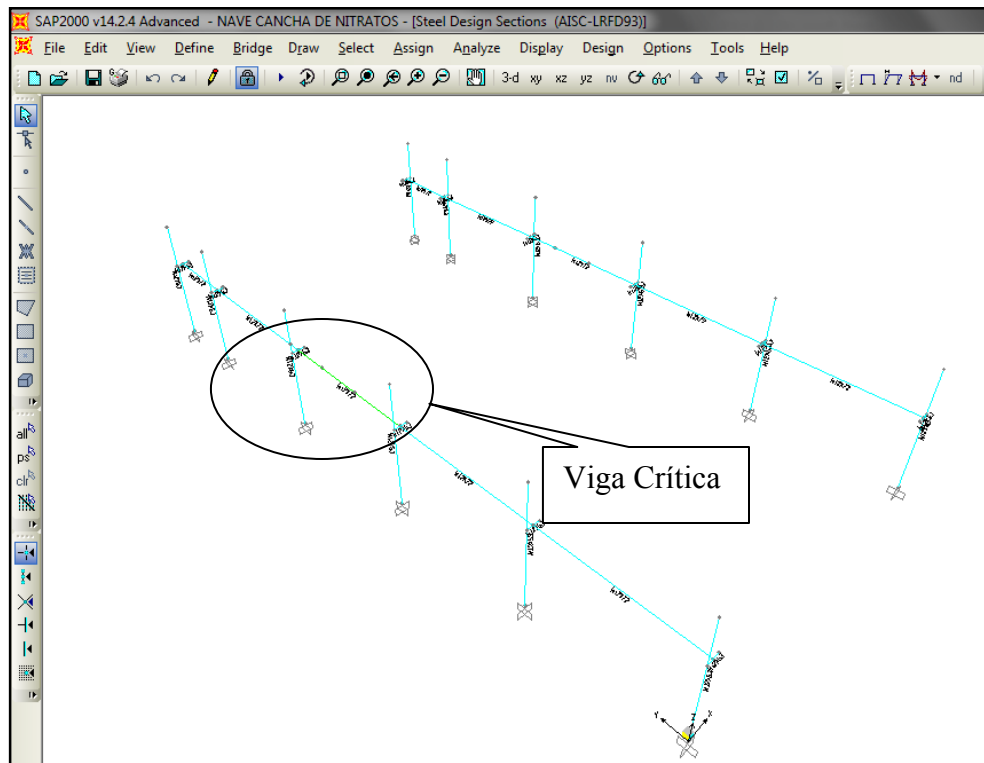


Figura. III-59 Comprobación de la posibilidad 1 de análisis de viga carrilera

Apreciamos que la viga carrilera en esta posición y con el perfil W12x72 nos brinda mayor confiabilidad de uso por estar dentro del ratio permitido por lo cual extraemos los datos proporcionados por el programa SAP2000:

- Ratio de 0.588 COMBO 2
- $P_u = 542.49 \text{kgf} = 1.19 \text{klb}$ .
- $M_{u3} = 16480.744 \text{kgf} \cdot \text{m} = 1430.46 \text{klb} \cdot \text{pulg}$ .

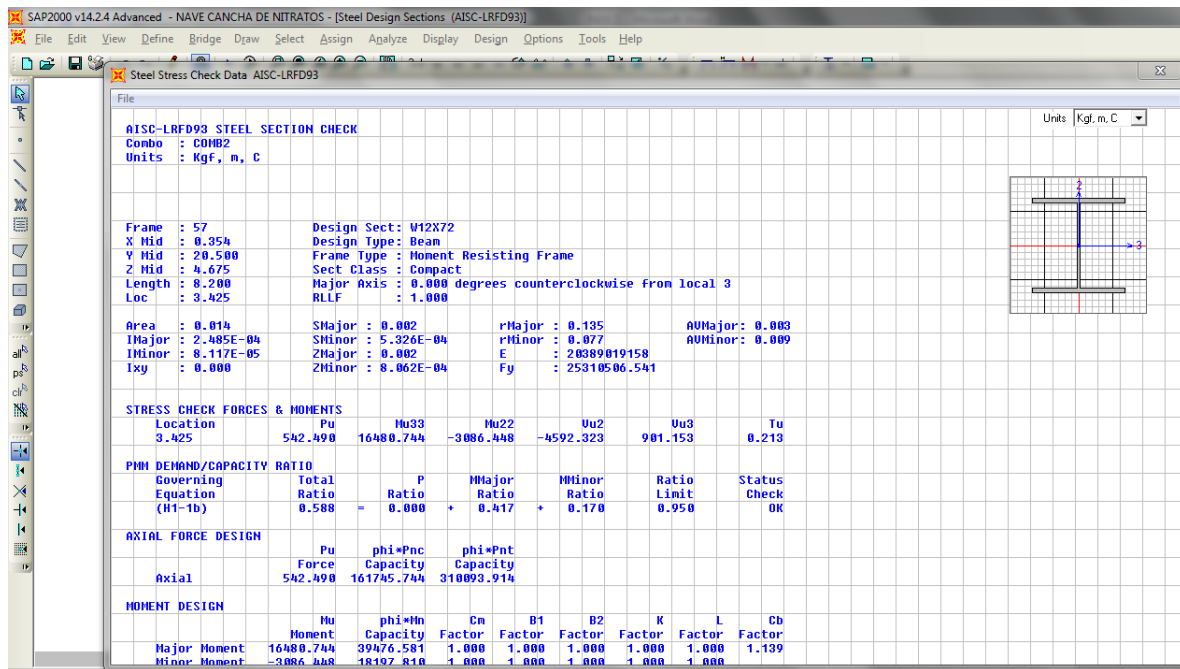


Figura. III-60 Datos de la posibilidad 1 de análisis de viga carrilera

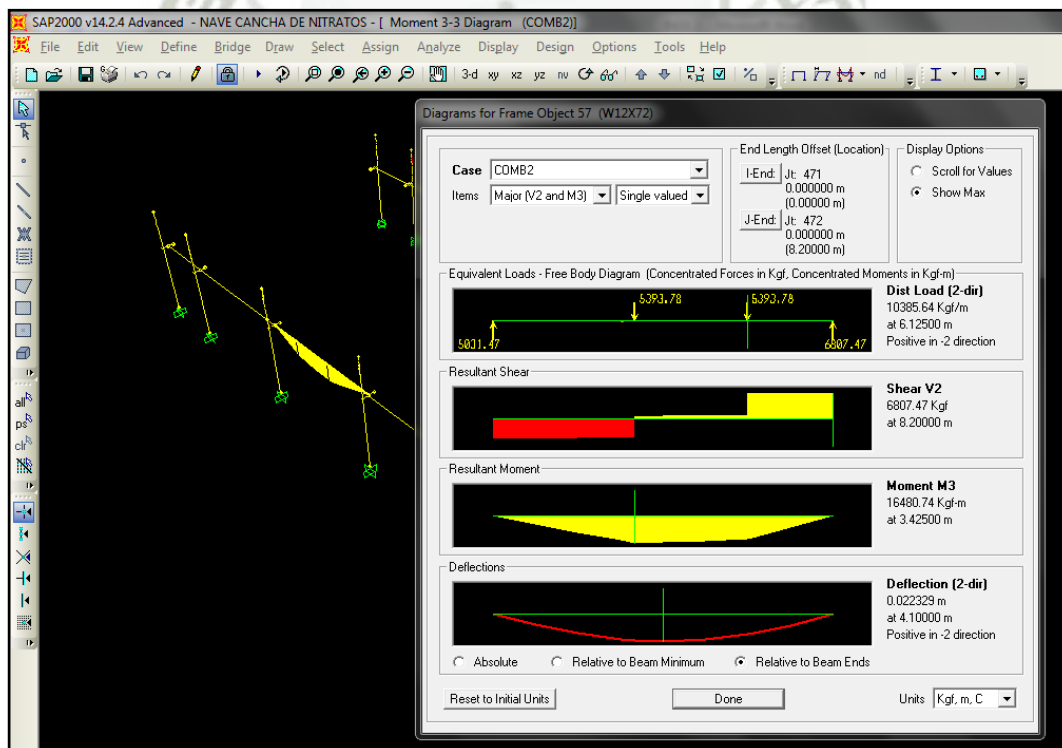
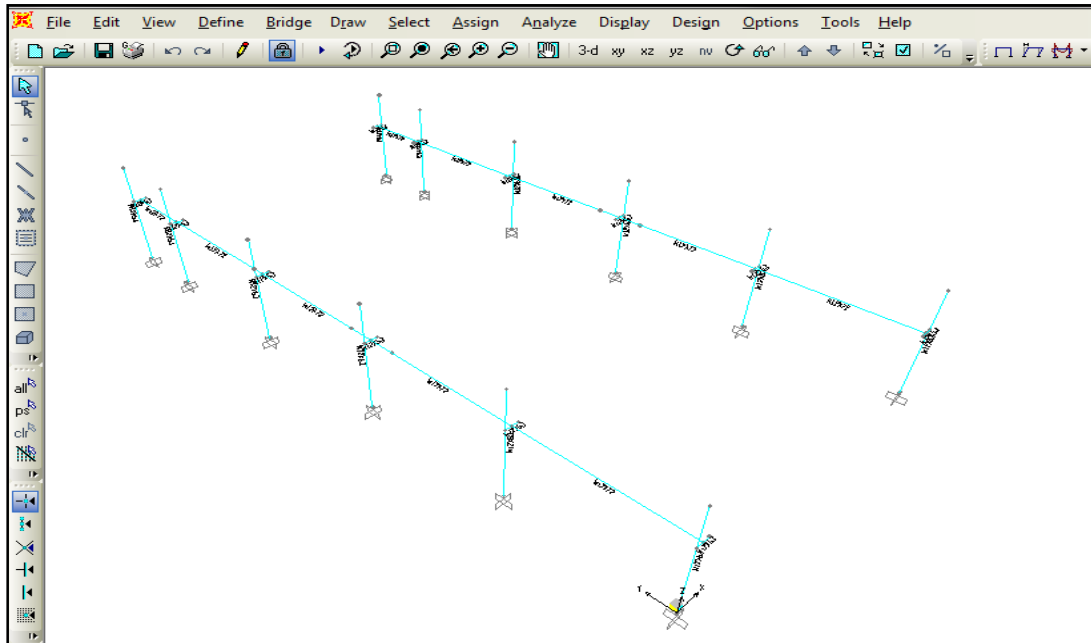


Figura. III-61 Datos de la posibilidad 1 de análisis de viga carrilera

- **Posibilidad 2:** combina la posición 1 con la ubicación 2 con las cargas de la tabla 3.1.6.1. B.1.



*Figura. III-62 Comprobación de la posibilidad 2 de análisis de viga carrilera*

Apreciamos que la viga carrilera en esta posición y con el perfil W12x72 nos brinda mayor confiabilidad de uso por estar dentro del ratio permitido por lo cual extraemos los datos proporcionados por el programa SAP2000:

- Ratio de 0.233 COMBO 2
- $P_u = -180.267 \text{ kgf} = -0.37 \text{ klb.}$
- $M_{u3} = 6675.64 \text{ kgf} \cdot \text{m.} = 579.420 \text{ klb} \cdot \text{pulg.}$



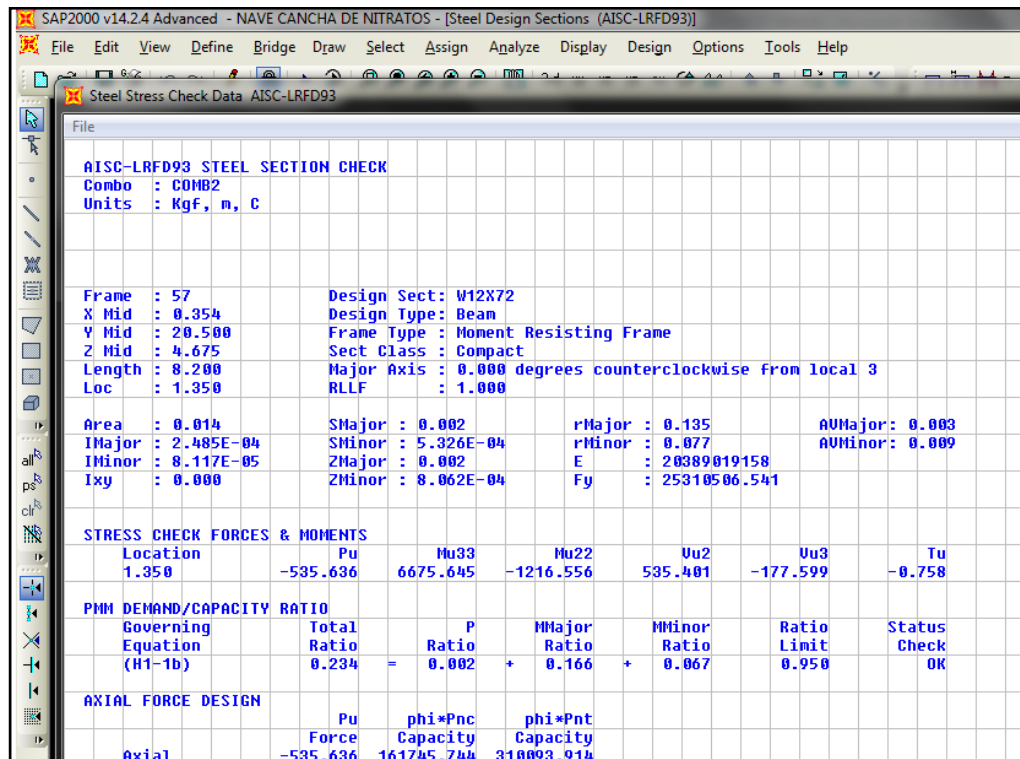


Figura. III-63 Datos de la posibilidad 2 de análisis de viga carrilera

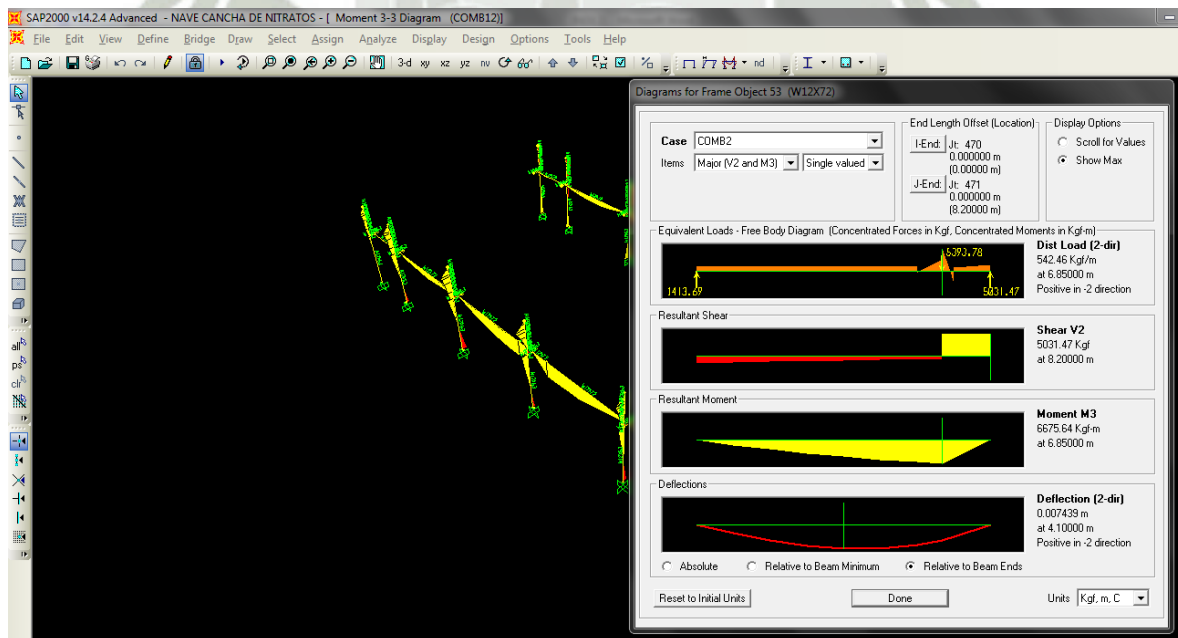
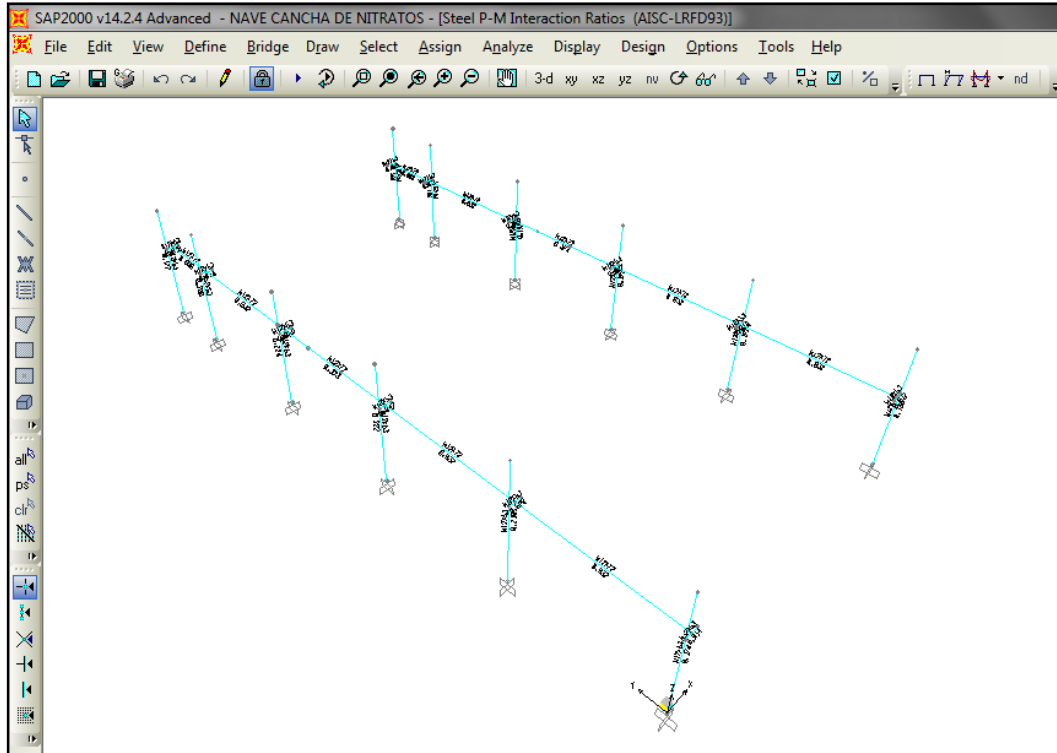


Figura. III-64 Datos de la posibilidad 2 de análisis de viga carrilera

- **Posibilidad 3:** combina la posición 2 con la ubicación 1 con las cargas de la tabla 3.1.6.1. B.2.



*Figura. III-65 Comprobación de la posibilidad 3 de análisis de viga carrilera*

Apreciamos que la viga carrilera en esta posición y con el perfil W12x72 nos brinda mayor confiabilidad de uso por estar dentro del ratio permitido por lo cual extraemos los datos proporcionados por el programa SAP2000:

- Ratio de 0.323 COMBO 2
- $P_u = 290.493 \text{ kgf} = 0.64 \text{ klb.}$
- $M_{u3} = 9204.095 \text{ kgf} \cdot \text{m.} = 798.88 \text{ klb} \cdot \text{pulg.}$

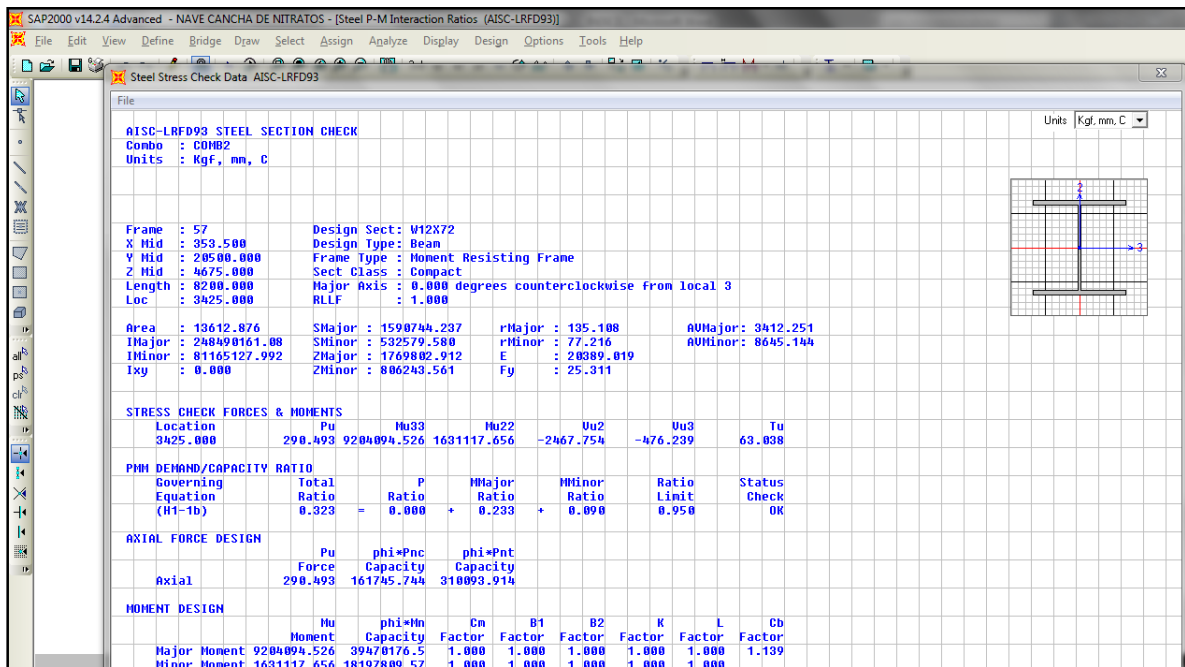


Figura. III-66 Datos de la posibilidad 3 de análisis de viga carrilera

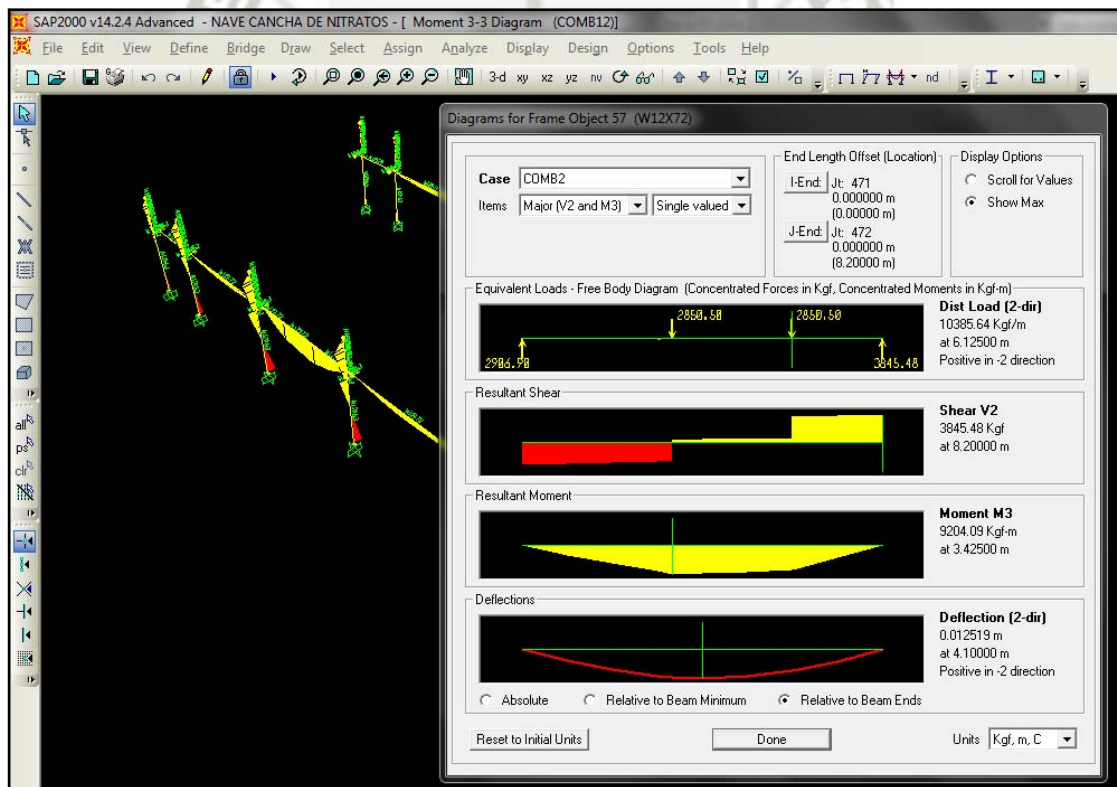
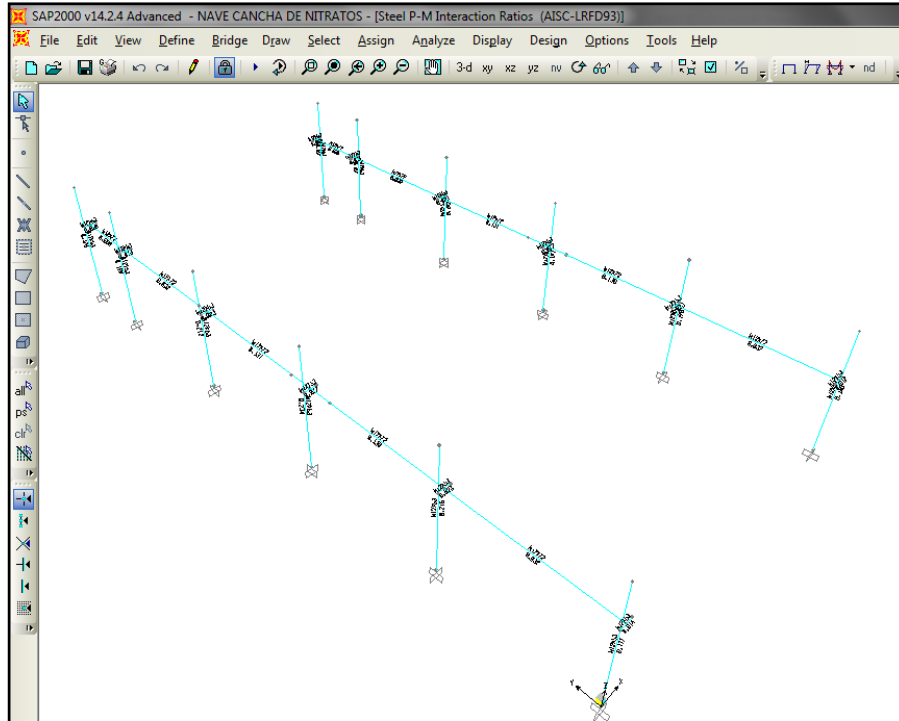


Figura. III-67 Datos de la posibilidad 3 de análisis de viga carrilera.



- **Posibilidad 4:** combina la posición 2 con la ubicación 2 con las cargas de la tabla 3.1.6.1. B.2.



*Figura. III-68 Comprobación de la posibilidad 4 de análisis de viga carrilera*

Apreciamos que la viga carrilera en esta posición y con el perfil W12x72 nos brinda mayor confiabilidad de uso por estar dentro del ratio permitido por lo cual extraemos los datos proporcionados por el programa SAP2000:

- Ratio de 0.131 COMBO 2
- $P_u = -278.88 \text{ kgf} = -0.615 \text{ klb.}$
- $M_{u3} = 3807.407 \text{ kgf}\cdot\text{m.} = 330.474 \text{ klb}\cdot\text{pulg.}$

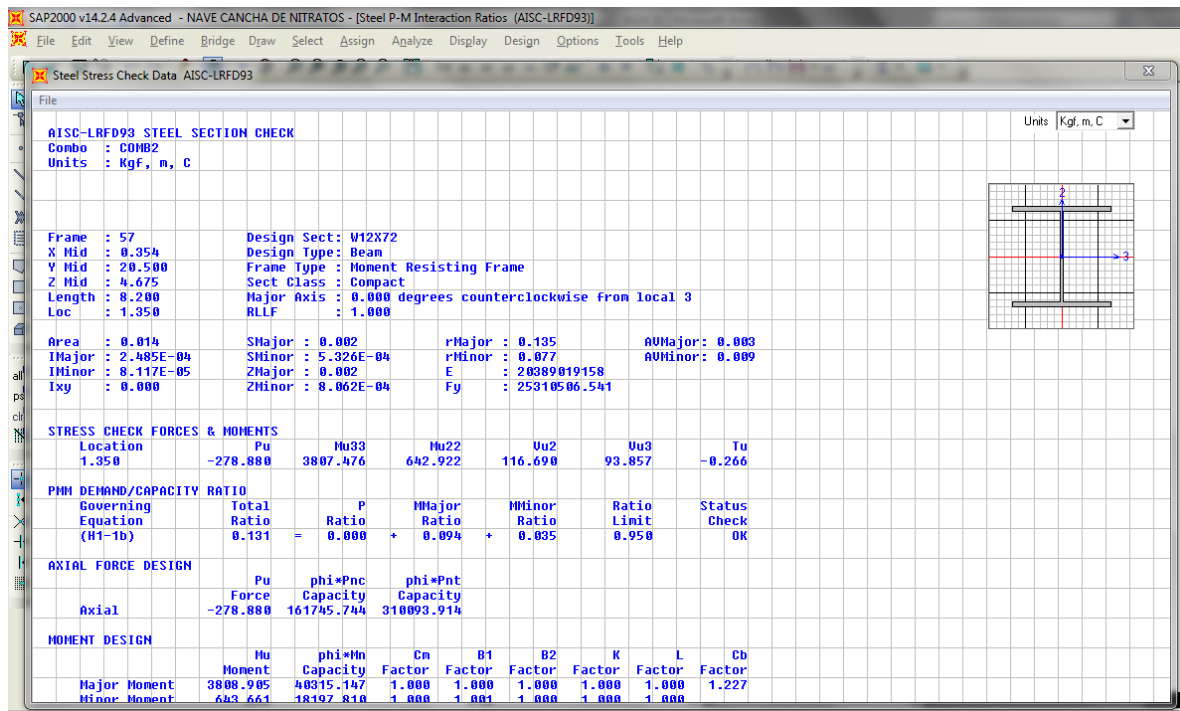


Figura. III-69 Datos de la posibilidad 4 de análisis de viga carrilera

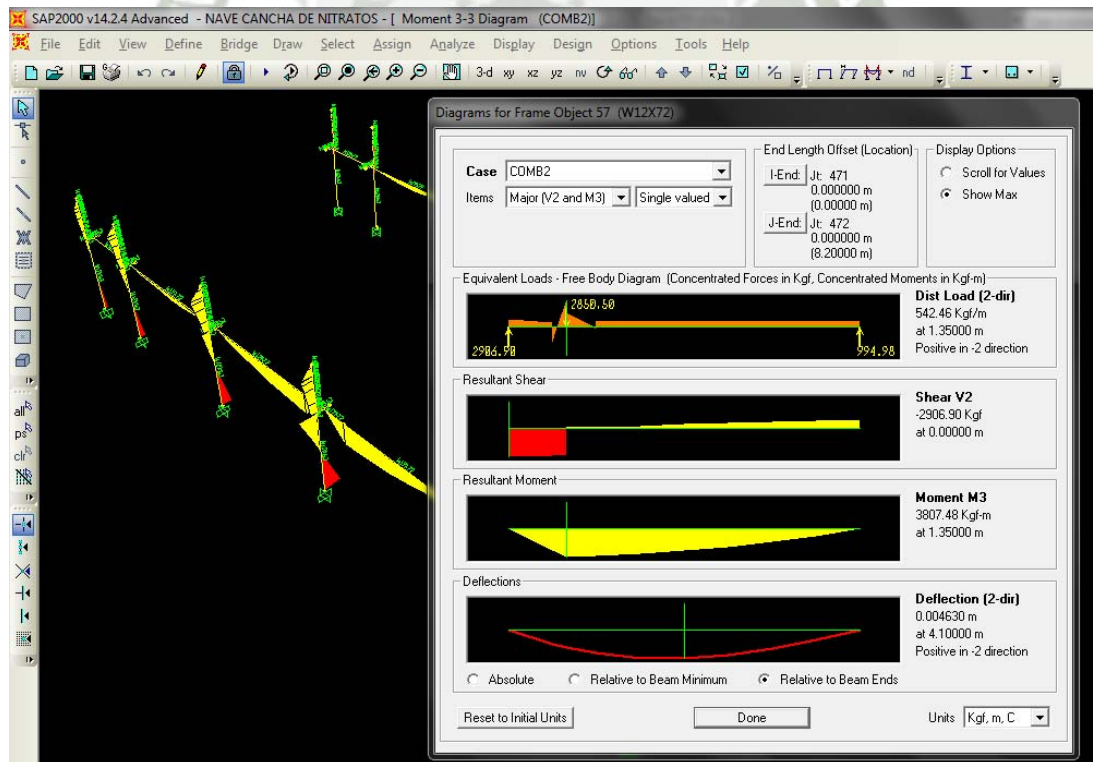


Figura. III-70 Datos de la posibilidad 4 de análisis de viga carrilera.

### 3.1.6.1. D.- Análisis de deformaciones

Dentro de las posibilidades analizadas elaboramos el siguiente cuadro con las cargas y momento más críticos para nuestro análisis:

Descripción	P(klb)	M(klb-pulg)
Posibilidad 1	1.19	1430.46
Posibilidad 2	-0.37	579.42
Posibilidad 3	0.64	798.88
Posibilidad 4	-0.61	330.47

*Tabla. III-22.-Distribución de cargas y momento en extremos*

Observamos que los valores más críticos se encuentran en la posibilidad 1, de esta manera obtenemos la deformación vertical y horizontal evaluada para una carga viva (LIVE) que cumplan con la norma CMAA de puentes grúas las cuales son:

- o Deformación vertical: Tenemos una Longitud = 8000mm

$$\delta_{VERTICAL} \leq \frac{L}{600}$$

$$\delta_{VERTICAL} \leq \frac{8000}{600}$$

$$\delta_{VERTICAL} \leq 13.33mm$$

Deformación vertical de acuerdo a SAP 2000:

13.00mm < 13.33mm....OK



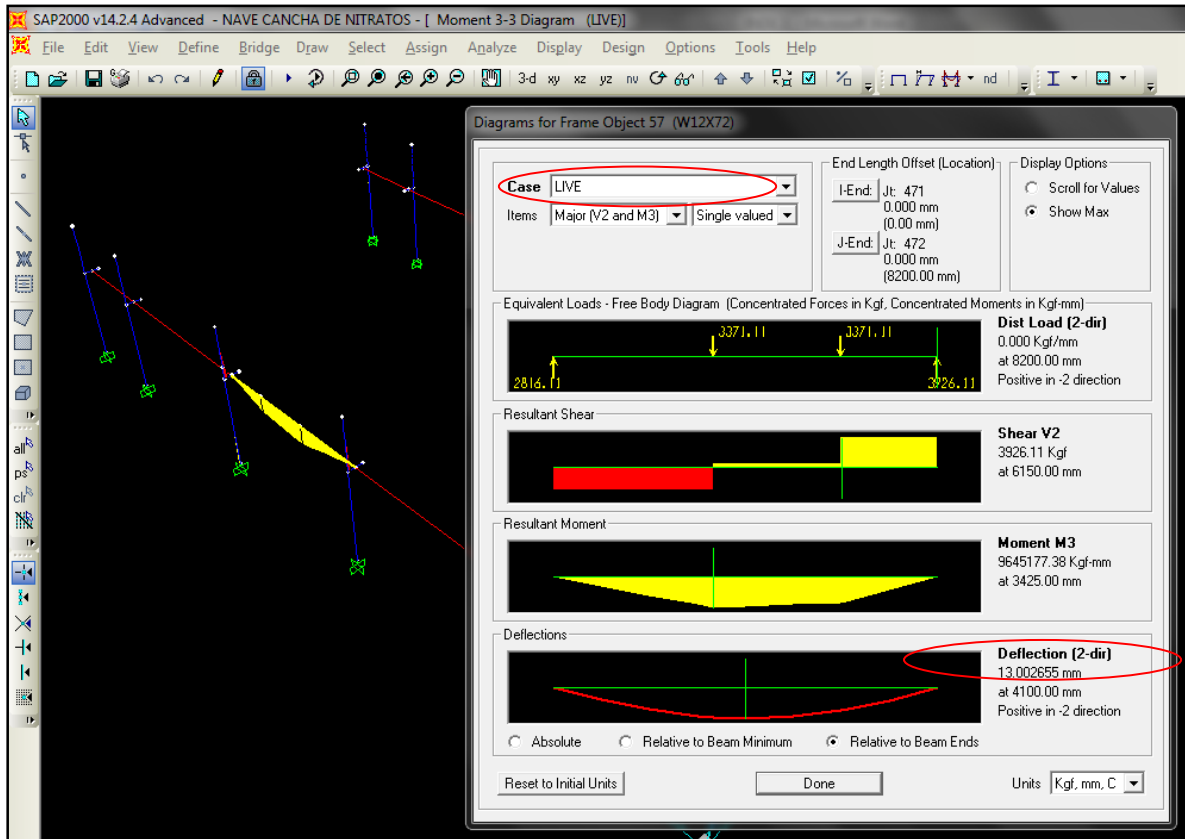


Figura. III-71 Deformación Vertical.

- o Deformación horizontal: Tenemos una Longitud = 8000mm

$$\delta_{HORIZONTAL} \leq \frac{L}{400}$$

$$\delta_{HORIZONTAL} \leq \frac{8000}{400}$$

$$\delta_{HORIZONTAL} \leq 20mm$$

Deformación vertical de acuerdo a SAP 2000:

7.78mm < 20mm....OK

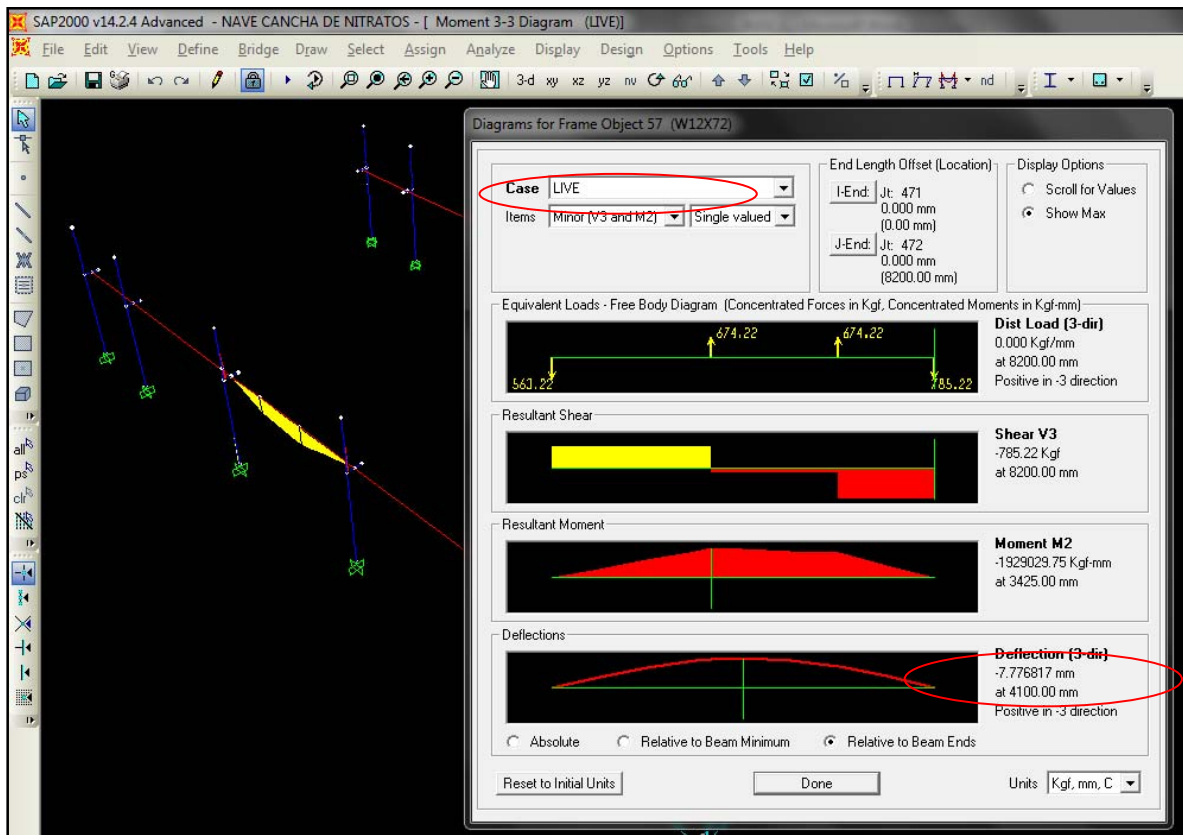


Figura. III-72 Deformación Horizontal.

### 3.1.6.1. E.- Análisis de viga carrilera por Flexo tensión.

En la sección H1 de las especificaciones LRFD se dan las siguientes ecuaciones de interacción para perfiles simétricos sujetos simultáneamente a flexión y a tensión axial.

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} > 0.2$$

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

Obtenemos los siguientes datos del programa SAP2000 para nuestro cálculo para una viga W12x72 en un análisis de flexotensión:

- $P_u = 1.19 \text{ klb.}$
- $M_{uy} = 267.89 \text{ klb-pulg}$
- $M_{ux} = 1430.46 \text{ klb-pulg}$
- $k_y = 1$
- $k_x = 1$
- $r_y = 3.04$
- $r_x = 5.32$
- $Z_x = 108.00$
- $Z_y = 49.20$
- $S_x = 97.073 \text{ pulg}^3$
- $S_y = 32.5 \text{ pulg}^3$
- $L = 8.2 \text{ m} = 322.835 \text{ pulg.}$
- $C_b = 1.13$  (Factor de modificación)
- $A = 21.1 \text{ pulg}^2$



LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=1.19</math> klb.</li> <li>• <math>M_{uy}=267.89</math> klb-pulg</li> <li>• <math>M_{ux}=1430.46</math> klb-pulg</li> </ul> $\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1 \times 322.835}{5.319} = 60.69$ $\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1 \times 322.835}{3.04} = 106.19$ <p>Calculo de la longitud efectiva</p> $KL = \frac{K_x L_x}{\left(\frac{r_x}{r_y}\right)} = \frac{1.0 \times 322.835}{\left(\frac{5.319}{3.04}\right)} = 184.51 \text{ pu lg}$ $KL = 15.375 \text{ ft}$ <p>-Trabajamos con la ecuación de tensión <math>\phi_T P_n</math></p> <p>-En Grado 50 tenemos: <math>\phi_T P_n</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluencia = 949 kip.----&gt;grado 50</li> <li>• Ruptura = 770 kip.----&gt;grado 65</li> </ul> <p>-Transformando a Grado 36 tenemos: <math>\phi_T P_n</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluencia = <math>\frac{36}{50} \times 949 \text{ kip} = 683.28 \text{ kip}</math>---&gt;grado 36</li> <li>• Ruptura = <math>\frac{58}{65} \times 770 \text{ kip} = 687.10 \text{ kip}</math>---&gt;grado 58</li> </ul> <p>-Elegimos el menor en grado 36: <math>\phi_T P_n = 683.28 \text{ kip}</math></p>	<p>SAP 2000</p> <p>Considerando <math>k_x=1.0</math>; <math>k_y=1.0</math></p> <p>Ecuación D1.1 Manual AISC.</p> <p>Tabla AISC 5.1 W12x72</p>



<p>• <math>BF_Y = \frac{\phi_t M_{nY} - \phi_t M_{rY}}{L_r - L_p} \Rightarrow M_{rY} = S_Y (F_Y - F_r)</math></p> <p>• <math>M_{rY} = S_Y (F_Y - F_r) = 32.5 * (36 - 10) = 845 \text{klb} - \text{pu lg}</math></p> <p><math>\therefore BF_Y = \frac{\phi_t M_{nY} - \phi_t M_{rY}}{L_r - L_p} = \frac{1594.08 - 0.9 * 845}{448.8 - 184.51} = 3.15 \text{kip}</math></p> <p>• <math>M_{dLY} = \phi_t M_{nY} - BF_Y (L_b - L_p)</math>  <math>M_{dLY} = 1594.08 - 3.15(184.51 - 128.4) \text{klb} - \text{pu lg}</math>  <math>M_{dLY} = 1417.33 \text{klb} - \text{pu lg}</math></p> <p>Calculamos: <math>M_d = C_b * M_{dl}</math></p> <p>• <math>M_{dX} = C_b * M_{dIX} = 1.139 * 3185.54 = 3628.33 \text{klb} - \text{pu lg}</math></p> <p>• <math>M_{dY} = C_b * M_{dIY} = 1.139 * 1417.33 = 1682.67 \text{klb} - \text{pu lg}</math></p> <p>-De la ecuación: <math>M_d = \phi_b M_n = M_{dl} = \min(C_b M_{dl}; \phi M_n)</math></p> <p>Obtenemos el valor mínimo entre: <math>C_b M_{dl}; \phi M_n</math>;  tenemos que <math>\phi M_n</math>:</p> <p>• <math>\phi_t M_{nx} = 3499.2 \text{klb} - \text{pu lg}</math>  • <math>\phi_t M_{ny} = 1594.08 \text{klb} - \text{pu lg}</math></p> <p>-Análisis de cargas</p> $\frac{P_u}{\phi_t P_n} = \frac{1.19 \text{kip}}{638.28 \text{kip}} = 0.00182 < 0.2$	<p>-Para <math>M_{rY}</math>. Se analiza la ecuación 10.4.10 de Vinnakota, se toma un valor de <math>F_r = 10 \text{ksi}</math>.</p> <p>-De programa SAP2000  Tenemos <math>C_b = 1.139</math></p>
---	--



Por lo tanto usamos:

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

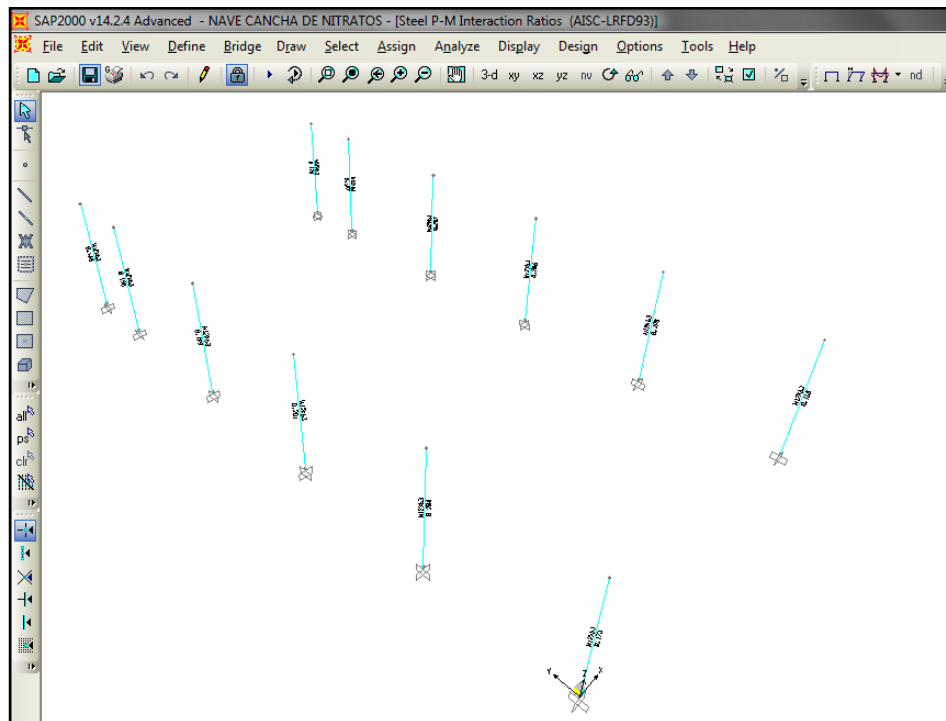
$$\frac{1.19 \text{ kip}}{2 * 638.28 \text{ kip}} + \left( \frac{1430.46 \text{ klb} \cdot \text{pu lg}}{3499.2 \text{ klb} \cdot \text{pu lg}} + \frac{267.89 \text{ klb} \cdot \text{pu lg}}{1594.08 \text{ klb} \cdot \text{pu lg}} \right)$$

$$0.58 \leq 1.0 \dots \text{OK}$$

### 3.1.6.2-Análisis en la Columna.

Para el análisis de las columnas también usaremos las cuatro posibilidades que fueron utilizadas en el análisis de la viga carrilera por lo tanto tenemos:

- **Posibilidad 1:** combina la posición 1 con la ubicación 1 con las cargas de la tabla 3.1.6.1. B.1, obteniendo los siguientes resultados.



*Figura. III-73 Comprobación de la posibilidad 1 de análisis de columna*

Se aprecia que todas las columnas W12x53 están dentro del ratio adecuado, se analizara los datos en las columnas más próximas donde se ubico el testero obteniendo los siguientes resultados:

- Ratio de 0.201 COMBO 12
- $P_u = -6306.401 \text{ kgf} = -13.903 \text{ klb.}$
- $M_{u2} = 1707.27 \text{ kgf} \cdot \text{m.} = 148.18 \text{ klb} \cdot \text{pulg.}$

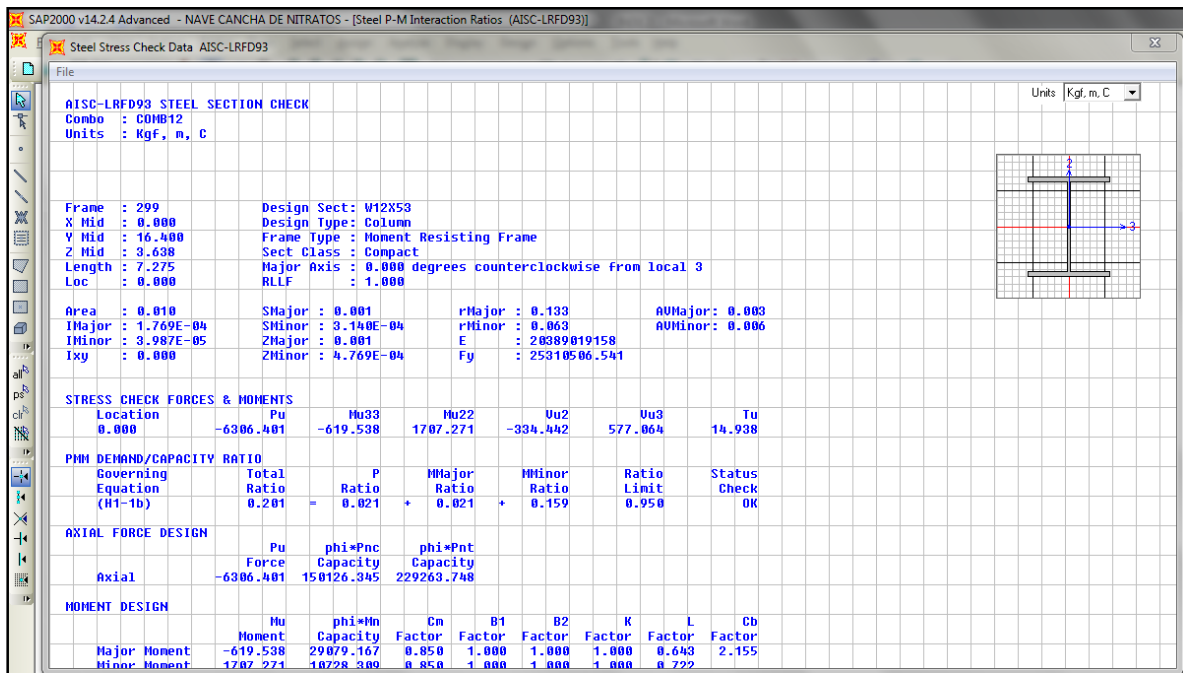


Figura. III-74 Datos de la posibilidad 1 de análisis de la columna

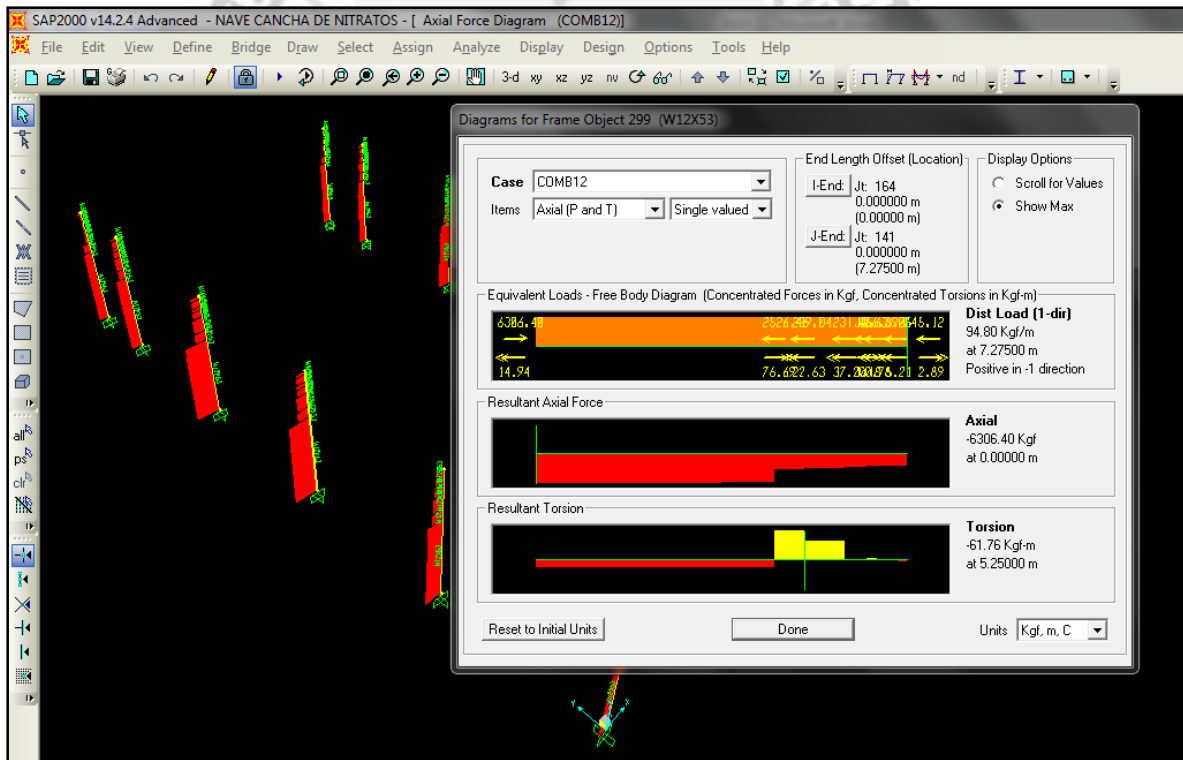


Figura. III-75 Datos de la posibilidad 1 de análisis de la columna



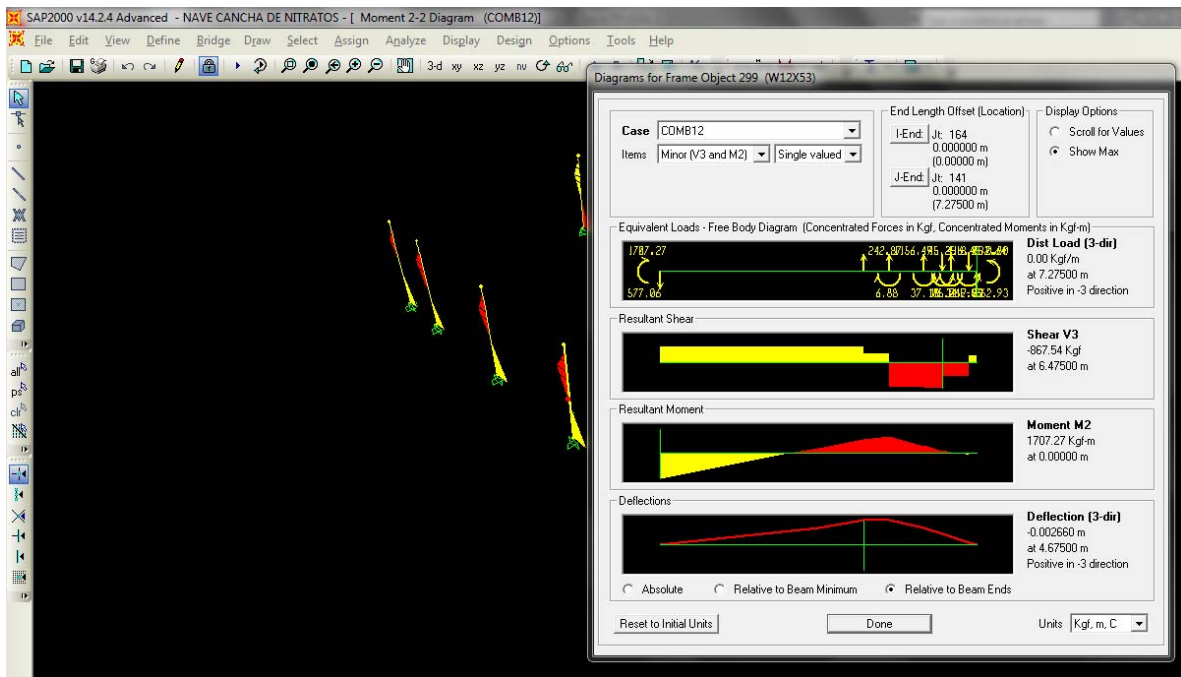


Figura. III-76 Datos de la posibilidad 1 de análisis de la columna en momento flexionante

- **Posibilidad 2:** combina la posición 1 con la ubicación 2 con las cargas de la tabla 3.1.6.1. B.1.

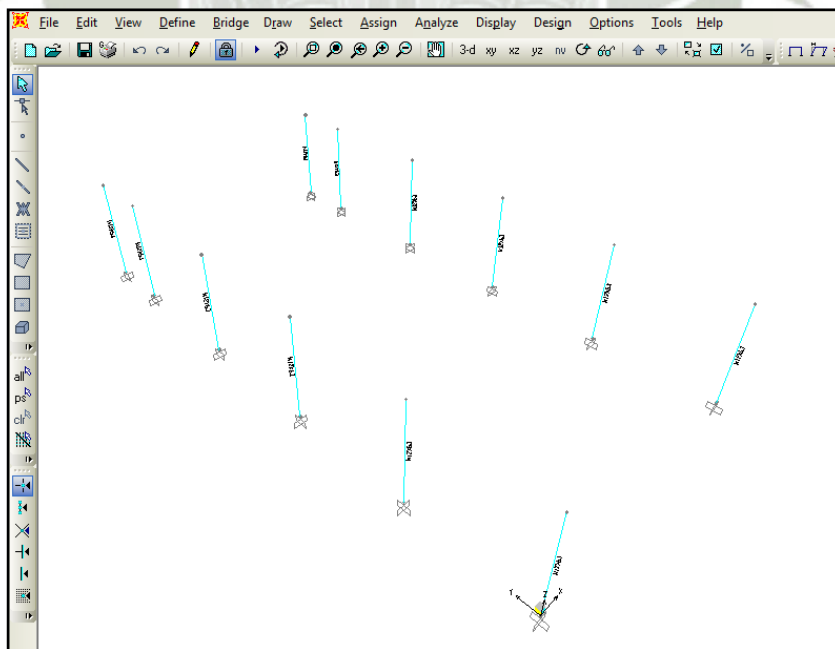


Figura. III-77 Comprobación de la posibilidad 2 de análisis de columna

Se aprecia que todas las columnas W12x53 están dentro del ratio adecuado, se analizara los datos en las columnas más próximas donde se ubico el testero obteniendo los siguientes resultados:

- Ratio de 0.2 COMBO 12
- $P_u = -7744.14 \text{ kgf} = -17.073 \text{ klb.}$
- $M_u = 1696.687 \text{ kgf} \cdot \text{m.} = 147.26 \text{ klb} \cdot \text{pulg.}$

SAP2000 v14.2.4 Advanced - NAVE CANCHA DE NITRATOS - [Steel Design Sections (AISC-LRFD93)]

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

**AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK**  
 Combo : COMB12  
 Units : Kgf, m, C

Frame : 299      Design Sect: W12X53  
 X Mid : 0.000      Design Type: Column  
 Y Mid : 16.400      Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 3.638      Sect Class : Compact  
 Length : 7.275      Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 0.000      RLLF : 1.000

Area : 0.010      SMajor : 0.001      rMajor : 0.133      AUMajor : 0.003  
 IMajor : 1.769E-04      SMinor : 3.140E-04      rMinor : 0.063      AUMinor : 0.006  
 IMinor : 3.987E-05      ZMajor : 0.001      E : 20389019158  
 Ixy : 0.000      ZMinor : 4.769E-04      Fy : 25310506.541

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	-7744.147	-478.076	1696.687	-304.981	573.699	14.956

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.200	= 0.026	+ 0.016	+ 0.158	0.950	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-7744.147	150126.345	229263.748

**MOMENT DESIGN**

Figura. III-78 Datos de la posibilidad 2 de análisis de la columna

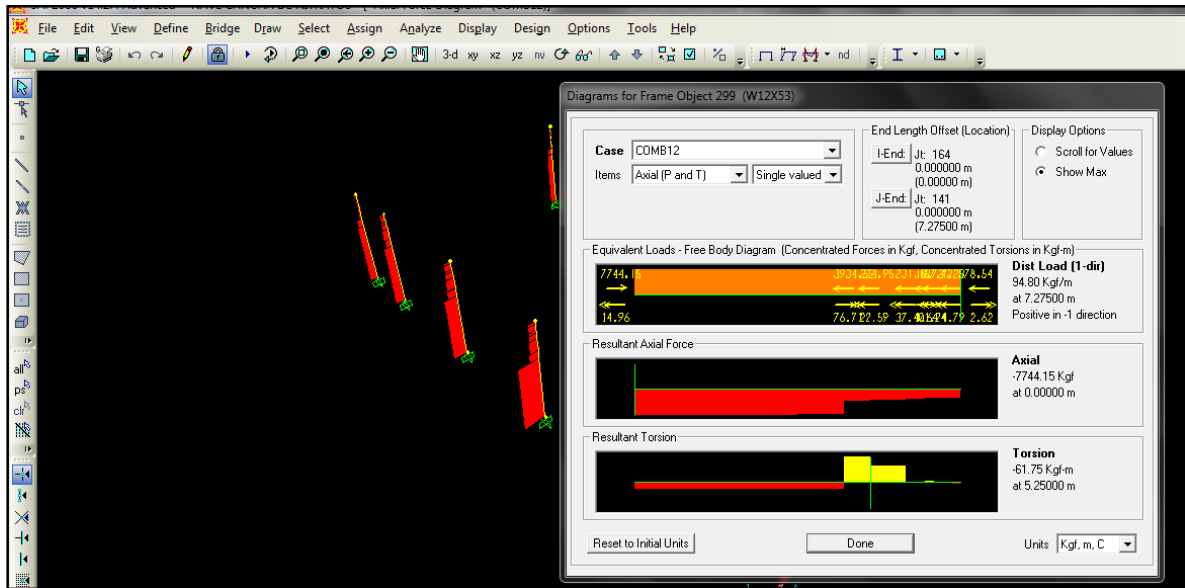


Figura. III-79 Datos de la posibilidad 2 de análisis de la columna en fuerza axial

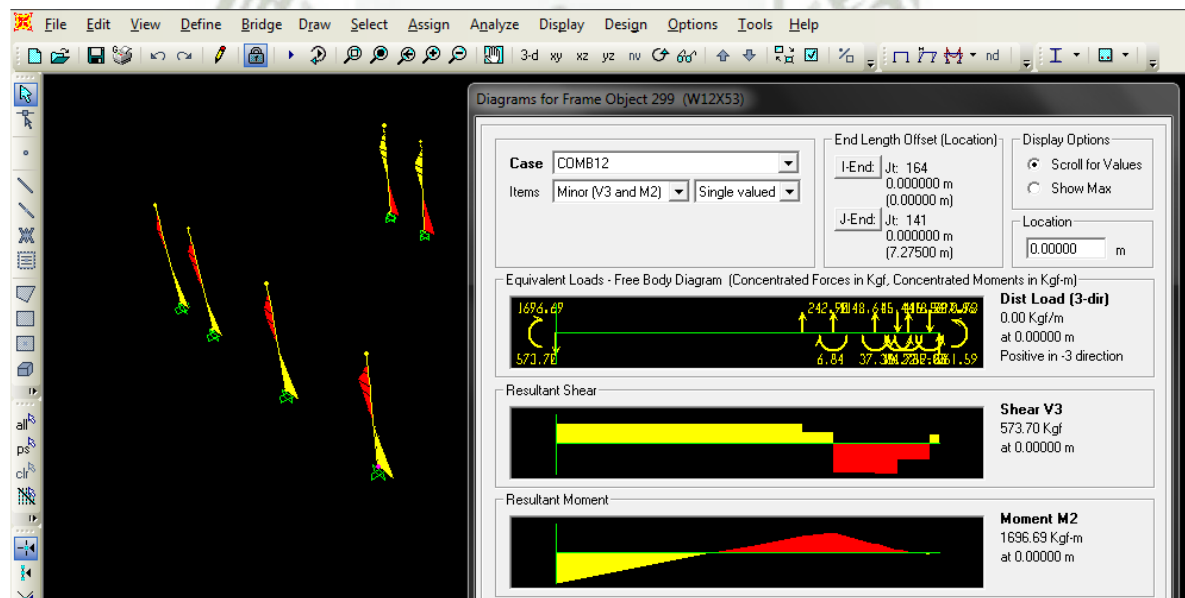
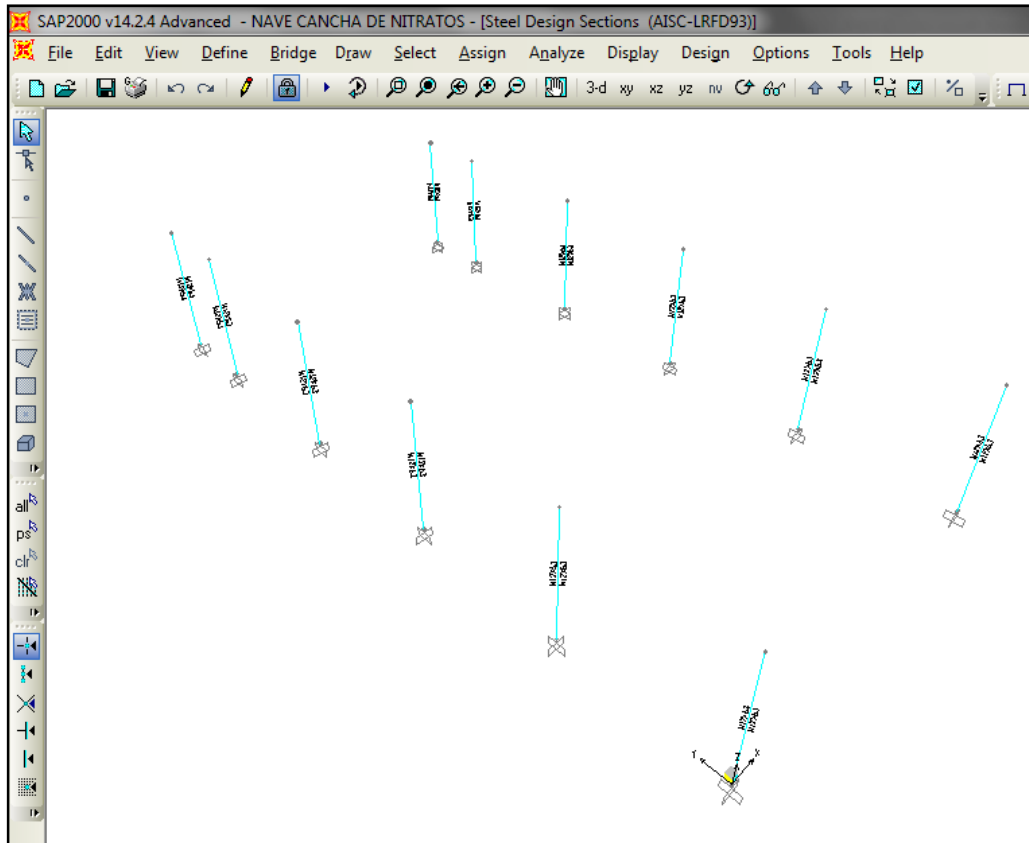


Figura. III-80 Datos de la posibilidad 2 de análisis de la columna en momento flexionante



- **Posibilidad 3:** combina la posición 2 con la ubicación 1 con las cargas de la tabla 3.1.6.1. B.2.



*Figura. III-81 Comprobación de la posibilidad 3 de análisis de columna*

Se aprecia que todas las columnas W12x53 están dentro del ratio adecuado, se analizara los datos en las columnas más próximas donde se ubico el testero obteniendo los siguientes resultados:

- Ratio de 0.224 COMBO 12
- $P_u = -5906.96 \text{ kgf} = -13.023 \text{ klb.}$
- $M_{u2} = 1664.89 \text{ kgf} \cdot \text{m.} = 144.507 \text{ klb} \cdot \text{pulg.}$

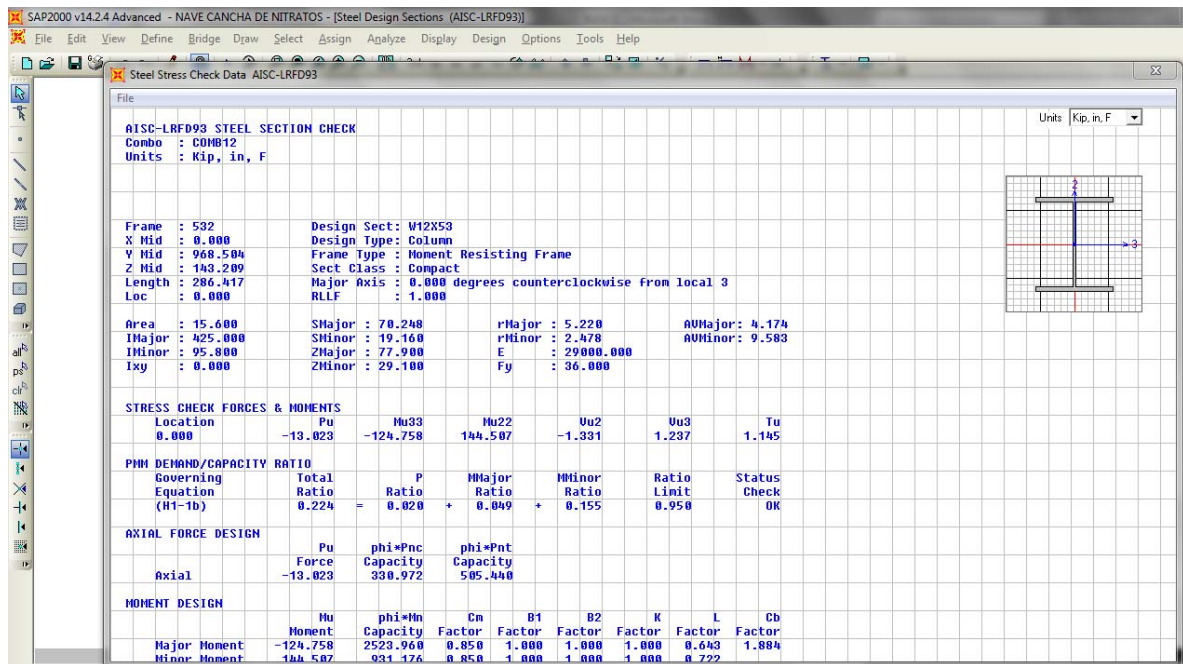


Figura. III-82 Datos de la posibilidad 3 de análisis de la columna

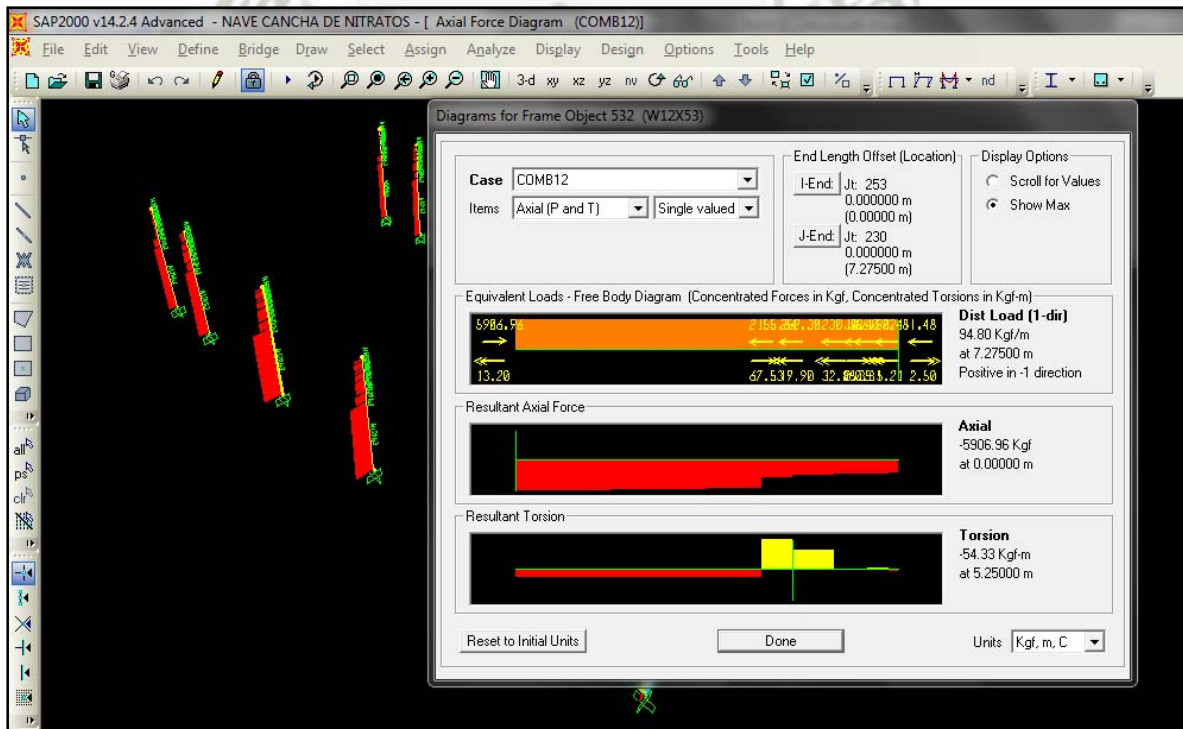


Figura. III-83 Datos de la posibilidad 3 de análisis de la columna en fuerza axial

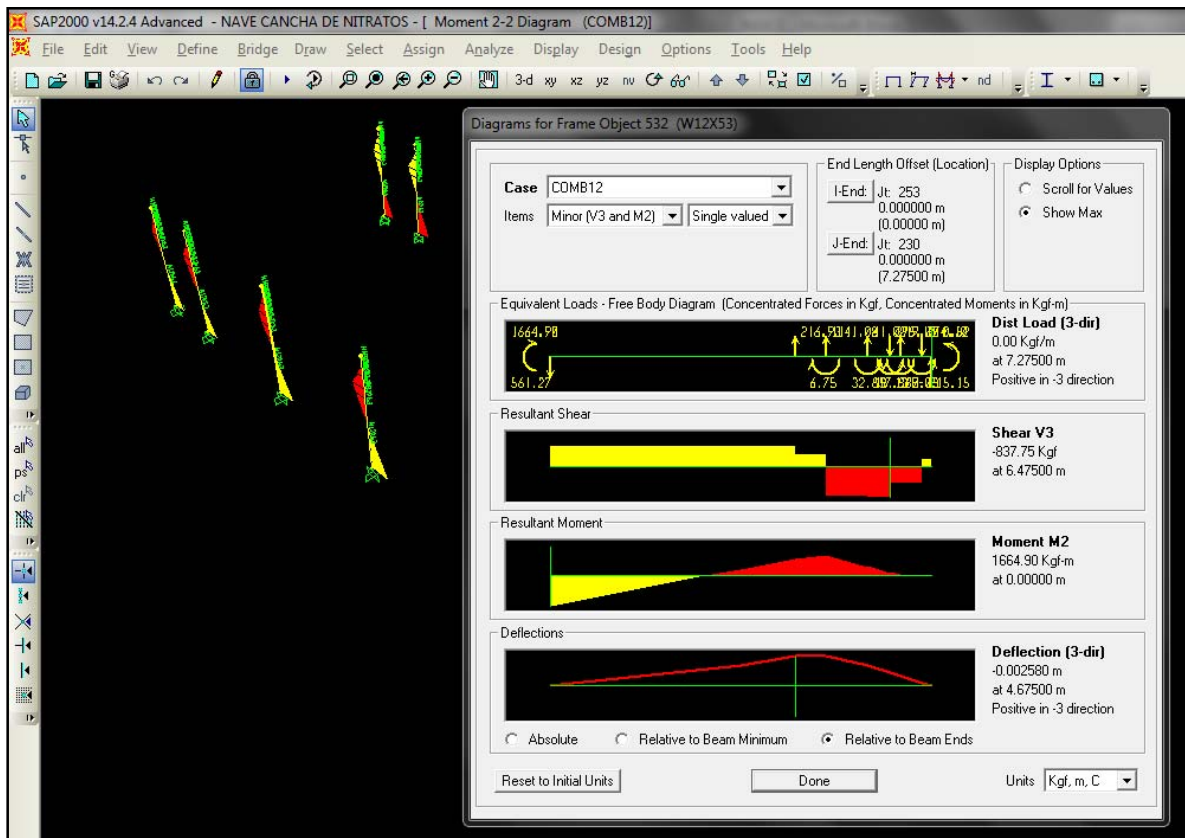
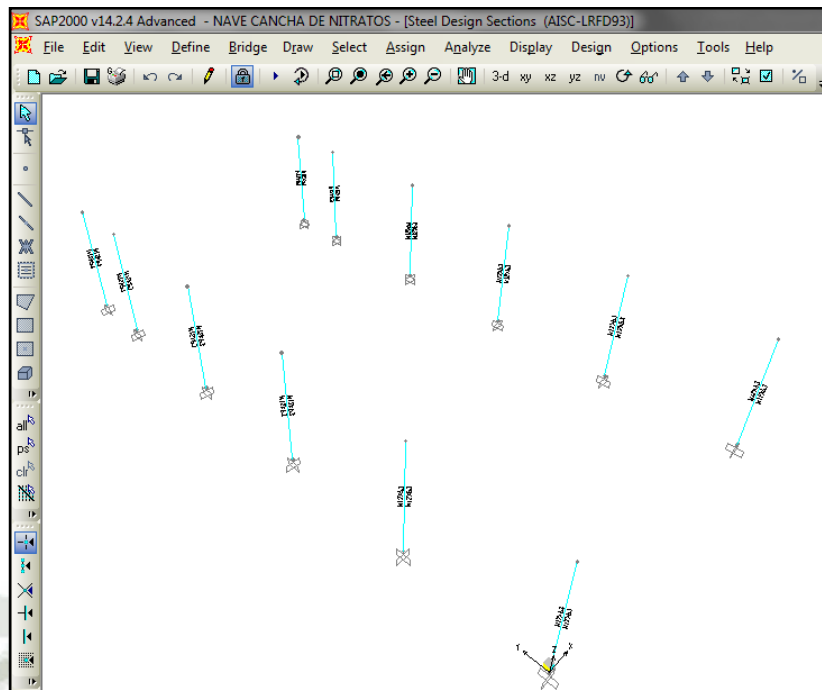


Figura. III-84 Datos de la posibilidad 3 de análisis de la columna en momento flexionante

- **Posibilidad 4:** combina la posición 2 con la ubicación 2 con las cargas de la tabla 3.1.6.1. B.2.





*Figura. III-85 Comprobación de la posibilidad 4 de análisis de columna*

Se aprecia que todas las columnas W12x53 están dentro del ratio adecuado, se analizara los datos en las columnas más próximas donde se ubico el testero obteniendo los siguientes resultados:

- Ratio de 0.234 COMBO 12
- $P_u = -6357.83 \text{ kgf} = -14.07 \text{ klb.}$
- $M_{u2} = 1678.24 \text{ kgf} \cdot \text{m.} = 145.66 \text{ klb} \cdot \text{pulg.}$

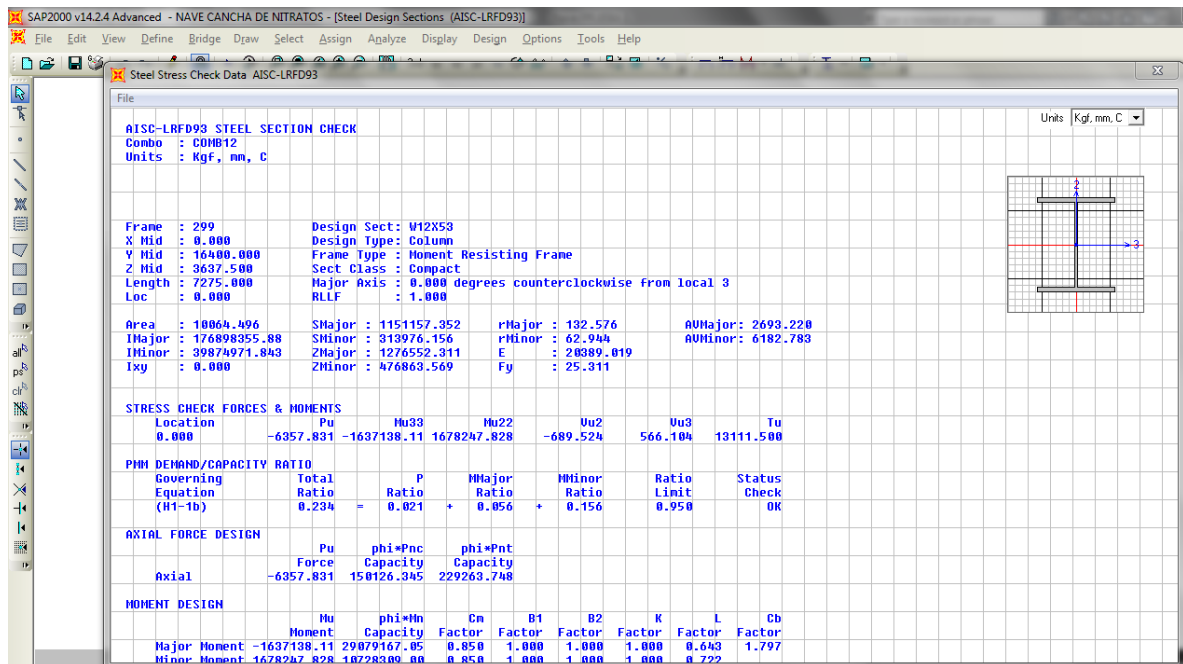


Figura. III-86 Datos de la posibilidad 4 de análisis de la columna

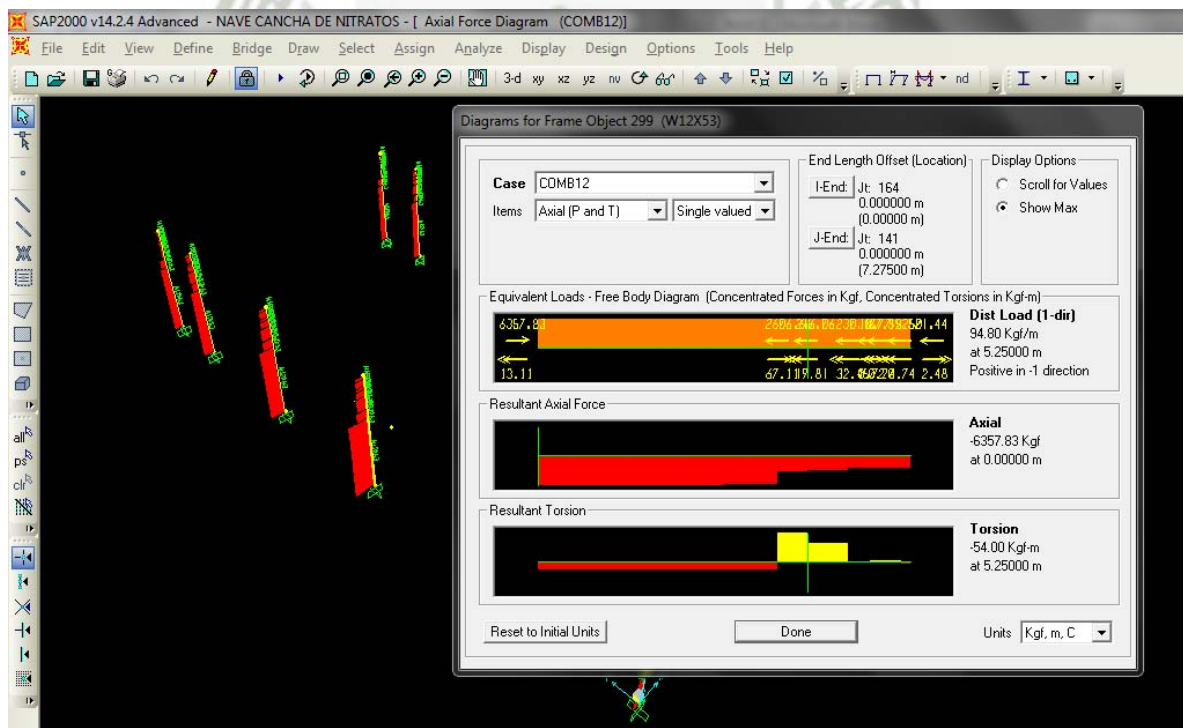


Figura. III-87 Datos de la posibilidad 4 de análisis de la columna en fuerza axial

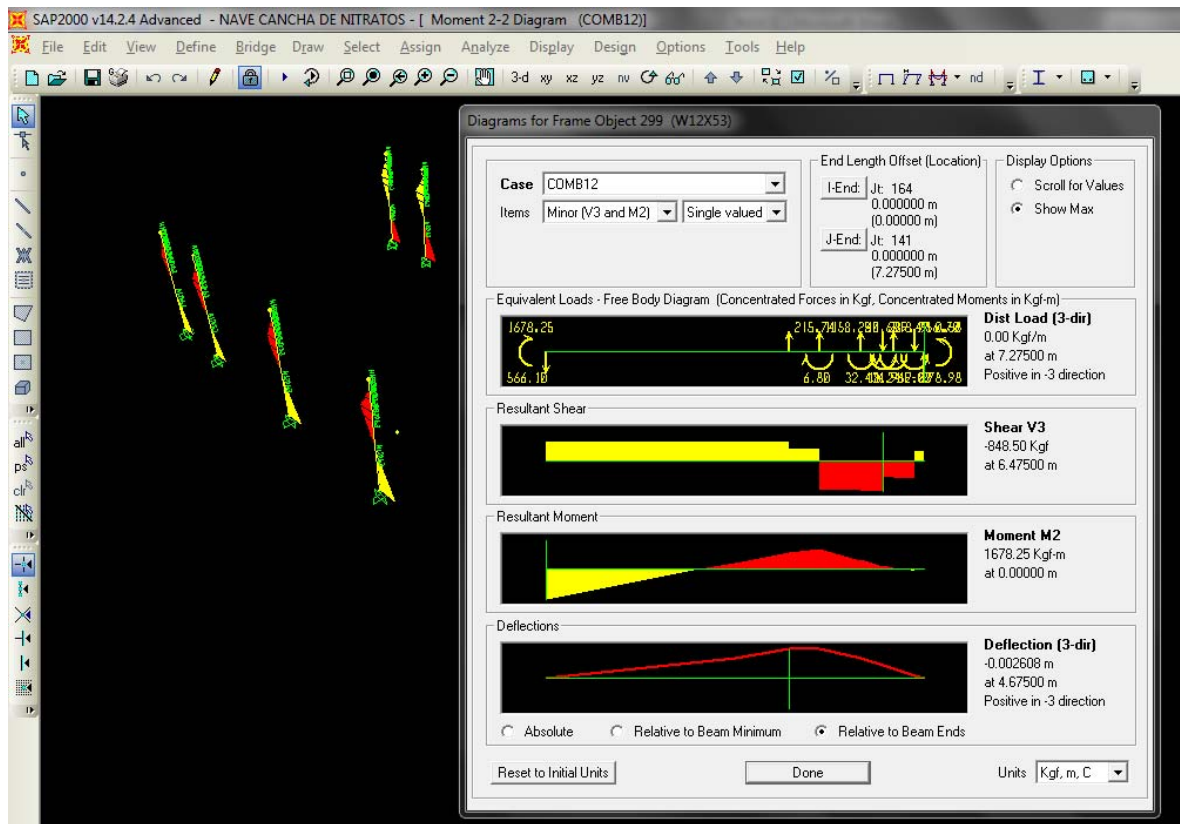


Figura. III-88 Datos de la posibilidad 4 de análisis de la columna en momento flexionante

### 3.1.6.2. A. Interpretación de resultados.

Realizamos una tabla con los datos recaudados de las cuatro posibilidades antes analizadas, así tenemos:

Descripción	P(klb)	M(klb-pulg)
Posibilidad 1	-13.90	148.18
Posibilidad 2	-17.07	147.26
Posibilidad 3	-13.02	144.51
Posibilidad 4	-14.07	145.66

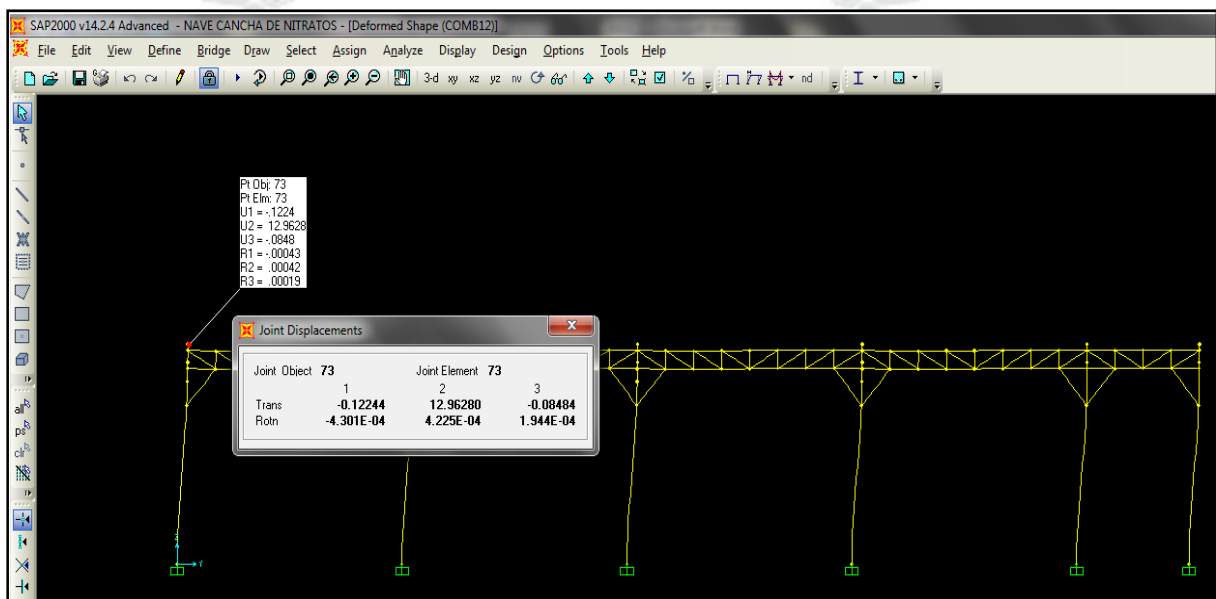
Tabla.III-23.-Resumen de cargas y momento en extremos



Analizamos la posibilidad 1 por ser la más crítica.

### 3.1.6.2. B. Desplazamiento laterales por sismo.

Uno de los principales análisis es el que se realiza por desplazamiento debido al sismo, siendo el más crítico en el plano YZ



*Figura. III-89 Desplazamiento lateral por sismo en columnas*

En la posibilidad 1 tenemos un desplazamiento lateral máximo en el eje Y de 12.96mm.

### 3.1.6.2. C. Análisis de columnas como miembro sujeto a flexión y compresión axial.

En la sección H1 de las especificaciones LRFD se dan las siguientes ecuaciones de interacción para perfiles simétricos sujetos simultáneamente a flexión y a tensión axial.

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} > 0.2$$

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

Obtenemos los siguientes datos del programa SAP2000 para nuestro cálculo:

- $P_u = 13.9$  klb.
- $M_{uy} = 148.18$  klb-pulg
- $M_{ux} = 53.77$  klb-pulg
- $k_y = 0.722$
- $k_x = 0.643$
- $r_y = 2.48$
- $r_x = 5.22$
- $L = 7.275\text{m} = 286.47\text{pulg}$ .

LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=13.9</math> klb.</li> <li>• <math>M_{uy}=148.18</math> klb-pulg</li> <li>• <math>M_{ux}=53.77</math> klb-pulg</li> </ul> $\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{0.643 \times 286.47}{5.22} = 35.28$ $\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{0.722 \times 286.47}{2.47} = 83.73$ <p>-Trabajamos con el mayor 83.73 aproximando a 84</p> $\phi_C F_{CR} = 22.3 \text{ ksi}$ $\phi_C P_n = \phi_C F_{CR} A_g = 22.3(15.6) = 347.88 \text{ kips}$ <p>Calculo de la longitud efectiva</p> $KL = \frac{K_x L_x}{\left(\frac{r_x}{r_y}\right)} = \frac{0.643 \times 286.47}{\left(\frac{5.22}{2.478}\right)} = 87.71 \text{ pulg}$ $KL = 7.31 \text{ ft}$ <p>Trabajando con <math>L_b=7.31</math> ft</p> $\phi M_{nx} = \phi Z_x F_y = 0.9 * 77.9 \text{ pulg}^3 * 36 \text{ ksi}$ $\phi M_{nx} = 2524 \text{ klb} - \text{pulg}$ $\phi M_{ny} = \phi Z_y F_y = 0.9 * 29.1 \text{ pulg}^3 * 36 \text{ ksi}$ $\phi M_{ny} = 942.84 \text{ klb} - \text{pulg}$ <p>Análisis de cargas</p> $\frac{P_u}{\phi_C P_n} = \frac{13.9 \text{ kip}}{347.88 \text{ kip}} = 0.039 < 0.2$	<p>SAP 2000</p> <p>Considerando <math>k_x=0.722</math>; <math>k_y=0.643</math></p> <p>Manual AISC tabla 4-22</p> <p>Manual AISC tabla 3-2 <math>Z_x=77.9 \text{ pulg}^3</math> <math>Z_y=29.1 \text{ pulg}^3</math></p>



<p>Por lo tanto usamos:</p> $\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$ $\frac{13.9 \text{ kip}}{2 * 347.88 \text{ kip}} + \left( \frac{53.47 \text{ klb} \cdot \text{pu} \cdot \text{lg}}{2524 \text{ klb} \cdot \text{pu} \cdot \text{lg}} + \frac{148.2 \text{ klb} \cdot \text{pu} \cdot \text{lg}}{942.84 \text{ klb} \cdot \text{pu} \cdot \text{lg}} \right)$ <p>0.2 ≤ 1.0.....OK</p>	Manual AISC; capitulo H
--	-------------------------

### 3.1.6.2. D. Análisis de placa base.

Para el cálculo del puente grúa lo ubicaremos en la posibilidad 2,

Descripción	P(klb)	M(klb-pulg)
Posibilidad 1	-13.90	148.18
Posibilidad 2	-17.07	147.26
Posibilidad 3	-13.02	144.51
Posibilidad 4	-14.07	145.66

*Tabla.III-24.-Cargas analizadas para diseño de placa base*

En esta posición se analizara con la mayor carga axial. Del programa SAP 2000 se obtiene los siguientes datos:

- $P_u=17.073 \text{ klb}$
- $M_u=147.26 \text{ klb-pulg}$
- $V_{u1}=0.672 \text{ klb}$
- $V_{u2}=-1.265 \text{ klb}$

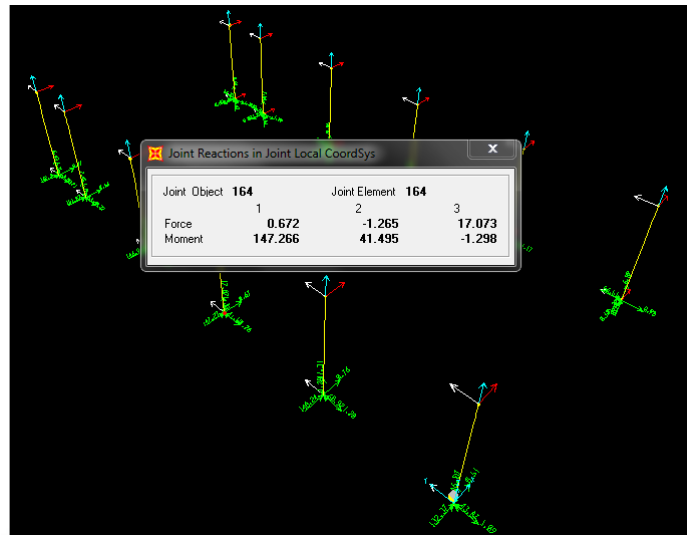


Figura. III-90 Cargas críticas en columna

Para el cálculo usaremos el método del Manual LRFD con los datos de la figura:

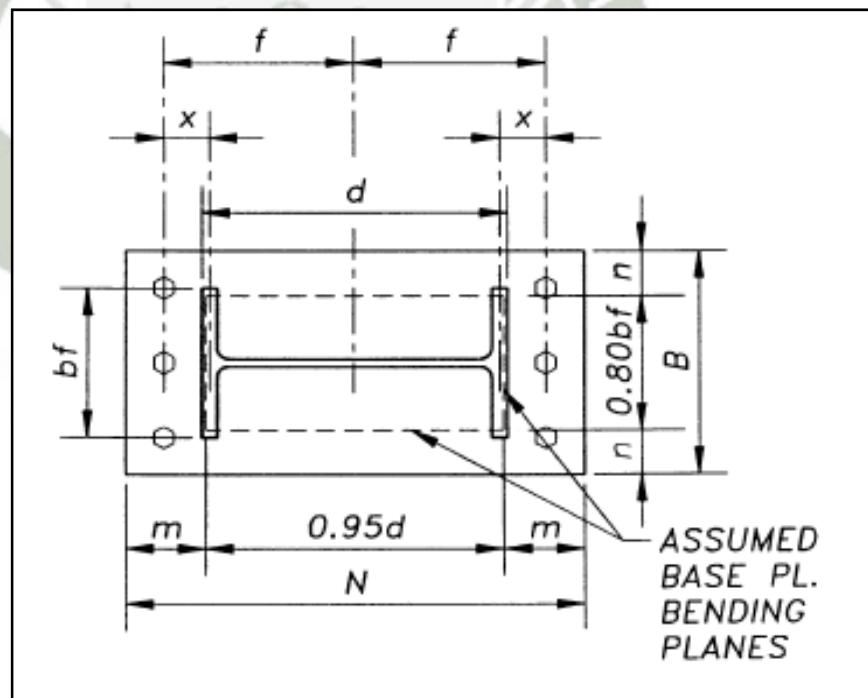
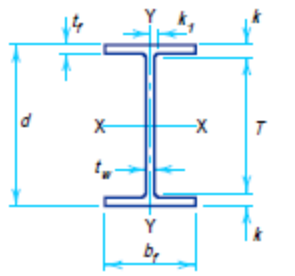


Figura. III-91 Análisis para placa base

LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=17.073\text{kilb}</math></li> <li>• <math>M_u=147.26\text{kilb-pulg}</math></li> <li>• <math>V_{u1}=0.672\text{kilb}</math></li> <li>• <math>V_{u2}=-1.265\text{kilb}</math></li> </ul> <p>- Datos de la viga W12x53</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>b_f=10.00\text{pulg}</math></li> <li>• <math>d= 12.00\text{pulg}</math></li> <li>• <math>t_w=0.345\text{pulg}</math></li> <li>• <math>t_f=0.575\text{pulg}</math></li> </ul>  <p>- Datos para concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>f'_c=3\text{ksi}</math></li> <li>• <math>\phi=0.65</math></li> </ul> <p>-Consideraremos un perno A325 tipo 2</p> <p>- Diámetro (<math>D_r</math>) = <math>\frac{3}{4}''=0.75\text{pulg}</math></p> <p>-Área perno (<math>A_r</math>)=<math>0.442\text{pulg}^2</math></p> <p>-Calculo de ancho y largo de la placa base:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>N &gt; d_b + 10D_r = 12 + 10(0.75) = 19.5\text{ pulg}</math></li> <li>• <math>B &gt; b_f + 6D_r = 10 + 6(0.75) = 14.5\text{ pulg}</math></li> </ul> <p>- Comprobamos que <math>A_1 &gt; b_f * d</math>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>A_1 &gt; 10\text{pulg} * 12\text{pulg}</math></li> </ul>	<p>Programa SAP 2000</p> <p>Manual LRFD</p>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>A_1 &gt; 120 \text{ pulg}^2</math></li> <li>- Redondeando los valores de N y B tenemos:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>N = 20 \text{ pulg}</math></li> <li>• <math>B = 15 \text{ pulg}</math></li> </ul> </li> <li>- Por lo tanto el Área de la placa base <math>(A_1) = 300 \text{ pulg}^2</math></li> <li>- Comprobamos que <math>A_1 &gt; b_f \cdot d</math>:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>300 \text{ pulg}^2 &gt; 10 \text{ pulg} \cdot 12 \text{ pulg}</math></li> <li>• <math>300 \text{ pulg}^2 &gt; 120 \text{ pulg}^2 \dots \text{OK}</math></li> </ul> </li> <li>- Dimensionamiento de la zapata de concreto:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>D_b = 1.75 D_r = 1.75(0.75) = 1.31 \text{ pulg}</math></li> <li>• <math>Largo &gt; N + 2(6D_r - D_b)</math>  <math>Largo &gt; 20 \text{ pulg} + 2(6 \cdot 0.75 \text{ pulg} - 1.31 \text{ pulg})</math>  <math>Largo &gt; 26.38 \text{ pulg}</math></li> <li>• <math>Ancho &gt; B + 2(6D_r - D_b)</math>  <math>Ancho &gt; 15 \text{ pulg} + 2(6 \cdot 0.75 \text{ pulg} - 1.31 \text{ pulg})</math>  <math>Ancho &gt; 21.38 \text{ pulg}</math></li> </ul> </li> <li>- Redondeamos los valores:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Largo = 27 \text{ pulg}</math>.</li> <li>• <math>Ancho = 22 \text{ pulg}</math>.</li> </ul> </li> <li>- Determinar <math>A_2</math> geoméricamente similar a <math>A_1</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>A_1 = N \times B \rightarrow A_1 = 20 \text{ pulg} \times 15 \text{ pulg} = 300 \text{ pulg}^2</math></li> <li>• Proporción <math>B/N = 0.75</math></li> </ul> </li> <li>- Tomando el mayor valor de la zapata: <math>N_2 = 27 \text{ pulg}</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>B_2 = \text{proporción} N_2 = 0.75 \cdot 27 \text{ pulg} = 20.25 \text{ pulg}</math></li> </ul> </li> </ul>	
--	--

- $A_2 = N_2 \times B_2 = 27 \text{ pulg} \times 20.25 \text{ pulg} = 546.75 \text{ pulg}^2$ .

- Calculo de la excentricidad equivalente y la excentricidad crítica:

-Determinación de la excentricidad equivalente:

$$e = \frac{M_U}{P_U} = \frac{147.26 \text{ klb} - \text{pu lg}}{17.073 \text{ klb}}$$

$$e = 8.63 \text{ pu lg}$$

-Determinación de la excentricidad crítica:

- $f_{p \max} = \phi_c (0.85 f'_c) \sqrt{\frac{A_1}{A_2}}$

$$f_{p \max} = 0.65 * 0.85 * 3 \text{ ksi} * \sqrt{\frac{300 \text{ pu lg}^2}{546.75 \text{ pu lg}^2}} = 1.22 \text{ ksi}$$

- $q_{\max} = f_{p \max} * B = 1.22 \text{ ksi} * 15 \text{ pu lg} = 18.4 \frac{\text{klb}}{\text{pu lg}}$

- $e_{\text{critica}} = \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2q_{\max}} = \frac{20 \text{ pu lg}}{2} - \frac{17.073 \text{ klb}}{2 * 18.4 \frac{\text{klb}}{\text{pu lg}}}$

$$e_{\text{critica}} = 9.54 \text{ pu lg}$$

-Por lo tanto comprobamos:  $e < e_{\text{critica}}$ :

$8.63 \text{ pulg} < 9.54 \text{ pulg}$ .....ok. Cumple con el caso

Momento de magnitud pequeña:

-Calculo de longitud de soporte Y:

$$Y = N - 2e = 20 - 2 * 8.63 = 2.74 \text{ pu lg}.$$

- Calculo de los valores “m” y “n”

$$\bullet m = \frac{N - 0.95d}{2} = \frac{20 - 0.95 \cdot 12}{2} = 4.3 \text{ pulg}$$

$$\bullet n = \frac{B - 0.8b_f}{2} = \frac{15 - 0.8 \cdot 10}{2} = 3.5 \text{ pulg}$$

$$\bullet f_p = \frac{P_u}{BY} = \frac{17.073 \text{ klb}}{15 \text{ pulg} \cdot 2.74 \text{ pulg}} = 0.41 \text{ ksi}$$

-Cálculo de espesor de la placa base: para nuestro caso vemos que  $Y < m$  por lo tanto nuestro espesor esta dado por:

Ecuación 3.2.15

$$\bullet t_{preq} = 2.11 \sqrt{\frac{f_p Y \left( m - \frac{Y}{2} \right)}{F_y}}$$

$$\bullet t_{preq} = 2.11 \sqrt{\frac{0.41 \text{ ksi} \cdot 2.71 \text{ pulg} \left( 4.3 \text{ pulg} - \frac{2.71 \text{ pulg}}{2} \right)}{36 \text{ ksi}}}$$

$$\bullet t_{preq} = 0.636 \text{ pulg} = 16.15 \text{ mm}$$

- Redondeando a planchas comerciales escogemos Plancha de 19mm o  $\frac{3}{4}$ ".

$$\bullet t_p = 0.75 \text{ pulg} = 19.05 \text{ mm}$$

-Diseño de las anclas de la placa base:

El análisis se realizara tanto en tensión como en cortante.

Asumir que se utilizara 4 anclas (2 sometidas a tensión, es decir  $n_r=2$ )

$$-n_r=2$$

$$-A_r=0.442 \text{ pulg}^2$$



-Determinación de fuerza cortante

- $V_{u1} = 0.67kip$

- $V_{u2} = 1.265kip$

- $V_u = \sqrt{V_{u1}^2 + V_{u2}^2} = \sqrt{(0.67kip)^2 + (1.265kip)^2}$

- $V_u = 1.43kip$

-Calculo de “ $f_v$ ”

- $f_v = \frac{V_u}{n_r A_r} = \frac{1.43kip}{2 * 0.442 pu lg^2} = 1.62kip$

-Calculo de momento flector  $M_1$  en las anclas

- $Brazo = \frac{t_p + 0.125}{2} = \frac{0.75 + 0.125}{2} = 0.4375 pu lg$

- $M_1 = \frac{V_u * Brazo}{n_r} = \frac{1.43kip * 0.4375 pu lg}{2}$

- $M_1 = 0.31klb * pu lg$

-Calculo de esfuerzo debido a la tensión ( $f_{ta}$ ) y el esfuerzo debido a la flexión ( $f_{tb}$ )

- $S = \frac{D_r^3}{6} = \frac{0.75^3}{6} = 0.07 pu lg^3$

-Calculo de Esfuerzo de tensión requerida( $T_u$ )

- $T_u = qy - Pu = 18.4 \frac{klb}{pu lg} * 2.71 pu lg - 17.073klb$

- $T_u = 32.8klb$

-Por lo tanto

$$\bullet f_{ta} = \frac{T_u}{n_r A_r} = \frac{32.8kip}{2 * 0.442 pu lg^2} = 37.1ksi$$

$$\bullet f_{tb} = \frac{M_1}{S} = \frac{0.31klb * pu lg}{0.07 pu lg^3} = 4.42ksi$$

$$\bullet f_t = f_{ta} + f_{tb} = 37.1ksi + 4.42ksi = 41.52ksi$$

-Comprobando la desigualdad:

$$\bullet f_t \leq \phi_v F'_{nt}$$

$$\phi_v = 0.75$$

$$\phi_v F'_{nt} = \phi_v \left( 1.3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi_v F_{nv}} * f_v \right)$$

-Se probara con anclas de acero A-325 por lo que:

$$F_y = 74ksi$$

$$F_u = 105ksi$$

-Por lo que:

$$\bullet F_{nt} = 0.75 * F_u = 0.75 * 105ksi = 78.75ksi$$

$$\bullet F_{nv} = 0.40 * F_u = 0.40 * 105ksi = 42ksi$$

$$\bullet \phi_v F'_{nt} = \phi_v \left( 1.3 F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi_v F_{nv}} * f_v \right)$$

$$\bullet \phi_v F'_{nt} = 0.75 \left( 1.3 * 78.75ksi - \frac{78.75ksi}{0.75 * 42ksi} * 1.07ksi \right)$$

$$\bullet \phi_v F'_{nt} = 74.77ksi$$

-Se debe cumplir:

$$\bullet f_t \leq \phi_v F'_{nt}$$

$$41.52ksi \leq 74.77ksi \dots \dots OK$$

-Por lo tanto el anclaje es el correcto

-Determinar la profundidad del anclaje usando un tentativo de 20pulg. Por lo cual:

-  $h_{ef}=20$ pulg.

-Comprobamos que la profundidad es suficiente para que el perno no se zafe del concreto mediante las ecuaciones:

-Estamos en el caso:  $1.5 h_{ef} > 6D_r$  entonces:

- $A_{Nc} = [1.2D_r + (n_r - 1)(3D_r)][6D_r + 1.5h_{ef}]$   
 $A_{Nc} = [1.2 * 0.75" + (2 - 1)(3 * 0.75")][6 * 0.75" + 1.5 * 20"]$   
 $A_{Nc} = 388.13 \text{ pulg}^2$
- $A_{Nco} = (6 * D_r + 1.5h_{ef})^2$   
 $A_{Nco} = (6 * 0.75 \text{ pulg} + 1.5 * 20)^2$   
 $A_{Nco} = 1190.25 \text{ pulg}^2$

-Comprobamos:

- $\phi N_{cbg} = \phi_p \psi_3 16 \sqrt{f'_c} h_{ef}^{\frac{5}{3}} \frac{A_{Nc}}{A_{Nco}}$

donde:

$\psi_3 = 1.25$

$\phi_p = 0.7$

- $\phi N_{cbg} = 0.7 * 1.25 * 16 \sqrt{3 \text{ksi}} * (20 \text{ pulg})^{\frac{5}{3}} \frac{388.13 \text{ pulg}^2}{1190.25 \text{ pulg}^2}$
- $\phi N_{cbg} = 1165.22 \text{ klb}$

Por lo tanto tenemos:

$\rightarrow \phi N_{cbg} > T_u$

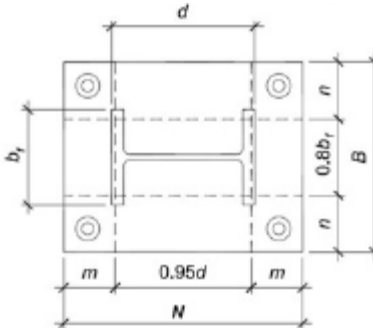
$\rightarrow 1165.22 \text{ klb} > 32.8 \text{ klb} \dots \dots \text{OK}$



Conclusiones:

-Placa base A36:

- $N=20$ pulg
- $B=15$ pulg
- $t_p=3/4$ pulg.
- $m=4.3$ pulg
- $n=3.5$ pulg
- Por consideraciones de diseño tomaremos una placa base cuadrada donde  $N=B=20$ pulg



-Pernos de anclaje A325

- Diámetro=3/4pulg
- numero de anclas=4
- a tensión  $n_r=2$
- Profundidad en el concreto = 20pulg

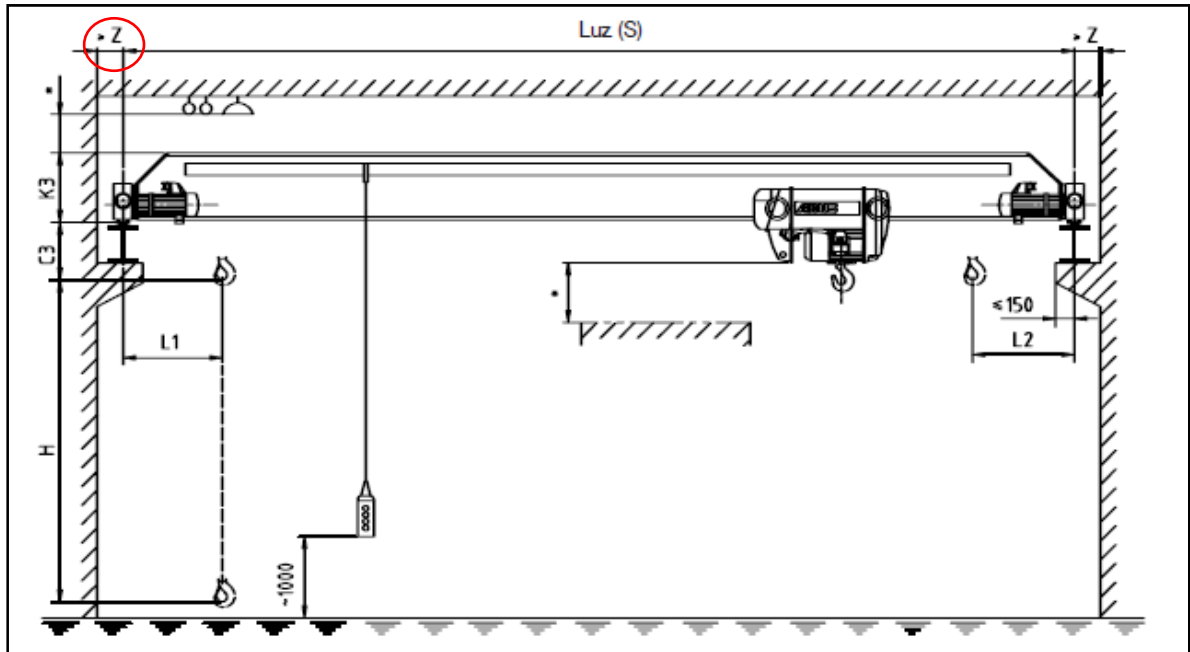
### 3.1.6.2. E. Análisis de Ménsulas.

Para el cálculo de la ménsula ubicaremos el puente grúa en la posición uno, obteniendo los datos del programa SAP2000

- $M_{ux}=176.095$ klb\*pulg
- $M_{uy}=3.20$ klb\*pulg
- $V_{ux}=22.30$ klb
- $V_{uy}=0.406$ klb

- $L_{\text{efectiva}}=21.804\text{pulg}$

Se tiene una distancia “Z” desde la viga carrilera a la columna como mínimo por tabla de ABUS DE 150 mm.



*Figura. III-92 Distancia Z*

- Excentricidad  $Z=150\text{mm}=5.91\text{pulg}$  (Catalogo ABUS) recomendada, sin embargo para nuestro calculo en programa SAP2000 consideraremos un valor de excentricidad de 13.0pulg como efecto para calculo obteniendo:

SAP2000 v14.2.4 Advanced - NAVE CANCHA DE NITRATOS - [Steel Design Sections (AISC-LRFD93)]

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93

File

**AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK**  
 Combo : COMB2  
 Units : Kip, in, F

Frame : 348      Design Sect: W12X53  
 X Mid : 13.917      Design Type: Beam  
 Y Mid : 645.669      Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 184.055      Sect Class : Compact  
 Length : 27.835      Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 6.031      RLLF : 1.000

Area : 15.600      SMajor : 70.248      rMajor : 5.220      AUMajor: 4.174  
 IMajor : 425.000      SMinor : 19.160      rMinor : 2.478      AUMinor: 9.583  
 IMinor : 95.800      ZMajor : 77.900      E : 29000.000  
 Ixy : 0.000      ZMinor : 29.100      Fy : 36.000

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
6.031	3.973	-176.095	-3.201	-22.301	-0.406	0.000

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1b)	0.077	= 0.004	+ 0.070	+ 0.003	0.950	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	3.973	476.567	505.440

**MOMENT DESIGN**

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-176.095	2523.960	1.000	1.000	1.000	1.000	0.783	3.106
Minor Moment	-3.201	931.176	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	

Figura. III-93 Cargas críticas en ménsula

Modulo de sección requerido:

$$\bullet S_{Vertical} \geq \frac{M_{ux}}{\phi_b * F_y} = \frac{176.095klb * pu \lg}{0.9 * 36ksi} = 5.43 pu \lg^3$$

$$\bullet S_{Horizontal} \geq \frac{M_{uy}}{\phi_b * F_y} = \frac{3.20klb * pu \lg}{0.9 * 36ksi} = 0.098 pu \lg^3$$



Calculamos la rigidez necesaria (LFRD) para vigas en voladizo:

- $\delta < \frac{L}{300} = \frac{21.804 \text{ pu lg}}{300} = 0.073 \text{ pu lg}$
- $\delta < 0.073 \text{ pu lg}$

Calculamos la deformación en el extremo de acuerdo a formula:

- $\delta = \frac{V_u * Z^2}{6 * E * I} (3L - Z)$
- $\delta = \frac{22.30 \text{ kip} * 13^2 \text{ pu lg}}{6 * 29000 \text{ ksi} * I} (3 * 21.804 \text{ pu lg} - 13 \text{ pu lg}) < 0.073 \text{ pu lg}$
- $I > 15.55 \text{ pu lg}^4$

Se propondrá la siguiente sección para la ménsula conformado por dos placas laterales de 1/2" de espesor por 12.840 pulg de largo y una superior de una placa de 5/8" de espesor.

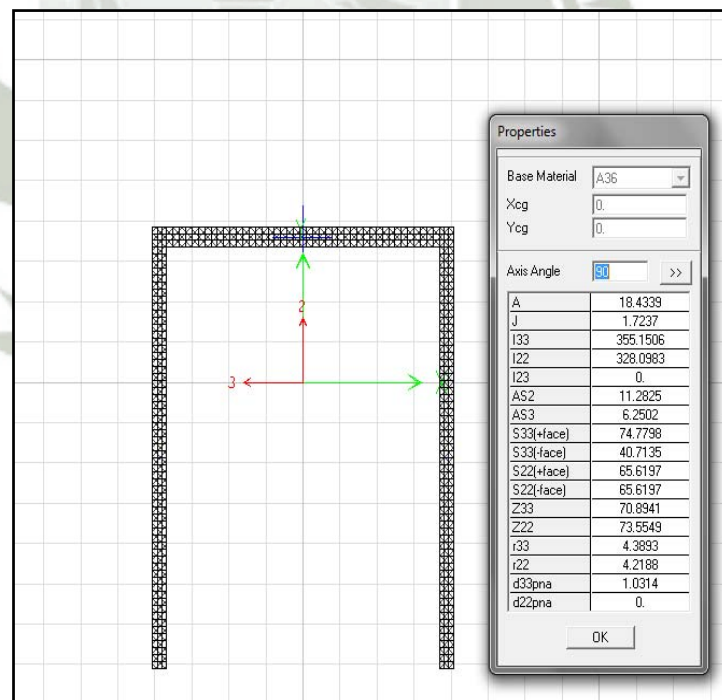


Figura. III-94 Perfil propuesto de la ménsula

Se obtiene que el momento de inercia y modulo de sección son mayores a los requeridos por lo cual cumple como propuesta:

- $S_{real} > S_{Vertical}$
- $74.77 pu\ lg^3 > 5.43 pu\ lg^3 \dots\dots OK$
- $I_{real} > I_{requerido}$
- $355.15 pu\ lg^4 > 15.55 pu\ lg^4 \dots\dots OK$

Análisis de fluencia del alma (AISC G1, G2.1):

- $\lambda_{ALA} = \frac{h}{t_w} \leq \frac{418}{\sqrt{F_{yw}}}$
- $\frac{12.84 pu\ lg}{0.5 pu\ lg} \leq \frac{418}{\sqrt{36}}$
- $25.685 \leq 69.67 \dots\dots OK$
- $V_n = 0.6 F_{yw} * A_w$   
 $A_w = \text{area del alma}$
- $V_n = 0.6 * 36ksi * (2 * \frac{1}{2} pu\ lg * 12.84 pu\ lg)$
- $V_n = 277.344kip$
- $V_u \leq \phi V_n$
- $22.3 \leq 0.9 * 277.34$
- $22.3 \leq 249.6 \dots\dots OK$

Análisis de Esfuerzo cortante:

- $\tau = \frac{V \times Q}{I \times t_w}$
- Donde  $Q$  momento estatico dado por :  
 $Q = A_p \times \bar{Y} = (10 pu\ lg * 0.63 pu\ lg) * 4.43 pu\ lg$   
 $Q = 27.909 pu\ lg^3$
- $\tau = \frac{V \times Q}{I \times t_w} = \frac{22.3klb * 27.909 pu\ lg^3}{355.15 pu\ lg^4 * 2 * 0.5 pu\ lg} = 1.75ksi$

Calculo de carga última  $P_u$ , para el cordón de soldadura:

- $P_u = \tau * L * t_w$
- $P_u = 1.75ksi * 21.804 pu\ lg * 2 * 0.5 pu\ lg$
- $P_u = 38.15kip$

Calculo de cateto de soldadura, aplicando un electrodo E70xx, por lo que  $F_{EXX}=70ksi$ .

$$\bullet P_u \leq \phi P_n$$

A rotura:

- $\phi P_n = 0.75 * 0.6 * F_{EXX} * 0.707 * L * C$
- Donde  $C = longitud\ de\ cateto$
- $\therefore P_u \leq \phi P_n$
- $38.15kip \leq 0.75 * 0.6 * 70ksi * 21.804 pu\ lg * C$
- $C \geq 0.08 pu\ lg \approx 2mm$

De acuerdo a norma se AWS D1.1 para planchas de 16mm utilizar como mínimo un cateto de 6mm con electrodo E70XX, observamos que en nuestro caso el requerido es mayor sin embargo utilizaremos un cateto de 8mm tanto para el empalme de los elementos de la ménsula como para su fijación en la columna.

Calculo de atiesador, el cual si nuestra carga factorizada ( $V_u$ ) es menor que  $\phi R_n$  no se necesitara atiesador, usamos la siguiente fórmula:

$$\bullet R_n = (5K + N)F_{yw}t_w \quad \text{Ecuación K 1-2 del LRFD}$$

- $N=0 \rightarrow$  longitud de apoyo.



- $K$ =Distancia de la cara exterior del patín a la punta del filete en el alma, pulg.
- $V_u=22.3\text{klb}$  dato del programa SAP2000
- $\phi=1.0$

$$\bullet K = \frac{8\text{mm} + 16\text{mm}}{25.4} = 0.945\text{ pulg}$$

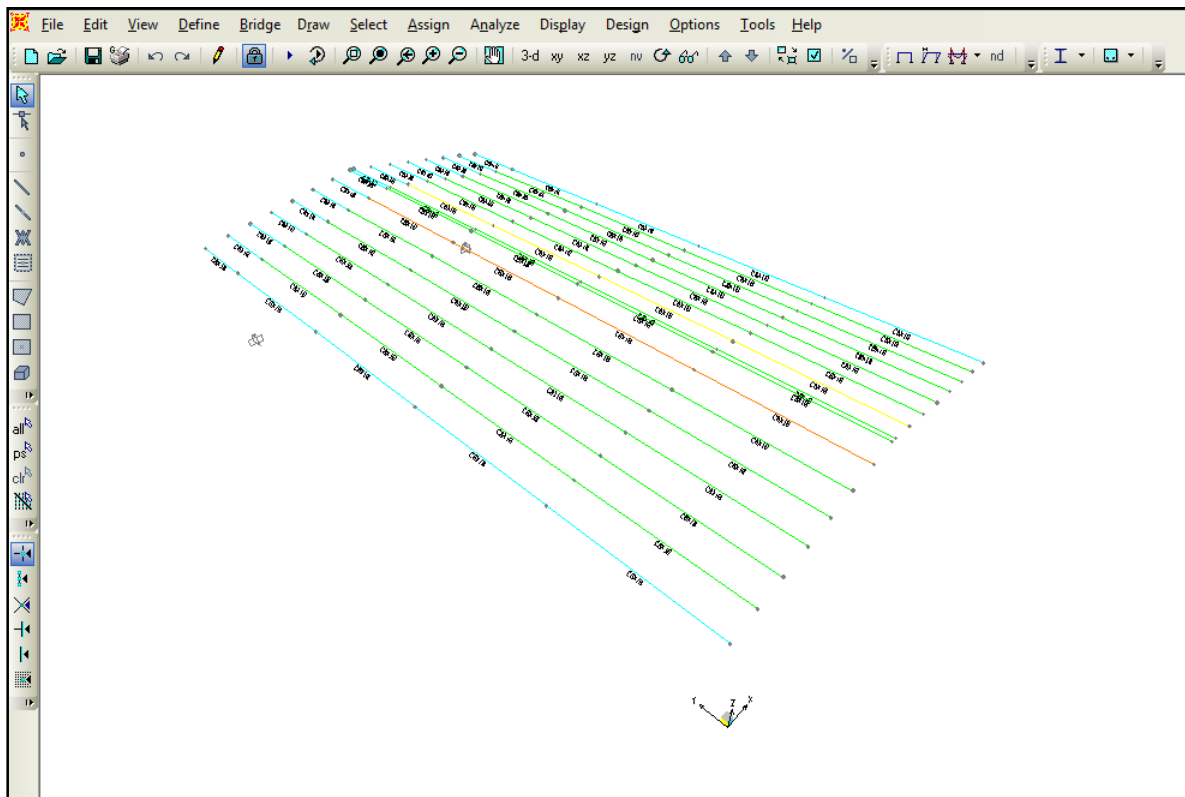
Por lo tanto:

- $R_n = (5 * 0.945\text{ pulg} + 0)36\text{ksi} * 2 * 0.5\text{ pulg}$  Ecuación K 1–2 del LRFD
- $R_n = 170\text{klb}$
- $V_u \leq \phi R_n$
- $22.3\text{klb} \leq 1.0 * 170\text{klb} \dots \text{ok}$

Se concluye que no necesitaría atiesador.

### 3.1.6.3-Análisis en las Correas.

Se considero correas de canal C8x10:



*Figura. III-95 Comprobación de correas*

Se aprecia que todas las correas C8x10 están dentro del ratio adecuado, se analizara la correa mas critica obteniendo los siguientes resultados:

- Ratio de 0.924 COMBO 4
- $P_u = -51.581 \text{ kgf} = -0.114 \text{ klb.}$
- $M_u = 1162.56 \text{ kgf} \cdot \text{m.} = 100.906 \text{ klb} \cdot \text{pulg.}$

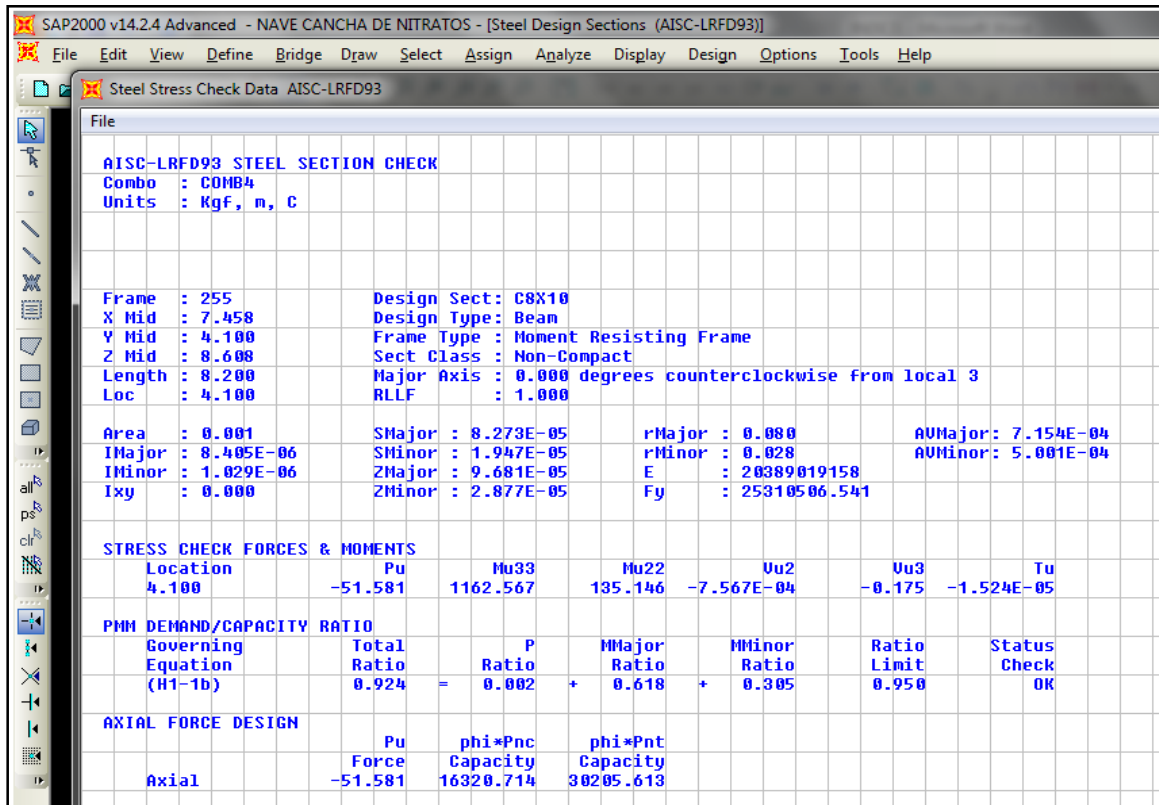


Figura. III-96 Datos del análisis de correas

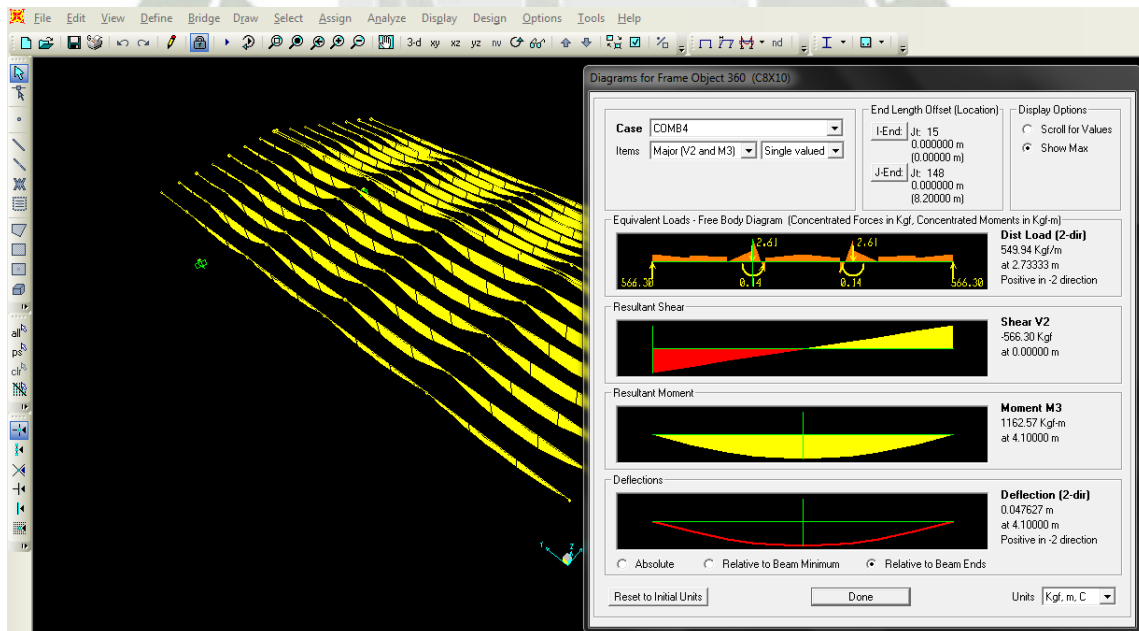


Figura. III-97 Datos diagrama momento máximo en correas



### 3.1.6.3. A. Análisis de correas como miembro sujeto a flexión axial.

En la sección H1 de las especificaciones LRFD se dan las siguientes ecuaciones de interacción para perfiles simétricos sujetos simultáneamente a flexión y a tensión axial.

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} > 0.2$$

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

Obtenemos los siguientes datos del programa SAP2000 para nuestro cálculo:

- $P_u=0.114$  klb.
- $M_{uy}=11.73$  klb-pulg
- $M_{ux}= 100.906$  klb-pulg
- $k_y=0.33$  (debido a usar tres templadores)
- $k_x=1.0$
- $r_y=1.097$  pulg
- $r_x=3.13$  pulg
- $Z_x=5.908$  pulg<sup>3</sup>
- $Z_y=1.756$  pulg<sup>3</sup>

- $S_x=5.048\text{pulg}^3$
- $S_y=1.18\text{pulg}^3$
- $A=2.055\text{pulg}^2$
- $L = 8200\text{mm} = 322.83\text{pulg.}$

LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=0.114 \text{ klb.}</math></li> <li>• <math>M_{uy}=11.73 \text{ klb-pulg}</math></li> <li>• <math>M_{ux}= 100.906 \text{ klb-pulg}</math></li> </ul> $\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1.0 \times 322.83}{3.13} = 103.14$ $\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{0.33 \times 322.83}{1.097} = 97.12$ <p>-Calculo de la longitud efectiva</p> $KL = \frac{K_x L_x}{\left(\frac{r_x}{r_y}\right)} = \frac{103.14}{\left(\frac{3.13}{1.097}\right)} = 36.18 \text{ pulg}$ $KL = 3.015 \text{ ft}$ <p>-Trabajando con <math>L_b=36.18 \text{ pulg}</math></p> <p>-Comprobamos en que zona se encuentra nuestro caso por lo tanto calculamos el valor de <math>L_p</math>. Por no encontrarse en tablas:</p>	<p>SAP 2000</p> <p>Considerando <math>k_x=1.0; k_y=0.33</math></p>

<p> <math display="block">L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}</math> <math display="block">L_p = 1.76 * 1.097 \text{ pu lg} \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}}</math> <math display="block">L_p = 54.80 \text{ pu lg}</math> <p>-Por lo tanto <math>L_b &lt; L_p</math> ZONA 1</p> <p>-Calculo de momentos plasticos:</p> <math display="block">\phi M_{px} = \phi Z_x F_y = 0.9 * 5.098 \text{ pu lg}^3 * 36 \text{ ksi}</math> <math display="block">\phi M_{px} = 191.42 \text{ klb} - \text{ pu lg}</math> <math display="block">\phi M_{py} = \phi Z_y F_y = 0.9 * 1.756 \text{ pu lg}^3 * 36 \text{ ksi}</math> <math display="block">\phi M_{py} = 56.89 \text{ klb} - \text{ pu lg}</math> <p>-Por ser un elemento NO COMPACTO analizamos con la siguiente fórmula:</p> <math display="block">M_d = \phi M_n = \phi_b M_{px} - (\phi_b M_{px} - \phi_b M_{rx}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)</math> <p>-Por lo cual calculamos la relación:</p> <math display="block">\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)</math> <p>-Tenemos: <math>\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{3 \text{ pu lg}}{2 * 0.1346 \text{ pu lg}} = 11.14</math></p> <p>-Calculamos</p> </p>	<p>Manual AISC tabla 3-2</p> <p><math>Z_x = 5.098 \text{ pulg}^3</math></p> <p><math>Z_y = 1.756 \text{ pulg}^3</math></p> <p>Para secciones no compactas Ec. 10.5.4 Vinnakota, previamente debemos comprobar:</p> <p><math>\rightarrow \lambda_p &lt; \lambda \leq \lambda_r</math></p> <p>-De manual IMCA:</p> <p>-<math>b_f = 3 \text{ pulg}</math></p> <p>-<math>t_f = 0.1346 \text{ pulg}</math></p> <p>-Tenemos también:</p>
---	--





Análisis de cargas  $\phi_T P_n$

-Por fluencia:

$$\phi_T P_n = \phi_T F_Y A_g = 0.9 * 36ksi * 2.055 pu lg^2 = 66.58kip$$

-Por factura

$$\phi_T P_n = \phi_T F_u A_g = 0.75 * 58ksi * 2.055 pu lg^2 = 89.39kip$$

-Escogemos el menor y evaluamos

$$\frac{P_u}{\phi_T P_n} = \frac{0.114kip}{66.58kip} = 0.0017 < 0.2$$

Por lo tanto usamos:

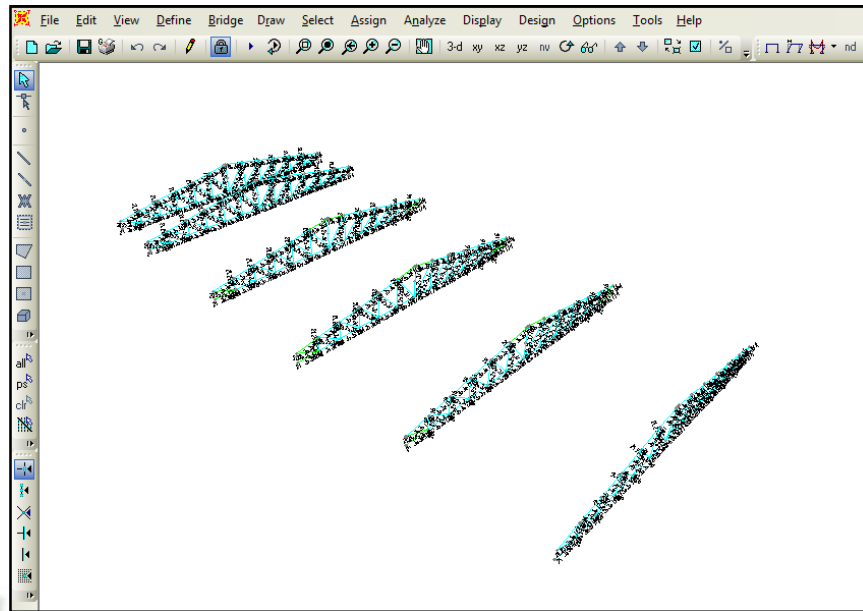
$$\frac{P_u}{2\phi_T P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{0.114 kip}{2 * 66.58 kip} + \left( \frac{100.9klb \cdot pu \lg}{189.88klb \cdot pu \lg} + \frac{11.73klb \cdot pu \lg}{56.27klb \cdot pu \lg} \right)$$

$$0.74 \leq 1.0 \dots \text{OK}$$

### 3.1.6.4-Analisis en Tijera.

Se analizara las bridas, montantes y diagonales:



*Figura. III-98 Comprobación de tijerales*

Se analizó los casos más críticos de las partes del tijeral teniendo como resultado los siguientes datos:

#### **3.1.6.4. A.- Análisis en Brida Superior:**

Se aprecia que todas las bridas 2L 3x3x1/4" están dentro del ratio adecuado, se analizó el elemento de brida más crítica obteniendo los siguientes resultados:



Steel Stress Check Data AISC-LRFD93									
File									
AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK									
Combo	: COMB3								
Units	: Kip, in, F								
Frame	: 351	Design Sect:	21 3x3x1/4						
X Mid	: 322.999	Design Type:	Brace						
Y Mid	: 645.669	Frame Type:	Moment Resisting Frame						
Z Mid	: 344.160	Sect Class:	Non-Compact						
Length	: 59.658	Major Axis:	0.000 degrees counterclockwise from local 3						
Loc	: 59.658	RLLF	: 1.000						
Area	: 2.875	SMajor	: 1.153	rMajor	: 0.930	AUMajor	: 1.335		
IMajor	: 2.488	SMinor	: 10.225	rMinor	: 4.184	AUMinor	: 2.875		
IMinor	: 50.320	EMajor	: 29000.000						
Ixy	: 0.000	ZMinor	: 11.727	Fy	: 36.000				
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS									
Location		Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu		
59.658		-28.947	-7.124	0.751	1.214	0.115	-1.486E-04		
PMN DEMAND/CAPACITY RATIO									
Governing Equation (H1-1a)		Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
		0.580	= 0.409	+ 0.169	+ 0.002	0.950	OK		
AXIAL FORCE DESIGN									
		Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity					
Axial		-28.947	70.851	93.150					
MOMENT DESIGN									
		Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment		-7.124	37.369	0.850	1.000	1.000	1.000	1.000	3.017
Minor Moment		0.751	331.293	0.850	1.000	1.000	1.000	0.903	

Figura. III-99 Datos del análisis de tijerales en las bridas

Para la brida superior de ángulos preseleccionados en doble ángulo tipo cajón de 2L3x3x1/4”:

- Ratio de 0.58 COMBO 3 (NO COMPACTA)
- Pu=-28.95klb.
- Mu<sub>3-3</sub>=-7.124klb\*pulg.
- Mu<sub>2-2</sub>=0.751klb\*pulg.
- k<sub>y</sub>=0.903
- k<sub>x</sub>=1.0
- r<sub>y</sub>=4.18pulg
- r<sub>x</sub>=0.93pulg
- Z<sub>x</sub>=2.07pulg<sup>3</sup>

- $Z_y=11.73\text{pulg}^3$
- $S_x=1.153\text{pulg}^3$
- $S_y=10.26\text{pulg}^3$
- $A=2.875\text{pulg}^2$
- $L = 59.658\text{pulg.}$

Verificamos las ecuaciones:

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} > 0.2$$

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=-28.95\text{klb.}</math></li> <li>• <math>M_{u_x}=-7.124\text{klb}\cdot\text{pulg.}</math></li> <li>• <math>M_{u_y}=0.751\text{klb}\cdot\text{pulg.}</math></li> </ul> $\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1.0 \times 59.658}{0.93} = 64.14$ $\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{0.903 \times 59.658}{4.184} = 12.87$	<p>SAP 2000</p>          <p>Considerando</p> <p><math>k_x=1.0</math>; <math>k_y=0.903</math></p>





$$M_d = \phi M_n = \phi_b M_{px} - (\phi_b M_{px} - \phi_b M_{rx}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

Manual AISC; capítulo H

-Por lo cual calculamos la relación:

$$\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

-Tenemos:  $\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{3 pu lg}{0.25 pu lg} = 12$

-Calculamos

$$\bullet \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_Y}} \Rightarrow 0.38 \sqrt{\frac{29000ksi}{36ksi}} = 10.785$$

$$\bullet \lambda_r = 0.83 \sqrt{\frac{E}{F_L}} \Rightarrow 0.83 \sqrt{\frac{29000ksi}{26ksi}} = 27.72$$

-Por lo tanto:

$$\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) = \left( \frac{12 - 10.785}{27.72 - 10.785} \right) = 0.07$$

-Verificamos:

$$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \Rightarrow 10.78 < 12 \leq 27.72 \dots \text{ok}$$

-Tenemos los momentos nominales:

$$\phi M_n = \phi_b M_p - (\phi_b M_p - \phi_b M_r) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

-Calculamos:  $M_r = S \cdot F_L$  para "x" y "y" tenemos:

- $M_{rx} = S_x * F_L = 1.153 pu \lg^3 \times 26ksi = 29.97klb - p \lg$
- $M_{ry} = S_y * F_L = 10.25 pu \lg^3 \times 26ksi = 265.85klb - p \lg$

-Calculamos  $\phi M_n$

- $\phi M_{nx} = \phi_b M_{px} - (\phi_b M_{px} - \phi_b M_{rx}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$

$$\phi M_{nx} = 67.098 - (67.098 - 0.9 * 29.97) * 0.07$$

- $\phi M_{nx} = 64.28$

- $\phi M_{ny} = \phi_b M_{py} - (\phi_b M_{py} - \phi_b M_{ry}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$

$$\phi M_{ny} = 379.95 - (379.95 - 0.9 * 265.85) * 0.07$$

- $\phi M_{ny} = 370.10$

Análisis de cargas  $\phi_T P_n$  a compresión:

$$\phi_T P_n = \phi_c F_c r A_g = 25.9ksi * 2.875 pu \lg^2 = 74.46kip$$

-Evaluamos

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{28.95kip}{74.46kip} = 0.388 > 0.2$$

Por lo tanto usamos:

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{28.95 kip}{74.46 kip} + \frac{8}{9} \left( \frac{7.124 klb \cdot pu \lg}{64.28 klb \cdot pu \lg} + \frac{0.751 klb \cdot pu \lg}{370.10 klb \cdot pu \lg} \right)$$

$$0.5 \leq 1.0 \dots \text{OK}$$

### 3.1.6.4. B.- Análisis en Brida Inferior:

Se aprecia que todas las bridas 2L 3x3x1/4” están dentro del ratio adecuado, se analizara el elemento de brida más crítica obteniendo los siguientes resultados:

The screenshot shows the 'Steel Stress Check Data AISC-LRFD93' window. The main data is as follows:

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK							
Combo	: COMB3						
Units	: Kip, in, F						
Frame	: 312	Design Sect:	: 2L 3x3x1/4				
X Mid	: 675.361	Design Type:	: Beam				
Y Mid	: 645.669	Frame Type	: Moment Resisting Frame				
Z Mid	: 262.795	Sect Class	: Non-Compact				
Length	: 58.727	Major Axis	: 0.000 degrees counterclockwise from local 3				
Loc	: 0.000	RLLF	: 1.000				
Area	: 2.875	SMajor	: 1.153	rMajor	: 0.930	AUMajor	: 1.335
IMajor	: 2.488	SMInor	: 10.225	rMInor	: 4.184	AUMInor	: 2.875
IMInor	: 50.320	ZMajor	: 2.077	E	: 29000.000		
Ixy	: 0.000	ZMinor	: 11.727	Fy	: 36.000		
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS							
Location		Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000		-18.336	14.312	0.053	0.352	6.469E-04	5.750E-05
PMN DEMAND/CAPACITY RATIO							
Governing Equation (H1-1a)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check	
	0.598	= 0.257	+ 0.340	+ 0.000	0.950	OK	
AXIAL FORCE DESIGN							
		Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity			
Axial		-18.336	71.328	93.150			
MOMENT DESIGN							
		Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cn Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor
Major Moment		14.312	37.369	0.850	1.000	1.000	1.000
Minor Moment		0.053	331.293	0.716	1.000	1.000	1.000

Figura. III-100 Datos del análisis de tijerales en las bridas

Para la brida superior de ángulos preseleccionados en doble ángulo tipo cajón de 2L3x3x1/4”:

- Ratio de 0.598 COMBO 3 (NO COMPACTA)
- $P_u = -18.35 \text{klb}$ .
- $M_{u_{3-3}} = -14.312 \text{klb} \cdot \text{pulg}$ .
- $M_{u_{2-2}} = 0.053 \text{klb} \cdot \text{pulg}$ .
- $k_y = 1.0$



- $k_x=1.0$
- $r_y=4.18\text{pulg}$
- $r_x=0.93\text{pulg}$
- $Z_x=2.07\text{pulg}^3$
- $Z_y=11.73\text{pulg}^3$
- $S_x=1.153\text{pulg}^3$
- $S_y=10.26\text{pulg}^3$
- $A=2.875\text{pulg}^2$
- $L = 59.72\text{pulg}$ .

Verificamos las ecuaciones:

$$\bullet Si \frac{P_u}{\phi_t P_n} > 0.2$$

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\bullet Si \frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=-18.336\text{klb}</math>.</li> <li>• <math>M_{u_x}=-14.312\text{klb}*\text{pulg}</math>.</li> <li>• <math>M_{u_y}=0.0531\text{klb}*\text{pulg}</math>.</li> </ul>	SAP 2000



$$\phi M_{px} = \phi Z_x F_y = 0.9 * 2.077 \text{ pulg}^3 * 36 \text{ ksi}$$

$$\phi M_{px} = 67.068 \text{ klb} - \text{ pulg}$$

$$\phi M_{py} = \phi Z_y F_y = 0.9 * 11.727 \text{ pulg}^3 * 36 \text{ ksi}$$

$$\phi M_{py} = 379.95 \text{ klb} - \text{ pulg}$$

-Por ser un elemento NO COMPACTO analizamos

con la siguiente fórmula:

$$M_d = \phi M_n = \phi_b M_{px} - (\phi_b M_{px} - \phi_b M_{rx}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

-Por lo cual calculamos la relación:

$$\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

$$\text{-Tenemos: } \lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{3 \text{ pulg}}{0.25 \text{ pulg}} = 12$$

-Calculamos

$$\bullet \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow 0.38 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}} = 10.785$$

$$\bullet \lambda_r = 0.83 \sqrt{\frac{E}{F_L}} \Rightarrow 0.83 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{26 \text{ ksi}}} = 27.72$$

-Por lo tanto:

$$\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) = \left( \frac{12 - 10.785}{27.72 - 10.785} \right) = 0.07$$

-Verificamos:

$$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \Rightarrow 10.78 < 12 \leq 27.72 \dots \text{ok}$$

$$Z_x = 2.077 \text{ pulg}^3$$

$$Z_y = 11.727 \text{ pulg}^3$$

Manual AISC; capítulo H



-Tenemos los momentos nominales:

$$\phi M_n = \phi_b M_p - (\phi_b M_p - \phi_b M_r) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

-Calculamos:  $M_r = S * F_L$  para “x” y “y” tenemos:

- $M_{rx} = S_x * F_L = 1.153 \text{ pu lg}^3 \times 26 \text{ ksi} = 29.97 \text{ klb} - \text{plg}$
- $M_{ry} = S_y * F_L = 10.25 \text{ pu lg}^3 \times 26 \text{ ksi} = 265.85 \text{ klb} - \text{plg}$

-Calculamos  $\phi M_n$

- $\phi M_{nx} = \phi_b M_{px} - (\phi_b M_{px} - \phi_b M_{rx}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$

$$\phi M_{nx} = 67.098 - (67.098 - 0.9 * 29.97) * 0.07$$

- $\phi M_{nx} = 64.28$

- $\phi M_{ny} = \phi_b M_{py} - (\phi_b M_{py} - \phi_b M_{ry}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$

$$\phi M_{ny} = 379.95 - (379.95 - 0.9 * 265.85) * 0.07$$

- $\phi M_{ny} = 370.10$

Análisis de cargas  $\phi_T P_n$  a compresión:

$$\phi_T P_n = \phi_c F_c r A_g = 25.9 \text{ ksi} * 2.875 \text{ pu lg}^2 = 74.46 \text{ kip}$$

-Evaluamos

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{18.336 \text{ kip}}{74.46 \text{ kip}} = 0.24 > 0.2$$

Por lo tanto usamos:

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{28.95 \text{ kip}}{74.46 \text{ kip}} + \frac{8}{9} \left( \frac{7.124 \text{ klb} \cdot \text{pu} \cdot \text{lg}}{64.28 \text{ klb} \cdot \text{pu} \cdot \text{lg}} + \frac{0.751 \text{ klb} \cdot \text{pu} \cdot \text{lg}}{370.10 \text{ klb} \cdot \text{pu} \cdot \text{lg}} \right)$$

$$0.5 \leq 1.0 \dots \text{OK}$$

### 3.1.6.4. C.- Análisis de Montantes y diagonales:

Se aprecia que todas las bridas 2L 2x2x3/16” están dentro del ratio adecuado, se analizara el elemento de brida más crítica obteniendo los siguientes resultados:

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK								
Combo :	COMB3							
Units :	Kip, in, F							
Frame :	334	Design Sect :	2L2x2x3/16					
X Mid :	675.361	Design Type :	Brace					
V Mid :	645.669	Frame Type :	Moment Resisting Frame					
Z Mid :	274.606	Sect. Class :	Non-Compact					
Length :	63.300	Major Axis :	0.000 degrees counterclockwise from local 3					
Loc :	31.650	RLLF :	1.000					
Area :	1.430	SMajor :	0.381	rMajor :	0.617	AUMajor :	0.670	
IMajor :	0.545	SMinor :	5.613	rMinor :	4.396	AUMinor :	1.430	
IMinor :	27.624	ZMajor :	0.686	E :	29000.000			
Ixy :	0.000	ZMinor :	6.222	Fy :	36.000			
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu		
31.650	29.431	0.226	0.000	0.000	0.000	0.000		
PMM DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation (H1-1a)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
	0.652	= 0.635	+ 0.016	+ 0.000	0.950	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity					
Axial	29.431	25.152	46.322					
MOMENT DESIGN								
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	0.226	12.337	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.316
Minor Moment	0.000	181.869	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Figura. III-101 Datos del análisis de tijerales en los montantes y diagonales

Para la brida superior de ángulos preseleccionados en doble ángulo tipo cajón de 2L 2x2x3/16”

- Ratio de 0.652 COMBO 3 (NO COMPACTA en tensión)
- $P_u = 29.431 \text{klb.}$
- $M_{u_{3-3}} = 0.226 \text{klb} \cdot \text{pulg.}$
- $M_{u_{2-2}} = 0.00 \text{klb} \cdot \text{pulg.}$
- $k_y = 1.0$
- $k_x = 1.0$
- $r_y = 4.4 \text{pulg}$
- $r_x = 0.617 \text{pulg}$
- $Z_x = 0.686 \text{pulg}^3$
- $Z_y = 6.22 \text{pulg}^3$
- $S_x = 0.38 \text{pulg}^3$
- $S_y = 5.613 \text{pulg}^3$
- $A = 1.43 \text{pulg}^2$
- $L = 63.3 \text{pulg.}$

Verificamos las ecuaciones:



• Si  $\frac{P_u}{\phi_t P_n} > 0.2$

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

• Si  $\frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0.2$

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=29.43\text{klb.}</math></li> <li>• <math>M_{u_x}=0.226\text{klb}\cdot\text{pulg.}</math></li> <li>• <math>M_{u_y}=0.00\text{klb}\cdot\text{pulg.}</math></li> </ul> $\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1.0 \times 63.3}{0.617} = 102.6$ $\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1.0 \times 63.3}{4.4} = 14.38$ <p>-Cálculo de la longitud efectiva</p> $KL = \frac{K_x L_x}{\left(\frac{r_x}{r_y}\right)} = \frac{1.0 \times 63.3}{\left(\frac{0.617}{4.4}\right)} = 452.14 \text{ pulg}$ $KL = 37.67 \text{ ft}$ <p>-Trabajando con <math>L_b=22.62 \text{ ft}</math></p> <p>-Calculo de <math>L_p</math></p>	<p>SAP 2000</p> <p>Considerando <math>k_x=1.0; k_y=1.0</math></p> <p>Manual AISC tabla 4-22</p>

<p> <math display="block">L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}</math> <math display="block">L_p = 1.76 * 4.4 \text{ pulg} \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}}</math> <math display="block">L_p = 219.8 \text{ pulg} = 18.31 \text{ ft}</math> <p>-Tenemos que <math>L_p &lt; L_b</math></p> <p>-Por lo tanto <math>L_p &lt; L_b</math> ZONA 2</p> <p>-Calculo de momentos plásticos:</p> <math display="block">\phi M_{px} = \phi Z_x F_y = 0.9 * 0.686 \text{ pulg}^3 * 36 \text{ ksi}</math> <math display="block">\phi M_{px} = 22.22 \text{ klb} - \text{pulg}</math> <math display="block">\phi M_{py} = \phi Z_y F_y = 0.9 * 6.22 \text{ pulg}^3 * 36 \text{ ksi}</math> <math display="block">\phi M_{py} = 201.52 \text{ klb} - \text{pulg}</math> <p>-Por ser un elemento NO COMPACTO analizamos con la siguiente fórmula:</p> <math display="block">M_d = \phi M_n = \phi_b M_{px} - (\phi_b M_{px} - \phi_b M_{rx}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)</math> <p>-Por lo cual calculamos la relación:</p> <math display="block">\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)</math> <p>-Tenemos: <math>\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{2 \text{ pulg}}{0.18 \text{ pulg}} = 11.11</math></p> <p>-Calculamos</p> </p>	<p>Manual AISC tabla 3-2</p> <p><math>Z_x = 0.686 \text{ pulg}^3</math></p> <p><math>Z_y = 6.22 \text{ pulg}^3</math></p> <p>Manual AISC; capítulo H</p>
--	--

$$\bullet \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_Y}} \Rightarrow 0.38 \sqrt{\frac{29000ksi}{36ksi}} = 10.785$$

$$\bullet \lambda_r = 0.83 \sqrt{\frac{E}{F_L}} \Rightarrow 0.83 \sqrt{\frac{29000ksi}{26ksi}} = 27.72$$

-Por lo tanto:

$$\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) = \left( \frac{11.11 - 10.785}{27.72 - 10.785} \right) = 0.019$$

-Verificamos:

$$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \Rightarrow 10.78 < 11.11 \leq 27.72$$

...ok

-Tenemos los momentos nominales:

$$\phi M_n = \phi_b M_p - (\phi_b M_p - \phi_b M_r) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

-Calculamos:  $M_r = S * F_L$  para "x" y "y" tenemos:

$$\bullet M_{rx} = S_x * F_L = 0.38 pu \lg^3 \times 26ksi = 9.88klb - p \lg$$

$$\bullet M_{ry} = S_y * F_L = 5.61 pu \lg^3 \times 26ksi = 145.86klb - p \lg$$

-Calculamos  $\phi M_n$



$$\bullet \phi M_{nX} = \phi_b M_{pX} - (\phi_b M_{pX} - \phi_b M_{rX}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

$$\phi M_{nX} = 22.22 - (22.22 - 0.9 * 9.88) * 0.019$$

$$\bullet \phi M_{nX} = 21.96$$

$$\bullet \phi M_{nY} = \phi_b M_{pY} - (\phi_b M_{pY} - \phi_b M_{rY}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

$$\phi M_{nY} = 201.52 - (201.52 - 0.9 * 145.86) * 0.019$$

$$\bullet \phi M_{nY} = 200.18$$

Análisis de cargas  $\phi_T P_n$  a tensión:

-Por fluencia:

$$\phi_T P_n = \phi_T F_y A_g = 0.9 * 36ksi * 1.43 pu lg^2 = 46.33kip$$

-Por factura

$$\phi_T P_n = \phi_T F_u A_g = 0.75 * 58ksi * 1.43 pu lg^2 = 62.205kip$$

-Evaluamos

$$\frac{P_u}{\phi_C P_n} = \frac{29.43kip}{46.33kip} = 0.63 > 0.2$$

Por lo tanto usamos:

$$\frac{P_u}{\phi_T P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{29.43 kip}{46.33 kip} + \frac{8}{9} \left( \frac{0.22 klb \cdot pu \lg}{21.96 klb \cdot pu \lg} + \frac{0.00 klb \cdot pu \lg}{200.18 klb \cdot pu \lg} \right)$$

$$0.64 \leq 1.0 \dots \text{OK}$$

### 3.1.6.5-Estructuras de refuerzo.

En el análisis original se observó que el diseño sería mejorado con dos importantes refuerzos los cuales nos apoyaran en el análisis de sismo, estos son:

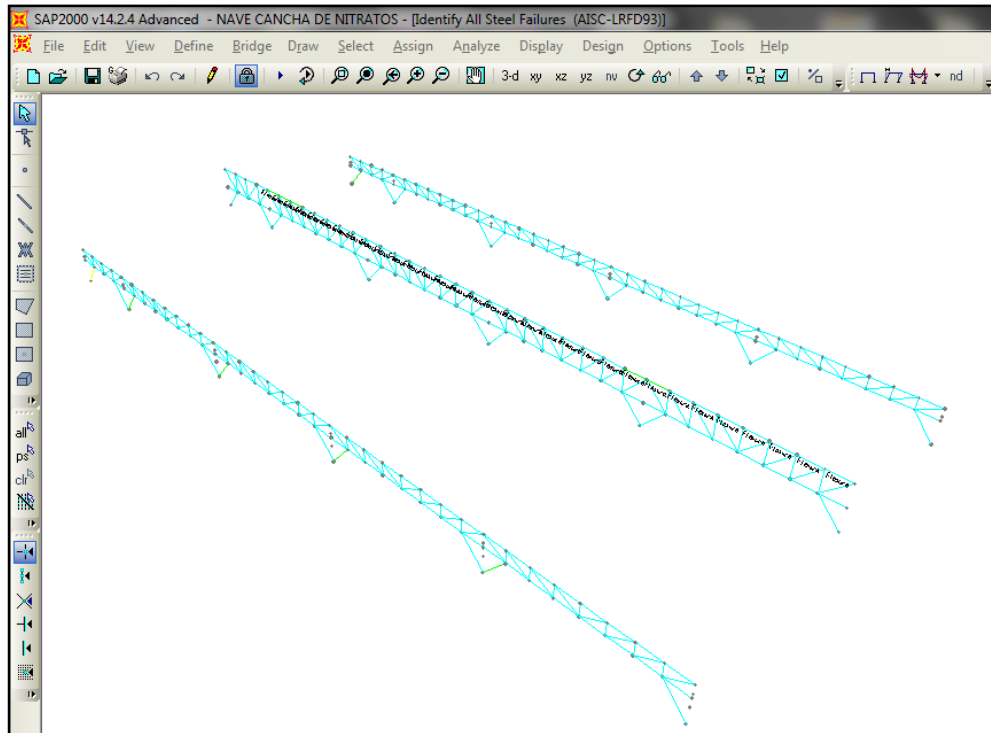
- **Viguetas**
- **Templadores de correas**
- **Templadores de tijerales**

Su análisis de cada uno de estos elementos y la selección de perfiles serán predefinidos en apoyo de otros proyectos de esta manera tenemos:

#### 3.1.6.5. A.-Viguetas.

Elementos de refuerzo entre columnas las cuales nos permite controlar el desplazamiento de las columnas en caso de sismo, al inicio se explicó la necesidad de tener espacios libres entre columnas para tener una mejor maniobrabilidad de vehículos en la zona puesto por eso que no se utiliza arriostres laterales.

Por lo tanto estas viguetas serán colocadas en la parte superior de nuestras columnas y la única carga que soportaran será la de su propio peso y serán colocadas entre columnas y entre el centro de tijerales para dar una mayor rigidez a la estructura de esta manera tenemos:



*Figura. III-102 Análisis en viguetas*

Para las viguetas entre columnas tendremos que sus dimensiones irán de 8m de largo y 0.6m de alto, conformado por ángulos de L2x2x3/16", y para las viguetas entre tijerales tendremos que sus dimensiones irán de 8m de largo y 1.1m de alto, conformado por ángulos de L2 ½ x2 ½ x3/16".

#### **3.1.6.5. A.1.- Análisis de brida de viguetas:**

Se aprecia que todas las bridas 2L 2 ½ x 2 ½ x3/16" están dentro del ratio adecuado, se analizara el elemento de brida más crítica obteniendo los siguientes resultados:



Steel Stress Check Data AISI-LRFD93

AISI-LRFD93 STEEL SECTION CHECK  
 Combo : COMB12  
 Units : Kgf, mm, C

Units | Kgf, mm, C

Frame : 87      Design Sect: 2L2.5X2.5X3/16 EE  
 X Mid : 0.000      Design Type: Beam  
 Y Mid : 7687.500      Frame Type : Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 7075.000      Sect Class : Slender  
 Length : 1025.000      Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 0.000      RLLF : 1.000

Area : 1164.312      SMajor : 9920.489      rMajor : 19.768      AUMajor: 604.838  
 IMajor : 454976.020      SMinor : 14298.883      rMinor : 28.578      AUMinor: 604.838  
 IMinor : 950875.742      ZMajor : 17867.291      E : 20389.019  
 Ixy : 0.000      ZMinor : 24028.776      Fy : 25.311

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	1527.314	-11109.136	-1723.700	-24.392	0.579	2.145

PHM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (H1-1b)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
	0.083	= 0.029	+ 0.049	+ 0.005	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	1527.314	18714.688	26522.398

MOMENT DESIGN

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	-11109.136	225983.346	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	2.416
Minor Moment	-1723.700	325720.782	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Figura. III-103 Datos del análisis de viguetas en los montantes y diagonales

Para la brida superior de ángulos preseleccionados en doble ángulo tipo cajón de 2L 2 ½ x 2 ½ x3/16”

- Ratio de 0.083 COMBO 12
- Pu= 3.367klb.
- Mu<sub>3-3</sub>= 0.964 klb\*pulg.
- Mu<sub>2-2</sub>=0.15klb\*pulg.
- k<sub>y</sub>=1.0
- k<sub>x</sub>=1.0
- r<sub>y</sub>=1.125pulg
- r<sub>x</sub>=0.778pulg
- Z<sub>x</sub>=1.09pulg<sup>3</sup>

- $Z_y=1.46\text{pulg}^3$
- $S_x=0.605\text{pulg}^3$
- $S_y=0.873\text{pulg}^3$
- $A=1.805\text{pulg}^2$
- $L = 40.35\text{pulg.}$

Verificamos las ecuaciones:

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} > 0.2$$

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=3.367\text{klb.}</math></li> <li>• <math>M_{u_x}=0.964\text{klb}\cdot\text{pulg.}</math></li> <li>• <math>M_{u_y}=0.15\text{klb}\cdot\text{pulg.}</math></li> </ul> $\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1.0 \times 40.35}{0.778} = 51.86$ $\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1.0 \times 40.35}{1.125} = 35.86$	<p>SAP 2000</p> <p>Considerando <math>k_x=1.0; k_y=1.0</math></p>





-Evaluamos

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{3.36 \text{ kip}}{58.48 \text{ kip}} = 0.057 < 0.2$$

Por lo tanto usamos:

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{3.36 \text{ kip}}{2 \times 58.48 \text{ kip}} + \left( \frac{0.96 \text{ klb} \cdot \text{pu lg}}{35.31 \text{ klb} \cdot \text{pu lg}} + \frac{0.150 \text{ klb} \cdot \text{pu lg}}{47.30 \text{ klb} \cdot \text{pu lg}} \right)$$

$$0.06 \leq 1.0 \dots \text{OK}$$

Manual AISC; capítulo H

### 3.1.6.5. A.2.- Análisis de diagonales de viguetas:

Se aprecia que todas las bridas L 2 ½ x 2 ½ x 3/16” están dentro del ratio adecuado, se analizara el elemento de brida más crítica obteniendo los siguientes resultados:

Steel Stress Check Data AISC-LRFD93								
Units : Kip, in, F								
Frame :	226	Design Sect :	L2X2X3/16					
X Mid :	0.000	Design Type :	Brace					
V Mid :	302.657	Frame Type :	Moment Resisting Frame					
Z Mid :	230.807	Sect Class :	Non-Compact					
Length :	62.884	Major Axis :	0.000 degrees counterclockwise from local 3					
Loc :	0.000	RLLF :	1.000					
Area :	0.715	SMajor :	0.190	rMajor :	0.617	AUMajor :	0.375	
IMajor :	0.272	SMInor :	0.190	rMInor :	0.617	AUMInor :	0.375	
IMInor :	0.272	ZMajor :	0.343	rMax :	0.779	E :	29000.000	
Ixy :	-0.162	ZMInor :	0.343	rMin :	0.393	Fy :	36.000	
Theta :	45.000							
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS								
Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu		
0.000	-2.453	-0.347	1.473	-0.010	0.024	-0.005		
PMI DEMAND/CAPACITY RATIO								
Governing Equation (SAH 6-1a)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check		
	0.684	= 0.389	+ 0.068	+ 0.227	0.950	OK		
AXIAL FORCE DESIGN								
	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity					
Axial	-2.453	6.309	23.166					
MOMENT DESIGN								
	Mu Moment	phi*Mn Capacity	Cm Factor	B1 Factor	B2 Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	0.813	10.680	1.000	1.005	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Moment	1.422	5.558	1.000	1.443	1.000	1.000	1.000	1.000

Figura. III-104 Datos del análisis de viguetas en las diagonales de viguetas

Para la brida superior de ángulos preseleccionados en doble ángulo tipo cajón de L 2 ½ x 2 ½ x3/16”

- Ratio de 0.683 COMBO 12 (No Compacta)
- Pu= 2.45klb.
- Mu<sub>3-3</sub>= 0.347klb\*pulg.
- Mu<sub>2-2</sub>=1.473klb\*pulg.
- ky=1.0
- kx=1.0
- ry=0.617pulg
- rx=0.617pulg
- Z<sub>x</sub>=0.343pulg<sup>3</sup>

- $Z_y=0.343\text{pulg}^3$
- $S_x=0.19\text{pulg}^3$
- $S_y=0.19\text{pulg}^3$
- $A=0.715\text{pulg}^2$
- $L = 62.884\text{pulg}$ .

Verificamos las ecuaciones:

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} > 0.2$$

$$\frac{P_u}{\phi_t P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\bullet \text{ Si } \frac{P_u}{\phi_t P_n} < 0.2$$

$$\frac{P_u}{2\phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

LRFD	Especificaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>P_u=2.453 \text{ klb}</math>.</li> <li>• <math>M_{uy}=0.347 \text{ klb-pulg}</math></li> <li>• <math>M_{ux}= 1.473 \text{ klb-pulg}</math></li> </ul> $\frac{K_x L_x}{r_x} = \frac{1.0 \times 62.884}{0.617} = 101.91$ $\frac{K_y L_y}{r_y} = \frac{1.0 \times 62.884}{0.617} = 101.91$ <p>- Calculo de la longitud efectiva</p>	<p>SAP 2000</p> <p>Considerando <math>k_x=1.0</math>; <math>k_y=1.0</math></p>



$$KL = \frac{K_x L_x}{\left(\frac{r_x}{r_y}\right)} = \frac{1.0 \times 62.884}{\left(\frac{0.617}{0.617}\right)} = 62.884 \text{ pulg}$$

$$KL = 5.24 \text{ ft}$$

-Trabajando con  $L_b = 62.884 \text{ pulg}$

-Comprobamos en que zona se encuentra nuestro caso por lo tanto calculamos el valor de  $L_p$ . Por no encontrarse en tablas:

$$L_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.76 * 0.617 \text{ pulg} \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{36 \text{ ksi}}}$$

$$L_p = 30.82 \text{ pulg}$$

-Por lo tanto  $L_p < L_b$  ZONA 1

-Calculo de momentos plasticos:

$$\phi M_{px} = \phi Z_x F_y = 0.9 * 0.343 \text{ pulg}^3 * 36 \text{ ksi}$$

$$\phi M_{px} = 11.11 \text{ klb} - \text{pulg}$$

$$\phi M_{py} = \phi Z_x F_y = 0.9 * 0.343 \text{ pulg}^3 * 36 \text{ ksi}$$

$$\phi M_{py} = 11.11 \text{ klb} - \text{pulg}$$

-Por ser un elemento NO COMPACTO analizamos con la siguiente fórmula:

$$M_d = \phi M_n = \phi_b M_{px} - (\phi_b M_{px} - \phi_b M_{rx}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

-Por lo cual calculamos la relación:

Manual AISC tabla 3-2

$$Z_x = 0.343 \text{ pulg}^3$$

$$Z_y = 0.343 \text{ pulg}^3$$

Para secciones no compactas Ec. 10.5.4

Vinnakota, previamente

debemos comprobar:

$\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$ <p>-Tenemos: <math>\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{2 pu lg}{0.18 pu lg} = 11.11</math></p> <p>-Calculamos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_Y}} \Rightarrow 0.38 \sqrt{\frac{29000ksi}{36ksi}} = 10.785</math></li> <li>• <math>\lambda_r = 0.83 \sqrt{\frac{E}{F_L}} \Rightarrow 0.83 \sqrt{\frac{29000ksi}{26ksi}} = 27.72</math></li> </ul> <p>-Por lo tanto:</p> $\left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) = \left( \frac{11.11 - 10.785}{27.72 - 10.785} \right) = 0.019$ <p>-Verificamos:</p> $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \Rightarrow 10.78 < 11.11 \leq 27.72$ <p>...ok</p> <p>-Tenemos los momentos nominales:</p> $\phi M_n = \phi_b M_p - (\phi_b M_p - \phi_b M_r) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$ <p>-Calculamos: <math>M_r = S * F_L</math> para "x" y "y" tenemos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>M_{rx} = S_x * F_L = 5.048 pu lg^3 \times 26ksi = 131.24 klb - p lg</math></li> <li>• <math>M_{ry} = S_y * F_L = 1.18 pu lg^3 \times 26ksi = 30.68 klb - p lg</math></li> </ul> <p>-Calculamos <math>\phi M_n</math></p>	<p><math>\rightarrow \lambda_p &lt; \lambda \leq \lambda_r</math></p> <p>-De manual IMCA:</p> <p>-<math>b_f = 2</math>pulg</p> <p>-<math>t_f = 0.1875</math>pulg</p> <p>-Tenemos también:</p> <p><math>F_r = 10</math>ksi</p> <p><math>F_L = (F_Y - F_r)</math></p> <p><math>F_L = 36ksi - 10ksi = 26ksi</math></p>
--	---

$$\bullet \phi M_{nX} = \phi_b M_{pX} - (\phi_b M_{pX} - \phi_b M_{rX}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

$$\phi M_{nX} = 191.42 - (191.42 - 0.9 * 131.25) * 0.019$$

$$\bullet \phi M_{nX} = 190$$

$$\bullet \phi M_{nY} = \phi_b M_{pY} - (\phi_b M_{pY} - \phi_b M_{rY}) \left( \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

$$\phi M_{nY} = 56.89 - (56.89 - 0.9 * 30.68) * 0.019$$

$$\bullet \phi M_{nY} = 56.33$$

Análisis de cargas  $\phi_T P_n$

-Por fluencia:

$$\phi_T P_n = \phi_T F_y A_g = 0.9 * 36ksi * 2.055 pu lg^2 = 66.58kip$$

-Por factura

$$\phi_T P_n = \phi_T F_u A_g = 0.75 * 58ksi * 2.055 pu lg^2 = 89.39kip$$

-Escogemos el menor y evaluamos

$$\frac{P_u}{\phi_C P_n} = \frac{0.114kip}{66.58kip} = 0.0017 < 0.2$$

Por lo tanto usamos:

$$\frac{P_u}{2 \phi_t P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{0.114 kip}{2 * 66.58 kip} + \left( \frac{100.9 klb . pu lg}{190 klb . pu lg} + \frac{11.73 klb . pu lg}{56.33 klb . pu lg} \right)$$

$$0.74 \leq 1.0 \dots \text{OK}$$

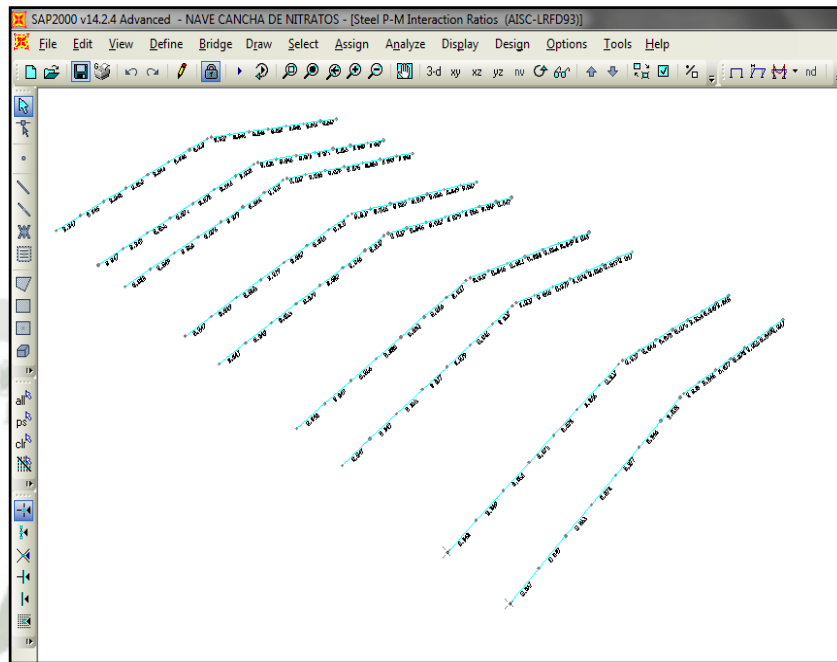
De SAP 2000:

- A=2.055pulg<sup>2</sup>



### 3.1.6.4. B.-Templadores de correas.

Separados cada 2.7m uno del otro ubicados entre correas garantizando una mayor estabilidad de estos elementos al colocar la cobertura y soportar otras cargas, fabricados con ejes de 5/8"



*Figura. III-105 Análisis en templadores de correas*

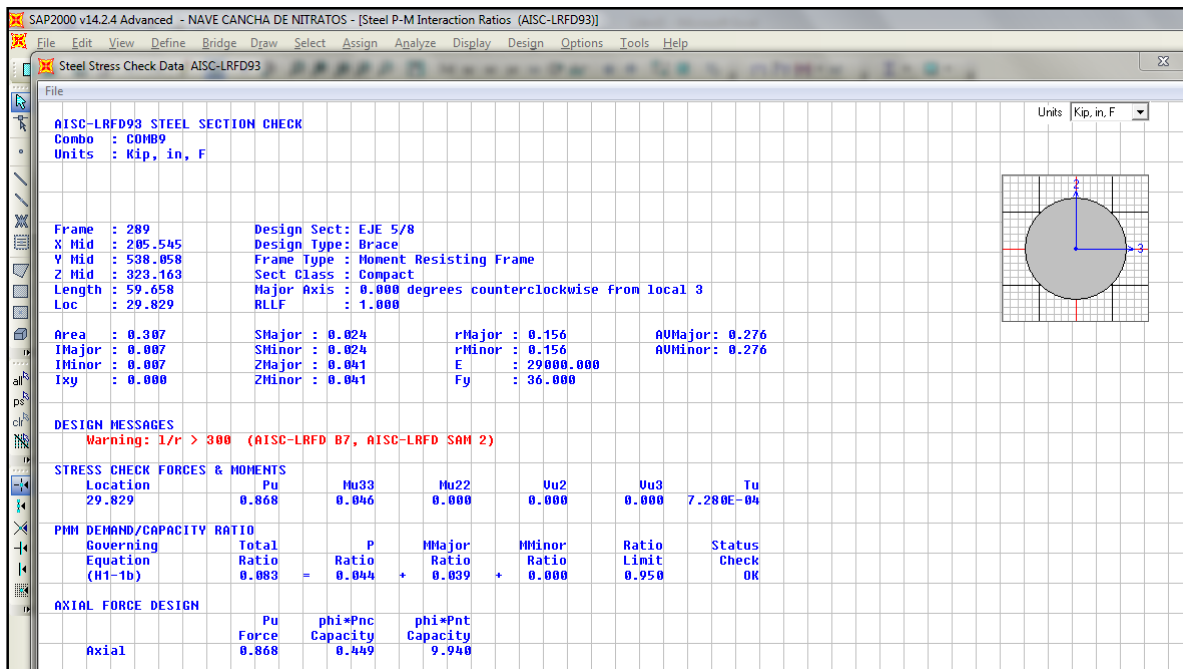


Figura. III-106 Análisis de ratios en templadores de Correas

Para efecto de cálculo verificaremos como miembro a tensión el cual no analizaremos los combos relacionados con el peso propio del templado, así tenemos:

- Ratio de 0.083 COMBO 9
- Pu= 0.868 kip.

Calculamos las cargas a fluencia y ruptura para una barra de 5/8" de diámetro, así tenemos:

$$A_g = \frac{\pi \left( \frac{5}{8} pu lg \right)^2}{4} = 0.306 pu lg^2$$

-Por fluencia:

$$\phi_T P_n = \phi_T F_y A_g = 0.9 * 36ksi * 0.306 pu lg^2 = 9.91kip$$

-Por factura

$$\phi_T P_n = \phi_T F_u A_g = 0.75 * 58ksi * 0.306 pu lg^2 = 13.31kip$$

Analizamos con el menor:

$$P_u < \phi_T P_n$$

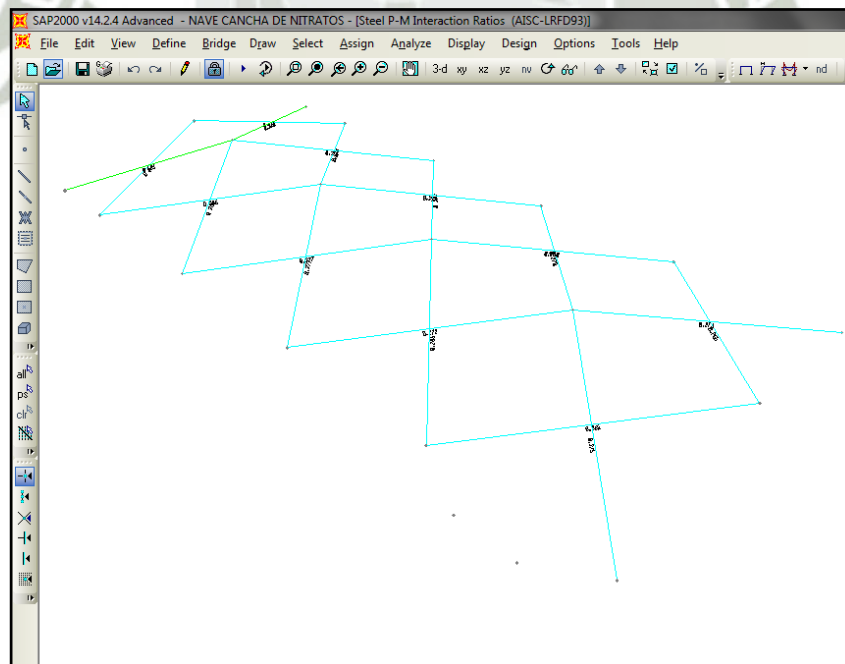
$$0.868kip < 9.91kip.....OK$$

Los templadores de 5/8" cumplen para nuestro diseño.

### 3.1.6.4. C.-Templadores de tijerales.

Nos brinda mayor estabilidad entre tijerales, son fabricados con ejes de 3/4"

Para efecto de cálculo verificaremos como miembro a tensión el cual no analizaremos los combos relacionados con el peso propio del templado, así tenemos:



*Figura. III-107 Análisis en templadores de tijerales*



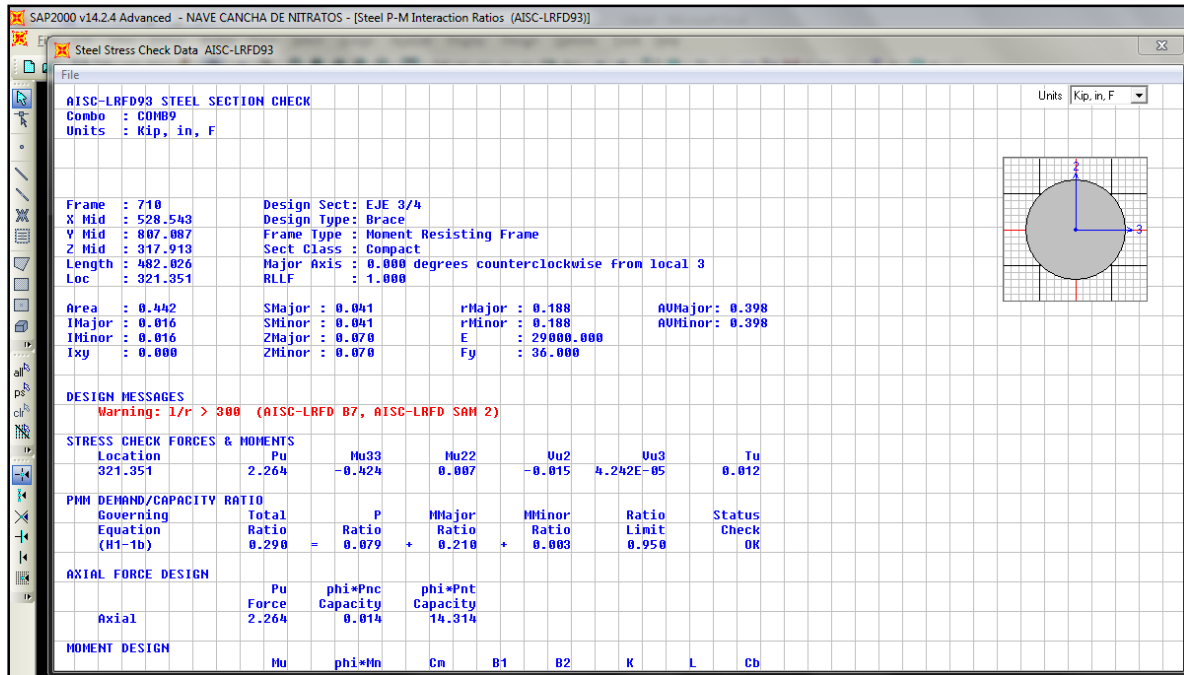


Figura. III-108 Análisis de ratios en templados de tijerales

- Ratio de 0.298 COMBO 9
- Pu= 2.264 kip.

Calculamos las cargas a fluencia y ruptura para una barra de 3/4" de diámetro, así tenemos:

$$A_g = \frac{\pi \left( \frac{3}{4} pu \lg \right)^2}{4} = 0.442 pu \lg^2$$

-Por fluencia:

$$\phi_T P_n = \phi_T F_y A_g = 0.9 * 36ksi * 0.442 pu \lg^2 = 14.332kip$$

-Por factura

$$\phi_r P_n = \phi_r F_u A_g = 0.75 * 58ksi * 0.442 pu lg^2 = 19.23kip$$

Analizamos con el menor:

$$P_u < \phi_r P_n$$

$$2.264kip < 14.332kip.....OK$$

Los templadores de 3/4" cumplen para nuestro diseño.

### **3.2.- Memoria de Cálculo para el diseño de faja transportadora de la nave para Cancha de Nitratos.**

#### **3.2.1.- Introducción.**

A mediados de los meses de Octubre del 2011 se inicio los trabajos del proyecto ANTAPACCAY, para lo cual se realizaron movimientos de tierras los cuales requerían de perforación en zonas de minado y su posterior voladura. Por lo cual se requirió una zona para el almacén de nitratos el cual tenga un sistema alimentador de nitrato a camiones fabrica, siendo el mejor sistema a través una faja transportadora con una capacidad de 50 toneladas por hora.

#### **3.2.2.- Objetivo.**

El objetivo de esta memoria de cálculo es presentar el diseño y selección de los diferentes componentes que presentan este tipo de faja transportadora, con el fin de que sus operaciones lleguen a trasladar 50 ton/hora.

### 3.2.3.- Metodología de cálculo.

La presente memoria de cálculo de fajas transportadoras utilizará la metodología de CEMA (**Conveyor Equipment Manufacturers Association**), 6ta edición la cual nos ayudara con la selección de los diferentes componentes y su respectivo dimensionamiento.

### 3.2.4.- Alcances generales.

La memoria de cálculo cubre la selección de los componentes principales de las fajas transportadoras, como son diámetros y ejes de poleas, tensiones principales y potencia del sistema motriz como los accionamientos que estarán compuestos por motores del tipo jaula de ardilla.

### 3.2.5.- Memoria de cálculo.

Dentro de esta memoria encontraremos:

- Datos del material.
- Distribución de faja transportadora.
- Selección de ancho de la faja.
- Selección de la velocidad de la faja.
- Selección de rodillos.
- Análisis de tensiones.
- Selección de motor.



### **3.2.6.- Característica del material transportado.**

A continuación se presenta las características del material transportado por la faja:

- Material : Nitrato de Amonio
- Densidad Aparente: 0.78TON/m<sup>3</sup>
- Humedad de operación:0.3%
- Angulo de sobrecarga: 25°
- Abrasividad: abrasivo
- Granulometría: granular menor a 3”
- Horas de operación:3horas por día
- Servicio: intermitente
- Instalación: Exterior
- Tipo de carga: intermitente
- Altura Sobre el nivel del mar: 4200 msnm

### **3.2.7.- Diseño de faja transportadora.**

#### **3.2.7.1.- Datos del material**

Seleccionando el tipo de material de acuerdo a catalogo CEMA tabla 3-2, de acuerdo a los datos proporcionados se tiene como código CEMA: C36

Table 3-2. Material class description.

	Material Characteristics	Code
Size	Very fine—100 mesh and under	A
	Fine— $\frac{1}{8}$ inch and under	B
	Granular—Under $\frac{1}{2}$ inch	C
	Lumpy—containing lumps over $\frac{1}{2}$ inch	D
	Irregular—stringy, interlocking, mats together	E
Flowability	Very free flowing—angle of repose less than $19^\circ$	1
Angle of Repose	Free-flowing—angle of repose $20^\circ$ to $29^\circ$	2
	Average flowing—angle of repose $30^\circ$ to $39^\circ$	3
	Sluggish—angle of repose $40^\circ$ and over	4
Abrasive	Nonabrasive	5
	Abrasive	6
	Very abrasive	7
	Very sharp—cuts or gouges belt covers	8
Miscellaneous Characteristics (Sometimes more than one of these characteristics may apply)	Very dusty	L
	Aerates and develops fluid characteristics	M
	Contains explosive dust	N
	Contaminable, affecting use or saleability	P
	Degradable, affecting use or saleability	Q
	Gives off harmful fumes or dust	R
	Highly corrosive	S
	Mildly corrosive	T
	Hygroscopic	U
	Interlocks or mats	V
	Oils or chemical present—may affect rubber products	W
Packs under pressure	X	
Very light and fluffy—may be wind-swept	Y	
Elevated temperature	Z	






Tabla. III-25.- Descripción y Clasificación de los materiales

Se tiene una densidad aparente de  $0.78 \text{ TON/m}^3$ .

Seleccionamos el ángulo de reposo y el ángulo de sobrecarga del material:

- Angulo de reposo:  $37^\circ$  (media aritmética de valores máximo y mínimo de CEMA)
- Angulo de sobrecarga:  $25^\circ$

**Table 3-1. Flowability–angle of surcharge–angle of repose.**

Flow				
Very free flowing 1*	Free flowing 2*	Average flowing 3*		Sluggish 4*
Angle of Surcharge				
5°	10°	20°	25°	30°
				
Angle of Repose				
0-19°	20-25°	30-34°	35-39°	40° - up
Material Characteristics				
<i>Uniform size, very small rounded particles, either very wet or very dry, such as dry silica sand, cement, wet concrete, etc.</i>	<i>Rounded, dry polished particles, of medium weight, such as whole grain and beans.</i>	<i>Irregular, granular or lumpy materials of medium weight, such as anthracite coal, cottonseed meal, clay, etc.</i>	<i>Typical common materials such as bituminous coal, stone, most ores, etc.</i>	<i>Irregular, stringy, fibrous, interlocking material, such as wood chips, bagasse, tempered foundry sand, etc.</i>

\*Code designations conform to bulk material characteristics chart, Table 3-2.

*Tabla III-26.- Descripción y Clasificación de los materiales*

**3.2.7.2.- Distribución de la faja transportadora.**

A continuación se presenta la distribución de la faja transportadora que tiene un tramo de 25m.

Longitud de faja: 52m

Angulo de inclinación: 18°

Altura de elevación: 7.72m



### 3.2.7.3.- Selección del ancho de la faja

Capacidad a transportar: 50 Ton/hora (Datos proporcionados por XSTRATA)

- Horas de servicio: 03 Horas/día
- Tamaño de trozo: 3pulg.
- Porcentaje de trozo: 20%
- Porcentaje de finos: 80%

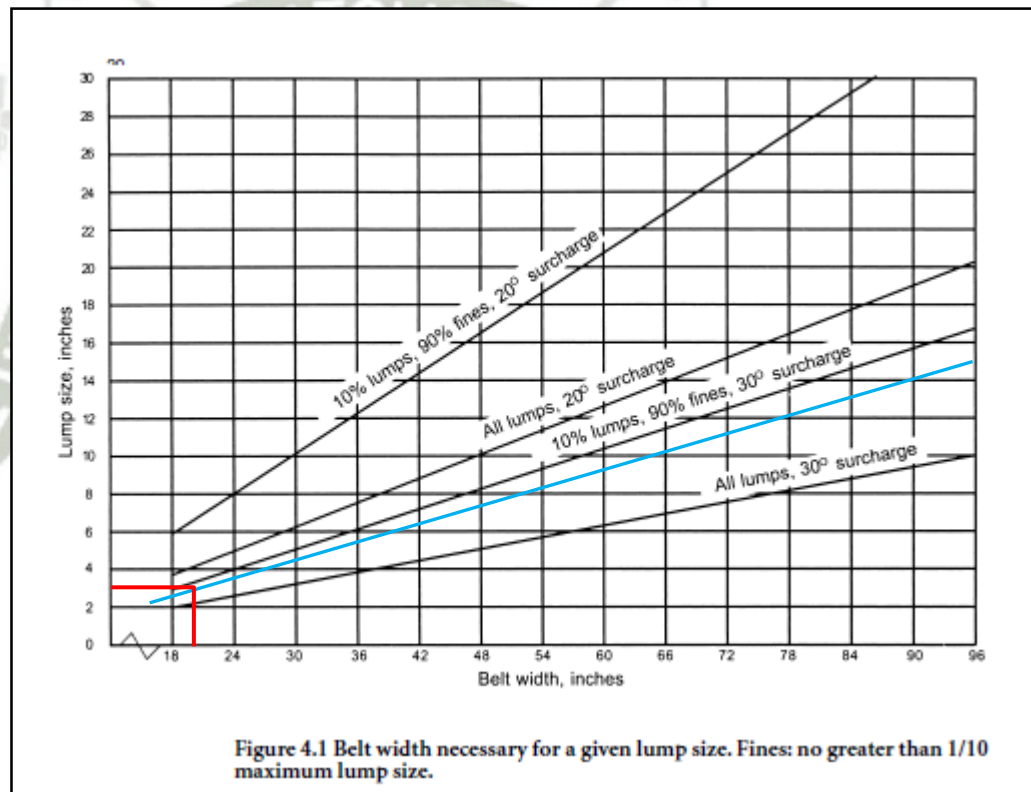


Tabla III-27.- Ancho necesario de faja

Como este grafico no tiene línea granulométrica correspondiente, asumimos que todo el material a transportar es grueso. Con lo cual obtenemos un ancho de faja de 20 pulgadas (No comercial).

Por lo tanto el ancho de faja comercial a seleccionar es de 24 pulgadas.

### 3.2.7.4.- Selección de la velocidad de la faja.

A continuación seleccionamos la velocidad de la faja en relación al tipo de material y al ancho de la faja.

Table 4-1. Recommended maximum belt speeds.

Material Being Conveyed	Belt Speeds (fpm)	Belt Width (inches)
Grain or other free-flowing, nonabrasive material	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Coal, damp clay, soft ores, overburden and earth, fine-crushed stone	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-95
Heavy, hard, sharp-edged ore, coarse-crushed stone	350	18
	500	24-36
	600	Over 36
Foundry sand, prepared or damp; shake-out sand with small cores, with or without small castings (not hot enough to harm belting)	350	Any width
Prepared foundry sand and similar damp (or dry abrasive) materials discharged from belt by rubber-edged plows	200	Any width
Nonabrasive materials discharged from belt by means of plows	200, except for wood pulp, where 300 to 400 is preferable	Any width
Feeder belts, flat or troughed, for feeding fine, nonabrasive, or mildly abrasive materials from hoppers and bins	50 to 100	Any width

Tabla III-28.- Ancho necesario de faja

Se ha seleccionado la velocidad máxima de la faja de 600ppm.

Debemos de hacer un reajuste de la velocidad de la faja en relación de la capacidad máxima que podrá transportar

-Cálculo de la capacidad  $\text{pie}^3/\text{hora}$

-Densidad aparente  $(\text{lb}/\text{pie}^3)=45\text{lb}/\text{pie}^3$  (Tabla 3.3 CEMA)

$$\frac{ft^3}{hr} = \frac{tph * 2000}{densidad\ aparente} = \frac{50 \frac{TON}{h} * 2000}{45 \frac{lb}{pie^3}} = 2222.22 \frac{pie^3}{hora}$$

Con la tabla 4.3 CEMA, seleccionamos la capacidad en pie<sup>3</sup>/hora a 100ppm y la sección de carga en pie<sup>2</sup>.

Capacities, Belt Widths, and Speeds

Table 4-3. 35-degree troughed belt—three equal rolls standard edge distance = 0.055b + 0.9 inch.

Belt Width (Inches)	<i>A<sub>t</sub></i> - Cross Section of Load (ft <sup>2</sup> )							Capacity at 100 FPM (ft <sup>3</sup> /hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	.144	.160	.177	.194	.212	.230	.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	.278	.309	.341	.373	.406	.440	.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	.455	.506	.557	.609	.662	.716	.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	.676	.751	.826	.903	.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14580	15906	17257	18642	21058
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

Tabla III-29.- Capacidad, ancho de faja y velocidad

De tabla la sección de carga es de: 0.44pie<sup>2</sup>, y una capacidad equivalente a 100ppm de: 2640 pie<sup>3</sup>/hora

Con estos datos se calcula la velocidad actual de la faja



$$Velocidad Actual Faja = Capacidad * \frac{100}{capacidad equivalente}$$

$$Velocidad Actual Faja = 2222.22 \frac{pie^3}{hora} * \frac{100}{2640.00}$$

$$Velocidad Actual Faja = 84.17 ppm$$

La velocidad actual de la faja calculada, sería la velocidad mínima a la que podría ir la faja.

A continuación con la selección de carga de  $0.44 pie^2$  y la velocidad actual de la faja seleccionamos la velocidad de diseño:

$$Capacidad = Area de carga * velocidad de diseño$$

$$Velocidad de diseño = \frac{Capacidad}{Area de carga}$$

La capacidad de  $2222.22 pie^3/hora$ . La convertimos en  $pie^3/min$ . Siendo la nueva capacidad de  $37.04 pie^3/min$ .

A esta capacidad le agregamos un 25% de sobrecarga en el caso que pueda cargarse más la faja de lo que inicialmente se ha planificado.

En algunas ocasiones no se lograra que la carga ocupe toda la sección de llenado, es por ello que la vamos a multiplicar por el 60% del llenado de esta sección.

Por lo tanto tenemos:

$$Velocidad de diseño = \frac{Capacidad}{Area de carga} = \frac{37.04 \frac{pie^3}{min} * 1.25}{0.44 pie^2 * 0.60} = 175.40 \frac{pie}{min}$$

Tomaremos una velocidad de diseño de 175.40ppm.

### 3.2.7.5.- Selección de rodillos.

Carga del rodillo real  $CIL = ((W_b + (W_m * K_1)) * S_i) + IML$

Donde:

- $W_b$  = Peso de la faja (lb/pie) (Tabla 5.5)
- $W_m$  = Peso del material (lb/pie)
- $S_i$  = Espaciamiento de rodillo (pie) (Tabla 5.19)
- $K_1$  = Factor de ajuste de tamaño de trozo (Tabla 5.23)
- $IML$  = Fuerza debido a la desviación por la altura del rodillo

#### 3.2.7.5. A.- Peso estimado de la faja ( $W_b$ )

Tenemos como datos de ingreso a la tabla un ancho de faja de 24 pulg y una densidad aparente de 45 lb/pie<sup>3</sup>.

Entonces de la tabla 5.5 CEMA, el peso de la faja estimado promedio es de: 4.5 lb/pie.

**$W_b = 4.5$  lb/pie.**

**Table 5-5. WB-Estimated average belt weight, multiple- and reduced-ply belts, lbs/ft.**

Belt Width (inches ( <i>b</i> ))	Material Carried, lbs/cu ft		
	30-74	75-129	130-200
18	3.5	4.0	4.5
24	4.5	5.5	6.0
30	6.0	7.0	8.0
36	9.0	10.0	12.0
42	11.0	12.0	14.0
48	14.0	15.0	17.0
54	16.0	17.0	19.0
60	18.0	20.0	22.0
72	21.0	24.0	26.0
84	25.0	30.0	33.0
96	30.0	35.0	38.0

*Tabla III-30.- Peso estimado de la faja*

**3.2.7.5. B.- Peso del material ( $W_m$ )**

$$W_m = \frac{Q * 33.33}{V}$$

Donde:

Q: Tonelada de horas transportadas (tph) = 50 TON/hora.

V: Velocidad de diseño la faja (ppm) = 175.40ppm

$$W_m = \frac{50 \frac{ton}{hora} * 33.33}{175.40 \frac{pie}{min}}$$

$$W_m = 9.50 lb / pie$$

**$W_m=9.50$  lb/pie.**



### 3.2.7.5. C.- Espaciamiento de rodillos ( $S_i$ )

Con el peso del material del material de  $48\text{lb}/\text{pie}^3$  y con el ancho de la faja de 24 pulgadas seleccionamos los espaciamiento de los rodillos abarquillados y de retorno.

**Table 5-2. Suggested normal spacing of belt idlers ( $S_i$ ).\***

Belt Width (inches)	Troughing Idler Spacing						Return Idlers
	Weight of Material Handled, lbs/cu ft						
	30	50	75	100	150	200	
18	5.5	5.0	5.0	5.0	4.5	4.5	10.0
24	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
30	5.0	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	10.0
36	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.5	10.0
42	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
48	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	10.0
54	4.5	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	10.0
60	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	10.0
72	4.0	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	8.0
84	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.0	8.0
96	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0	8.0

\* Spacing indicated in feet. Spacing may be limited by load rating of idler. See idler load ratings in Tables 5-7—5-11.

*Tabla III-31.- Espaciamiento de rodillos*

Interpolando entre los valores de  $30\text{lb}/\text{pie}^3$  a  $50\text{lb}/\text{pie}^3$  para nuestro caso de  $48\text{ lb}/\text{pie}^3$  tenemos un espaciamiento de  $4.875\text{pie}$ , redondearemos al inmediato inferior  $4.5\text{ pies}$ ,

Entonces:

- Para polines de carga el espaciamiento deberá de ser de 4.5 pie.
- Para polines de retorno el espaciamiento deberá de ser 10 pies.

Tomaremos  $S_i=4.5$ pies.

### 3.2.7.5. D.- Factor de ajuste por tamaño de trozo ( $K_1$ )

De la tabla seleccionamos el factor  $K_1$ :

**Table 5-6.  $K_1$ -Lump adjustment factor.**

Maximum Lump Size (inches)	Material Weight, lbs/cu ft						
	50	75	100	125	150	175	200
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
6	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
10	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
12	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
14	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
16	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
18	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4

*Tabla III-32.- Factor de ajuste por tamaño de trozo  $K_1$*

Para un trozo máximo de 3" y 45lb/pie<sup>3</sup>

Tenemos un  $K_1=1.0$

### 3.2.7.5. E.- Fuerza debido a la desviación por la altura del rodillo (IML)

Consideraremos que no habrá desnivelación de rodillos (D) por lo tanto:  $D=0$

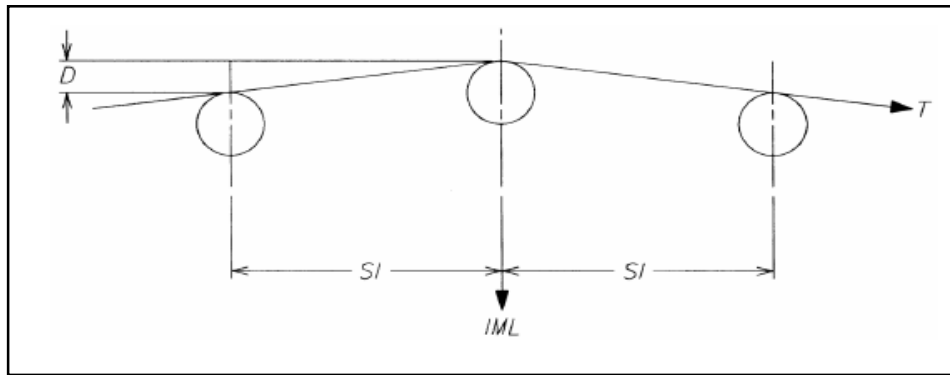


Figura. III-109 Desnivelación de rodillos

$$IML = \frac{D * T}{6 * S_i}$$

Como  $D=0$  por lo tanto  $IML=0$

Finalmente, calculamos la Carga del rodillo real con los datos obtenidos, reemplazando tenemos:

$$CIL = ((W_b + (W_m * K_1)) * S_i) + IML$$

$$CIL = ((4.5 \frac{lb}{pie} + (9.43 \frac{lb}{pie} * 1.0)) * 4.5 pie) + 0lb$$

$$CIL = 63.00lb$$

De la siguiente tabla realizaremos la clasificación del rodillo:



**Table 5-1. Idler classification.**

Classification	Former Series Number	Roll Diameter (inches)	Belt Width (inches)	Description
A4	STANDARD WITHDRAWN OCTOBER 1, 1996			
A5				
B4	II	4"	18" through 48"	Light Duty
B5	II	5"	18" through 48"	"
C4	III	4"	18" through 60"	Medium Duty
C5	III	5"	18" through 60"	"
C6	IV	6"	24" through 60"	"
D5	None	5"	24" through 72"	"
D6	None	6"	24" through 72"	"
E6	V	6"	36" through 96"	Heavy Duty
E7	VI	7"	36" through 96"	"

*Tabla III-33.- Clasificación de rodillos*

Asumiendo que es de servicio **Medio, Tipo C, diámetro de rodillo 4"**:

De la tabla seleccionamos el tipo de rodillo:

**Table 5-8. Load ratings for CEMA C idlers, lbs (rigid frame).**

Belt Width (inches)	Trough Angle			Single Roll Return	Two Roll "Vee" Return
	20°	35°	45°		
18	900	900	900	475	
24	900	900	900	325	500
30	900	900	900	250	500
36	900	837	810	200	500
42	850	791	765	150	500
48	800	744	720	125	500
54	750	698	675	*	500
60	700	650	630	*	500
66				*	500

Ratings based on minimum  $L_{10}$  of 30,000 hours at 500 rpm.  
\*Use CEMA D return idler

*Tabla III-34.-Carga de Rodillos*

Por lo tanto seleccionamos las cargas que resisten los rodillos:

- Con abarquillados de 35°: 900lbs
- Rodillo de retorno : 325lbs

Comprobación del rodillo seleccionado comparándolo con la capacidad real.

- Datos necesarios:
- Angulo de sobrecarga: 25°
- Densidad del material: 45lb/pie<sup>3</sup>
- Tipo de rodillo: C4 diámetro de rodillo 4”(comercialmente se encuentra polines de diámetro 4.5”) con un ángulo de 35°
- Velocidad de faja: 175.40pie/min.
- Capacidad: 2222.22 pie<sup>3</sup>/hora

Convertir la capacidad deseada a la capacidad equivalente para una velocidad de faja de 100ppm.

$$Q_{100} = Capacidad * \frac{100}{Velocidad\ real}$$

$$Q_{100} = 2222.22 \frac{pie^3}{hora} * \frac{100}{175.4 \frac{pie}{min}}$$

$$Q_{100} = 1266.94 \frac{pie^3}{hora}$$

Comparamos el resultado con los valores obtenidos en la tabla

Capacities, Belt Widths, and Speeds

Table 4-3. 35-degree troughed belt—three equal rolls standard edge distance =  $0.055b + 0.9$  inch.

Belt Width (Inches)	$A_t$ - Cross Section of Load (ft <sup>2</sup> )							Capacity at 100 FPM (ft <sup>3</sup> /hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	.144	.160	.177	.194	.212	.230	.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	.278	.309	.341	.373	.406	.440	.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	.455	.506	.557	.609	.662	.716	.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	.676	.751	.826	.903	.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14580	15906	17257	18642	21058
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

Tabla III-35.- Capacidad, ancho de faja y velocidad

Comparando el valor obtenido  $Q_{100}=1266.94$  pie<sup>3</sup>/hora, en la tabla 4-3 CEMA, se puede apreciar que satisface el valor de tabla de 2640pie<sup>3</sup>/hora. Por lo tanto la selección del rodillo es correcta.

### 3.2.7.6.- Selección de tensión en la faja.

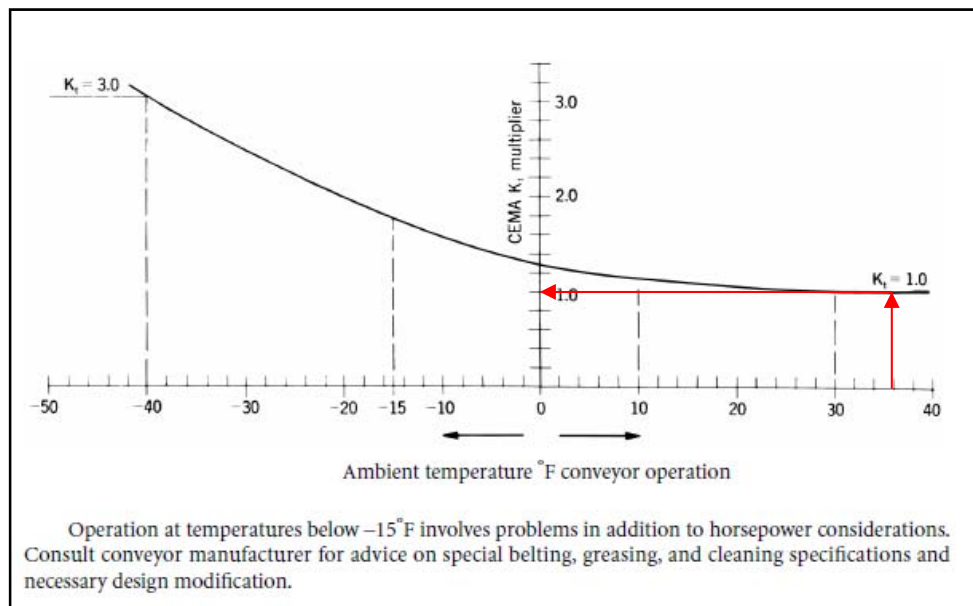
A continuación se realizará el cálculo de la tensión efectiva de la faja transportadora.

$$T_e = L * K_t (K_x + K_y * W_b + 0.015W_b) + W_m (L * K_y + H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$



### 3.2.7.6.A.- Factor de corrección de la temperatura ambiente.

De la figura se calculara  $K_t$ , considerando que la temperatura mínima es de 3 °C ó 37.4 °F



*Figura. III-110 Factor de corrección de temperatura*

**Tomamos  $K_t=1.0$**

### 3.2.7.6.B.- $K_x$ Factor de fricción del rodillo y la resistencia al deslizamiento entre la faja y los rodillos.

$$K_x = 0.00068(W_b + W_m) + \frac{A_i}{S_i}$$

Donde:

$A_i$ : 1.5 para rodillos de 6 pulg. De diámetro, CEMA C6, D6.

$A_i$ : 1.8 para rodillos de 5 pulg. De diámetro, CEMA A5, B5, C5, D5.

$A_i$ : 2.3 para rodillos de 4 pulg. De diámetro, CEMA A4, B4, C4

$A_i$ : 2.4 para rodillos de 7 pulg. De diámetro, CEMA E7.

$A_i$ : 2.8 para rodillos de 6 pulg. De diámetro, CEMA E6.

Para nuestro caso,  $A_i=2.3$

$W_b= 4.5$  lb/pie.

$W_m=9.43$  lb/pie.

$S_i = 5$ pie

Reemplazando:

$$K_x = 0.00068\left(4.5 \frac{lb}{pie} + 9.5 \frac{lb}{pie}\right) + \frac{2.3}{4.5}$$

$$K_x = 0.52$$

Tenemos un  $K_x=0.52$

### 3.2.7.6. C.- $K_y$ Factor para calcular la resistencia de la faja en relación con la carga de flexión sobre los rodillos.

Con una pendiente de  $18^\circ$

$$W_b + W_m = 4.5 \text{ lb/pie} + 9.5 \text{ lb/pie} = 14 \text{ lb/pie}$$

Longitud de transportador = 52m (170.60 pie)

De la tabla seleccionamos el valor de  $K_y$

Table 6-2. Factor  $K_y$  values.

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
250	20	0.035	0.035	0.034	0.031	0.031	0.031	0.031
	50	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.028	0.027
	75	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.027	0.025
	100	0.035	0.033	0.032	0.031	0.030	0.026	0.023
	150	0.035	0.035	0.034	0.033	0.031	0.025	0.021
	200	0.035	0.035	0.035	0.035	0.032	0.024	0.018
	300	0.035	0.035	0.035	0.035	0.033	0.021	0.018

Tabla III-36.- Valor del factor  $K_y$

Tomamos  $K_y=0.031$

**3.2.7.6.D.-  $T_x$ : Resistencia de fricción de los rodillos de transporte y de retorno**

$$T_x = L * K_x * K_f$$

$$T_x = 170.60 * 0.47 * 1.0$$

$$T_x = 88.71lb$$

Tomamos  $T_x=88.71lb$

**3.2.7.6.D.-  $T_{yb}$ : Sumatoria total de tensiones resultantes de la resistencia de la faja a la flexión cuando se mueve sobre los rodillos de transporte como sobre los de retorno.**

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr}$$

Calculando  $T_{yc}$  y  $T_{yr}$



- **$T_{yc}$ : Para los rodillos de transporte.**

$$T_{yc} = L * K_y * W_b * K_t$$

$$T_{yc} = 170.60 * 0.031 * 4.5 * 1.0$$

$$T_{yc} = 23.80lb$$

Tomamos  $T_{yc}=23.80lb$

- **$T_{yr}$ : Para los rodillos de retorno.**

$$T_{yr} = L * 0.015 * W_b * K_t$$

$$T_{yr} = 170.60 * 0.015 * 4.5 * 1.0$$

$$T_{yr} = 11.51lb$$

Tomamos  $T_{yr}=11.51 lb$

Entonces:

$$T_{yb} = T_{yc} + T_{yr}$$

$$T_{yb} = 23.80lb + 11.51lb$$

$$T_{yb} = 35.31lb$$

Tomamos  $T_{yb}=35.31lb$ .

**3.2.7.6.E.-  $T_{ym}$ : Resistencia del material a la flexión cuando la faja corre sobre los rodillos.**

$$T_{ym} = L * K_y * W_m$$

$$T_{ym} = 170.60 * 0.031 * 9.50$$

$$T_{ym} = 50.24lb$$

Tomamos  $T_{ym}=50.24lb$ .

**3.2.7.6.F.-  $T_m$ : Fuerza necesaria para elevar o bajar la carga.**

La altura está considerada a una inclinación de  $18^\circ$  será de 25.32 pies:

$$T_m = H * W_m$$

$$T_m = 25.32 * 9.50$$

$$T_m = 240.54lb$$

Tomamos  $T_m=240.54lb$ .

**3.2.7.6.G.-  $T_p$ : Resistencia de la faja a la flexión alrededor de las poleas y la resistencia de poleas a rodar sobre sus rodamientos.**

De tabla.

**Table 6-5. Belt tension to rotate pulleys.**

Location of Pulleys	Degrees Wrap of Belt	Pounds of Tension at Belt Line
Tight side	$150^\circ$ to $240^\circ$	200 lbs/pulley
Slack side	$150^\circ$ to $240^\circ$	150 lbs/pulley
All other pulleys	less than $150^\circ$	100 lbs/pulley

**Note:** Double the above values for pulley shafts that are not operating in antifricition bearings.

*Tabla III-37.-Tensión de la correa para girar las poleas*

Para ambos tramos asumimos una tensión de 200 libras por polea, como nuestro sistema cuenta con poleas el  $T_p = 200 lb$ .

**3.2.7.6.H.-  $T_{am}$ : Fuerza para acelerar el material continuamente mientras se alimenta la faja.**

Peso material acelerado:

$$W = Q * 2000 / 3600$$

$$Q = 50TON / hora$$

$$W = 50 * 2000 / 3600$$

$$W = 27.77lb / seg$$

Masa del material acelerado por segundo

$$M = \frac{W}{g} = \frac{27.77lb / seg}{32.2 pie / seg^2}$$

$$M = 0.86slugs$$

Cambio de Velocidad:

$$V_c = \frac{V - V_0}{60}$$

$$V_c = \frac{175.4 - 0}{60}, \text{asumiendo } V_0 = 0 ppm$$

$$V_c = 2.92 pie / seg$$

Por lo tanto:

$$T_{am} = M * V_c$$

$$T_{am} = 0.86slugs * 2.92 pie / seg$$

$$T_{am} = 2.51lb$$

**3.2.7.6.I.-  $T_{ac}$ : Resistencia Generada por los accesorios (Volteadores, apiladores, desviadores, equipos de limpieza, faldones).**



$$T_{ac} = T_{sb} + T_{pl} + T_{tr} + T_{bc}$$

Donde:

- Tsb: Resistencia para superar la fricción de faldones.
- Ttr: Resistencia generada por los volteadores y apiladores
- Tpl: Resistencia de fricción de los desviadores.
- Tbc: Resistencia originada por dispositivos limpiadores de faja generalmente se aproxima a 5 libras por pulgada de ancho de faja y como el ancho de faja es de 24 pulgadas entonces:

$$T_{bc} = \frac{5lb}{pulg} * (24 pulg)$$

$$T_{bc} = 120lb$$

Tsb: Resistencia para superar la fricción de faldones, se calculara el factor de fricción con el faldón:

$$C_s = \frac{2 * dm(1 - \text{sen}\phi)}{288 * (1 + \text{sen}\phi)}$$

Donde :

$$dm : \text{densidad material} = 45lb / \text{pie}^3$$

$$\phi = \text{Angulo de reposo} = 37^\circ$$

$$C_s = \frac{2 * 45(1 - \text{sen}37)}{288 * (1 + \text{sen}37)} = 0.077$$

Entonces:

$$T_{sb} = L_b * (C_s * hs^2 + 6)$$

Tenemos que:

- $L_b$ : longitud de faldones asumimos 7pies.
- $h_s$ : es igual al 10% del ancho de la faja; es decir:
  - $h_s = (0.1) * 24 \text{ pulg.} = 2.4 \text{ pulg}$
  - $h_s = 0.2 \text{ pie}$

Por lo tanto:

$$T_{sb} = L_b * (C_s * h_s^2 + 6)$$

$$T_{sb} = 7(0.077 * 0.2^2 + 6)$$

$$T_{sb} = 42.02 \text{ lb}$$

Así tenemos que  $T_{ac}$  es:

$$T_{ac} = T_{sb} + T_{bc}$$

$$T_{ac} = 42.02 \text{ lb} + 120 \text{ lb}$$

$$T_{ac} = 162.02 \text{ lb}$$

Reemplazando en la tensión efectiva:

$$\bullet T_e = L * K_t (K_x + K_y * W_b + 0.015 W_b) + W_m (L * K_y + H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

$$\bullet L * K_t (K_x + K_y * W_b + 0.015 W_b) = 170 .60 * 1.0(0.52 + 0.031 * 4.5 + 0.015 * 4.5)$$

$$\bullet L * K_t (K_x + K_y * W_b + 0.015 W_b) = 124 .02$$

$$\bullet W_m (L * K_y + H) = 9.5(170 .6 * 0.031 + 25 .32) = 290 .78$$

$$\bullet T_p + T_{am} + T_{ac} = 200 + 2.51 + 162 .02 = 364 .53$$

$$\bullet T_e = 124 .026 \text{ lb} + 290 .78 \text{ lb} + 364 .53 \text{ lb}$$

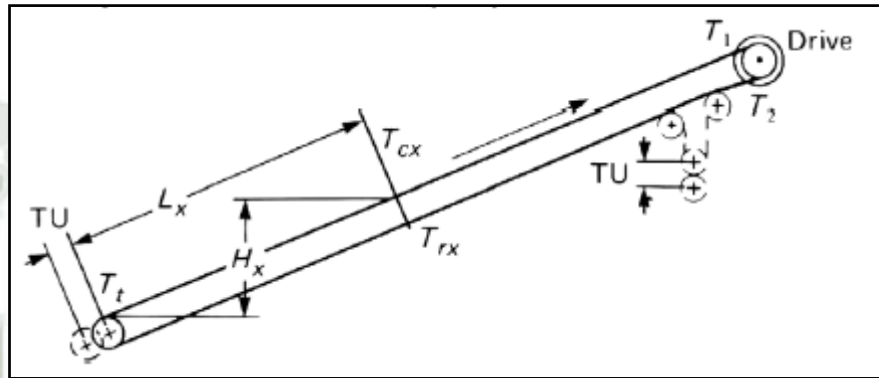
$$\bullet T_e = 779 .34 \text{ lb}$$

Tenemos una tensión efectiva:  **$T_e = 780 \text{ lb}$** .

**3.2.7.7.- Análisis de tensión en la faja.**

Nuestra faja transportadora tendrá un recorrido de 85.3pies, teniendo una pendiente de 18° aproximadamente.

Tenemos:



*Figura. III-111 Arreglo de faja transportadora.*

Cw: Factor de arrollamiento.

El factor Cw lo elegimos de la tabla para nuestro caso y en ambos tramos usaremos tensor manual, con  $\Theta=180^\circ$  con polea desnuda, simple y sin polea de reenvió se obtiene un  $Cw=1.2$

Table 6-8. Wrap factor,  $C_w$  (Rubber-surfaced belt).

Type of Pulley Drive	$\theta$ Wrap	Automatic Takeup		Manual Takeup	
		Bare Pulley	Lagged Pulley	Bare Pulley	Lagged Pulley
Single, no snub	180°	0.84	0.50	1.2	0.8
Single with snub	200°	0.72	0.42	1.0	0.7
	210°	0.66	0.38	1.0	0.7
	220°	0.62	0.35	0.9	0.6
	240°	0.54	0.30	0.8	0.6
Dual*	380°	0.23	0.11	0.5	0.3
	420°	0.18	0.08	—	—

*TablaIII-38.-Factor de envolvimiento*



El factor  $C_w$  lo elegimos de la tabla para nuestro caso y en ambos tramos usaremos tensor manual, con  $\Theta=180^\circ$  con polea desnuda, simple y sin polea de reenvío se obtiene un  $C_w=1.2$

- Calculando el valor de  $T_2$ :

$$T_e = 846.98lb$$

$$T_2 = C_w * T_e$$

$$T_2 = 1.2 * 780lb$$

$$T_2 = 936lb$$

- Calculando el valor de  $T_1$ :

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_1 = 780lb + 936lb$$

$$T_1 = 1716lb$$

- Calculando la tensión de la faja en la polea de cola  $T_t$

- $T_b$ : Peso del tramo de la faja de transporte y/o retorno para un transportador inclinado es tomado por la polea en la cima de la cuesta. Esto debe ser considerado al calcular la tensión  $T_2$ .

$$T_b = \pm H * W_b$$

$$T_b = 25.32 * 4.5$$

$$T_b = 114lb$$

- Entonces  $T_t$ :

$$T_t = T_2 - T_b + T_{yr}$$

$$T_t = 936lb - 114lb + 11.51lb$$

$$T_t = 833.51lb$$

- Calculando la tensión de la faja (PIW):

$$PIW = \frac{T_1}{\text{ancho de faja}} = \frac{1716lb}{24 \text{ pu lg}}$$

$$PIW = 71.5lb / \text{pu lg}$$

- Por ser la banda en sí misma el elemento más costoso, el factor de seguridad es el mayor de todos los componentes: Factor de seguridad: 10. Es necesario llevar el PIW a N/mm que son las unidades en que se designan las bandas generalmente, por lo tanto la tensión requerida está dada por

$$B_r = PIW * 10 * 0.175$$

$$B_r = 71.5lb / \text{pu lg} * 10 * 0.175$$

$$B_r = 125.13N / mm$$

Donde:

- $B_T$  (N/mm): tensión a la rotura de la banda
- PIW (lb/pulg): Tensión a la banda en libras por pulgada de ancho.
- Factor de seguridad: 10
- Factor de conversión: 0.175

Los fabricantes han designado las bandas de acuerdo a la tensión por capa y esta a su vez se fabrican en valores múltiplos de 75, 110, 150 y 200 N/mm, Estando siempre en constante cambio. Por lo expuesto puede ser una banda de 150N/mm o bien de dos capas de 75N/mm.

En resumen:

Tensiones finales	
$T_1$	1716 lb
$T_2$	936 lb
$T_e$	780 lb
$T_t$	833.51 lb
PIW	71.5 lb/pulg

*Tabla III-39.-Tensiones de la faja*

### 3.2.7.8.- Selección del motor.

A continuación se realizarán los cálculos para seleccionar el motor apropiado para la faja:

- Potencia en la faja:

$$hp = \frac{T_e * V}{33000}$$

Donde:

$T_e$ : tensión efectiva (lb)=780

$V$ : velocidad de diseño de la faja=175.4 pie/min.

$$hp = \frac{T_e * V}{33000}$$

$$hp = \frac{780 * 175.4}{33000} = 4.14hp$$

$$hp = 4.14hp$$

- Potencia en la polea:



$$hp = \frac{T_p * V}{33000}$$

$$hp = \frac{200 * 175.4}{33000} = 1.06hp$$

$$hp = 1.06hp$$

- Potencia para perdidas del reductor que se considera un 5%

$$hp_{perdidas} = 0.05(4.14hp + 1.06hp)$$

$$hp_{perdidas} = 0.26hp$$

- En resumen:

<b>POTENCIA DE ACCIONAMIENTO</b>	
Potencia de la faja	4.14 hp
Potencia de la polea motriz	1.06 hp
Potencia por perdidas	0.26 hp
<b>POTENCIA SUB TOTAL</b>	<b>5.46 hp</b>

*TablaIII-40.-Potencia de accionamiento*

En conclusión tomando un factor de seguridad de 2 se tendrá una potencia de 5.46hp\*2 siendo de 10.92hp considerando un altura de trabajo de hasta 1000msnm.

En nuestro caso, la faja estará ubicada a una altura de 4200msnm por lo cual los fabricantes de motores recomiendan aplicar un factor de rateo a la potencia calculada por lo cual según tablas tenemos:

Altitude	Derating Factor
3300 - 5000	0.97
5001 - 6600	0.94
6601 - 8300	0.90
8301 - 9900	0.86
9901 - 11,500	0.82

*TablaIII-41.-Factor de rateo – altura en pies*

Observamos que a 4200 m.s.n.m (13815pies), extrapolamos el factor de rateo siendo de 0,74 por cual nuestra potencia requerida será:

$$Potencia_{requerida} = \frac{10.92hp}{0.74}$$

$$Potencia_{requerida} = 14.75hp \approx 11KW$$

Por lo tanto nuestra potencia requerida será de 14.75HP o 11 KW (Ver Anexo E)

### **3.2.7.9.- Calculo de diámetro de poleas.**

A continuación seleccionamos el diámetro de la polea.

PIW=71.5lb/pulg.

**Table 7-13. Typical ratings for multi- or reduced-ply conveyor elevator rubber belting.**

CONVEYOR															
Working Strength (PIW)	150	220	300	400	500	240	345	475	625	775	480	660	880	1000	1200
Number of Plies	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	6
Approximate Carcass Thickness (in.)	.12	.14	.14	.20	.210	.14	.19	.22	.25	.27	.265	.28	.335	.38	.50
Approximate Carcass Weight (lb/in. width)	.05	.075	.10	.104	.110	.08	.10	.108	.12	.135	.125	.141	.165	.188	.25
Minimum Pulley Diameter (in.)															
81-100%	14	16	16	18	24	18	24	24	30	30	30	30	36	42	--
61-80%	12	14	14	16	20	16	16	20	20	24	20	24	24	30	36
41-60%	10	12	12	14	18	12	14	18	18	20	16	20	20	24	30
To 40%	10	10	10	12	16	12	12	16	16	18	14	18	18	20	24

*TablaIII-42.-Diámetro de Polea*

Tomamos Diámetro mínimo de la polea: **14pulgadas**

El ancho de la superficie de la polea se calcula mediante la siguiente tabla:

**Table 7-12. Recommended pulley face width and belt clearances.**

Conveyor belt widths $b$ (inches)	Pulley face width $P_f$ (inches)	Distance between discharge chute plates (inches)	Return belt clearance* minimum each side (inches)
42 and under	$b + 2$	$P_f + 3$	2½
over 42	$b + 3$	$P_f + 4$	3

*TablaIII-43.-Ancho de polea recomendada*

El ancho de la superficie de la polea es de 24pulgadas (ancho de faja) más 2 pulgadas dando 26 pulgadas como ancho del tambor.

Se tiene también de la siguiente tabla un peso aproximado de 100 lb



Table 8-1. Welded steel drum pulley weights, pounds. (These are representative weights for estimating purposes. Since actual weights may vary, final shaft and pulley designs should be checked with the manufacturer.)

Pulley		Belt width (inches)																					
		18		24		30		36		42		48		54		60		72		84		96	
		Pulley face width (inches)																					
Dia (in.)	Max Bore (in.)	20	22	24	26	30	32	36	38	44	46	51	54	57	60	63	66	78	90	102			
6	2 1/2	30	35	35	40	40	45	45	50	60	60	65	65	70	75	80							
	2 1/4	45	50	50	55	60	65	70	75	80	85	95	100	105	110	115							
10	2 1/2	55	60	60	65	70	75	85	90	100	105	110	120	125	130	135	140						
	3	60	65	70	75	80	85	95	100	110	115	120	125	130	140	145	150						
	3 1/2	75	80	80	85	90	95	105	110	120	125	130	135	140	145	150	155						
12	2 1/2	70	75	75	85	90	100	105	115	120	130	140	150	155	160	165	175						
	3	80	85	90	100	105	110	115	125	130	135	145	155	160	170	175	180						
	3 1/2	95	100	105	110	115	120	125	135	145	150	160	165	170	175	180	190						
14	2 1/2	85	90	95	100	110	120	135	145	165	180	195	205	215	225	235	245						
	3	95	100	105	115	120	130	145	155	180	195	210	220	230	240	250	260						
	3 1/2	105	110	115	130	140	150	160	175	190	205	220	230	240	245	255	265						
	4	130	135	140	150	160	170	185	200	210	220	235	245	255	260	275	290						
16	2 1/2	105	110	115	130	140	150	160	175	200	220	235	240	250	260	270	280						
	3	115	125	130	140	150	165	170	185	220	240	250	260	270	280	290	300						
	3 1/2	130	135	140	155	160	170	180	200	225	240	260	265	275	285	295	310						
	4	160	165	175	185	195	205	215	225	245	260	280	285	290	300	310	325						
18	2 1/2	125	130	140	160	170	185	200	215	240	265	280	300	310	320	330	350						
	3	135	150	160	180	190	205	215	230	250	275	290	305	320	335	345	360						
	3 1/2	145	155	160	180	200	215	225	240	265	275	295	310	330	345	355	375						
	4	175	185	190	215	225	235	250	270	295	310	330	355	375	400	410	430						
	4 1/2	200	205	210	235	250	260	275	290	315	325	345	370	395	410	425	450						
20	2 1/2	145	160	170	190	200	215	230	260	300	310	330	350	370	390	400	420						
	3	160	170	180	200	220	240	250	275	300	320	350	365	380	390	400	420						
	3 1/2	170	180	195	210	225	240	270	285	300	330	360	375	390	400	415	435	500	550	600	660		
	4	190	200	215	240	250	270	285	305	330	360	400	410	425	435	450	470	500	550	600	660		
	4 1/2	210	225	235	265	280	290	305	325	350	375	400	425	440	455	475	500	580	630	700			
	5																	600	650	700			
6																	750	825	900				

Tabla III-44.-Peso aproximado de la polea

**3.2.7.9. A.- Fuerza Resultante a la Polea motriz o conductora.**

Para el cálculo de la fuerza resultante en la polea motriz se tendrá en cuenta los siguientes datos.

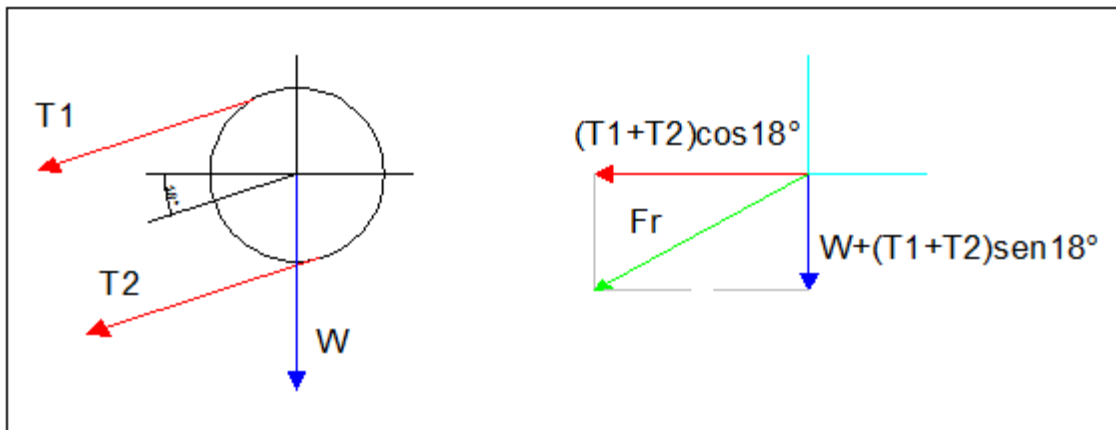


Figura. III-112 DCL polea motriz

Los valores seleccionados para el cálculo son:

- $T_1=1716$  lb
- $T_2= 936$  lb
- Peso polea (W)=100 lb

Por lo tanto la fuerza resultante de acuerdo al diagrama de cuerpo libre es:

$$Fr = \sqrt{[(T_1 + T_2) \cos 18^\circ]^2 + [(T_1 + T_2) \sin 18^\circ + W]^2}$$

$$Fr = \sqrt{[(1716 + 936) \cos 18^\circ]^2 + [(1716 + 936) \sin 18^\circ + 100]^2}$$

$$Fr = 2684.58 \text{ lb}$$

Por lo tanto tenemos un PIW=71.5 lb/pulg y un ángulo de arrojé de 180° para un diámetro de polea de 14 pulgadas. El cual de acuerdo a CEMA puede alcanzar un PIW de hasta 160 lb/pulg, por lo cual cumple el diámetro escogido

Arco de contacto (grados)	Diámetro de la polea (in)						
	8	10	12	14	16	18	20
180	85	105	125	160	195	230	275

Fuente: CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION, CEMA Standard B105.1 Specifications for Welded Steel Conveyor Pulleys With Compression Type Hubs, Florida, USA, ANSI/CEMA B105.1, 2003. p.8.

TablaIII-45.- Diámetro de polea

### 3.2.7.9. B.- Diámetro del eje

Para la selección del diámetro del eje depende de la combinación entre:

- Ancho de la polea = 26 pulgadas.
- Distancia entre centros de chumaceras = 33 pulgadas.
- Fuerza Resultante,  $Fr = 2684.58$  lb
- Diferencia entre la distancia de chumaceras y el ancho de la polea ( $L$ ) = 7 pulgadas
- Tentamos un diámetro estándar de 2.5 pulgadas

Con estos valores verificamos el diámetro del eje:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32FS}{\pi} \times \sqrt{\left(\frac{M}{S_f}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{T}{S_y}\right)^2}}$$

Donde:

- FS: factor de seguridad = 1.5
- M: Momento flector  $\rightarrow M = \frac{Fr \times A}{2}$ 
  - Fr: Fuerza resultante = 2684.58 lb



- A: Distancia entre chumaceras y tapa estándar según tabla:

Diámetro del eje (in)	A (in)
$1\frac{3}{16}$ a $2\frac{7}{16}$	$N + 1\frac{5}{8}$
$2\frac{11}{16}$ a $2\frac{15}{16}$	$N + 1\frac{3}{4}$
$3\frac{7}{16}$	$N + 2\frac{1}{2}$

Fuente: CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION, CEMA Standard B105.1 Specifications for Welded Steel Conveyor Pulleys With Compression Type Hubs, Florida, USA, ANSI/CEMA B105.1, 2003. p.11.

Tabla III-46.- Distancia A

- Para un diámetro de eje de 2.5 pulgadas tenemos  $N+1\frac{5}{8}$  donde  $N=L/2$  por lo tanto tenemos:

$$A = N + 1\frac{5}{8}$$

$$A = \frac{L}{2} + 1\frac{5}{8} = \frac{7}{2} + 1\frac{5}{8}$$

$$A = 5.125 \text{ pu lg}$$

- Por lo tanto el Momento flector:

$$M = \frac{Fr \times A}{2} = \frac{2684.58 \times 5.125}{2} = 6879.23 \text{ lb} \times \text{pu lg}$$

- $S_f$  = factor de corrección del límite de fatiga del eje:

$$S_f = k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f \times k_g \times S_f^*$$

- $K_a$ : factor superficial = 0.8
- $K_b$ : factor de tamaño:  $d^{-0.19} = (2.5)^{-0.19} = 0.84$
- $K_c$ : factor de confiabilidad = 0.897
- $K_d$ : factor de temperatura = 1.0

- $K_e$ : factor de ciclo de servicio = 1.0
- $K_f$ : factor de concentración de esfuerzo de fatiga:  
teniendo un acero menor a 200BHN y chaveta con  
cuña tenemos el valor de = 0.63

Acero	Cuña	Chaveta
Recocido <200BHN	0,63	0,77
Templado >200BHN	0,50	0,63

Tabla III-47.- Factor de concentración de fatiga

- $K_g$ : Factor mixto = 1.0 para servicio normal del transportador
- $S_f^*$ : Resistencia ultima a tracción tabulada al 50% para un SAE 1045 tenemos 41000psi

- Por lo tanto tenemos:

$$S_f = k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f \times k_g \times S_f^*$$

$$S_f = 0.8 \times 0.84 \times 0.897 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.63 \times 1.0 \times 41000 \text{ psi}$$

$$S_f = 15570 \text{ psi}$$

○ T: Momento torsor  $\rightarrow T = T_e \times r = (T_1 - T_2) \times r$

- r: radio de la polea = 7pulg

- Por lo tanto tenemos:

$$T = T_e \times r = (T_1 - T_2) \times r$$

$$T = (1716 - 936) \text{ lb} \times 7 \text{ pulg}$$

$$T = 5460 \text{ lb} \times \text{pulg}$$

- $S_y$ : Resistencia a la fluencia, para SAE 1045 = 45000psi
- Reemplazando los valores, tenemos:

$$d = \sqrt[3]{\left(\frac{32FS}{\pi} \times \sqrt[2]{\left(\left(\frac{M}{S_f}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{S_y}\right)^2\right)}\right)}$$

$$d = \sqrt[3]{\left(\frac{32 \times 1.5}{\pi} \times \sqrt[2]{\left(\left(\frac{6879.23 \text{ lb} \cdot \text{pu lg}}{15570 \frac{\text{lb}}{\text{pu lg}^2}}\right)^2 + 3\left(\frac{5460 \text{ lb} \cdot \text{pu lg}}{45000 \frac{\text{lb}}{\text{pu lg}^2}}\right)^2\right)}\right)}$$

$$d = 1.9 \text{ pu lg}$$

El diámetro de preselección obtenido fue de 2.5 pulgadas y es mayor al calculado (1.9 pulgadas) por lo tanto se usara el preliminar.

### 3.2.7.9. C.- Análisis de deflexión del eje

Se debe tener en cuenta que la deflexión máxima permitida para ejes es de 0.0023pulgadas ( $\tan 0^{\circ}8'$ ), tomando la formula general para el cálculo de la deflexión de un eje con cambio de sección es:

$$\tan \alpha = \frac{F_r \times A}{2 \times E_y} \left( \left( \frac{C}{I} \right) + \left( \frac{B - 2A - 2C}{2 \times I_2} \right) \right)$$



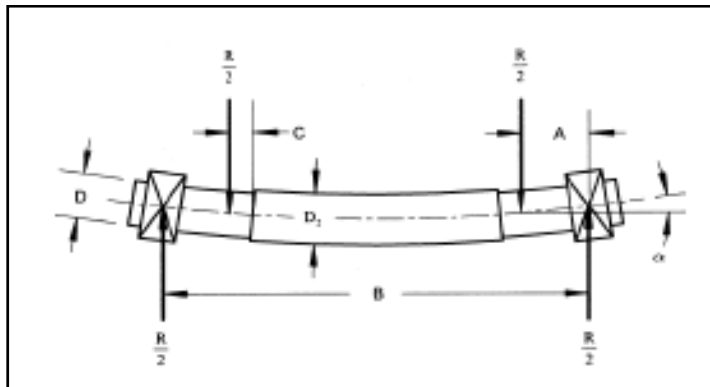


Figura. III-113 DCL sobre el eje con cambio de sección

Donde:

- $F_r$  : Fuerza resultante = 2524.18 lb
- $A = 5.125$  pulgadas
- $B$ : distancia entre chumaceras = 33 pulgadas
- $E_y$ : Modulo de Young para acero  $29 \times 10^6$  psi
- $I_2$ : momento de inercia del eje en la parte central con un diámetro de 2,5 pulgadas

$$I_2 = \frac{\pi}{4} \left( \frac{D}{2} \right)^4 = \frac{\pi}{4} \left( \frac{2.5}{2} \right)^4$$

$$I_2 = 1.91 \text{ pulg}^4$$

- $I$ : momento de inercia del eje en los extremos con un diámetro de 2,0 pulgadas

$$I = \frac{\pi}{4} \left( \frac{D}{2} \right)^4 = \frac{\pi}{4} \left( \frac{2}{2} \right)^4$$

$$I = 0.7854 \text{ pulg}^4$$

- C: Brazo del momento de área del eje, medido hasta el cambio de sección= 2 pulgadas.
- Reemplazando los valores tenemos:

$$\tan \alpha = \frac{2524.18 \times 5.125}{2 \times 29 \times 10^6} \left( \left( \frac{2}{0.7854} \right) + \left( \frac{33 - 2 \times 5.125 - 2 \times 2}{2 \times 1.91} \right) \right)$$

$$\tan \alpha = 0.00166 < 0.0023 \dots \dots OK$$

Se concluye que el eje cumple con la deformación permisible, por lo cual se tendrá las mismas dimensiones para el eje de la polea conducida debido a que el sistema no tendrá más que dos poleas y las fuerzas actuantes serán las mismas.

### 3.2.7.10.- Selección de componentes.

A continuación se detallan los componentes de la faja para Nitrato de amonio.

Descripción	Código/Longitud	Cantidad
Faja de caucho	24 pulgadas/52metros	1
Polines de impacto	CIT/4/24/3 MCBS	10
Polines de carga	CNT/4/24/3 MCBS	17
Polines de retorno	CNS/4/24/3/ MCBS	9
Diámetro mínimo de polea	14”Dia. Min-26” longitud	2
Motor eléctrico	14.7 HP (11 Kw)	1

Tabla III-48.-Selección de componentes

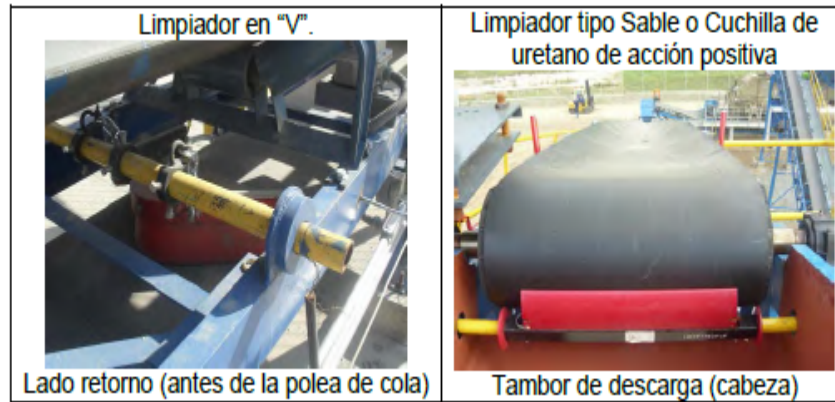
### 3.2.7.11.- Definición de Accesorios.

#### 3.2.7.11. A.- Limpiadores de banda.

Es un accesorio importante dentro del sistema de transporte, como su nombre lo indica su función es la de prevenir la adherencia o remover el material que se ha quedado adherido a la banda después de pasar por la descarga, existen fabricantes dedicados exclusivamente al estudio y desarrollo de estos sistemas de limpieza los cuales se debe de facilitar los siguientes datos para su eficiente selección:

- Velocidad de la faja
- Ancho de la carga del material transportado.
- Especificaciones del tambor (polea) donde se instalara el limpiador.
- Características del material transportado
- Características de la banda.
- Longitud total del transportador.
- Características de la operación: ambiente, temperatura, horas de trabajo.





*Figura. III-114 Limpiador de faja*

### 3.2.7.11. B.- Polines auto alienantes.

Estas estaciones están montadas sobre un soporte pivote y su finalidad es contribuir a la correcta alineación de la banda a lo largo de su trayectoria evitando derrame de material



*Figura. III-115 Rodillos auto alineantes*

#### **3.2.7.11. C.-Cubiertas.**

De acuerdo a las condiciones climáticas y al material a transportar, es que se tendrá que cubrir todo el tramo de la faja con cubiertas de plancha galvanizada en forma de arco cubriendo la faja teniendo un diámetro ligeramente mayor al del truss de la faja, máximo detalla serán mostradas en los planos correspondientes.

#### **3.2.7.11. D.-Pull cord.**

Sistema de seguridad situado en la parte lateral de la pasarela el cual detendrá la faja en un estado de emergencia al tirar fuertemente de ella.

#### **3.2.7.11. E.-Sensores de alineamiento.**

Cumple la función de detener la faja si esta se desvía de su trayecto y se salga de las poleas tanto conductora como conducida.

#### **3.2.7.11. F.-Templadores.**

Elementos ubicados en la polea conducida el cual cumple la función de alinear la faja en un inicio y dar la tensión de trabajo de la banda transportadora, una vez alcanzado ambos parámetros: alineamiento y tensado, se procederá a dar

soldadura en punto en la tuerca de regulación para fijar dichos parámetros de operación.

#### **3.2.7.11.G.- Chumaceras.**

La chumacera es un elemento de maquina el cual tiene una muesca donde descansa y gira cualquier eje de maquinaria.

Las chumaceras para los ejes serán del tipo pesada (heavy duty), con dos pernos de montaje, con carcasa partida de preferencia con sello tipo laberinto para la purga de grasa. Los rodamientos deben ser tipo autolineante, con manguito de fijación y con un mínimo de 100 000 horas de duración.

Se seleccionara la chumacera de acero fundido para un diámetro de ej de 2.5pulgadas de acuerdo alAnexo F

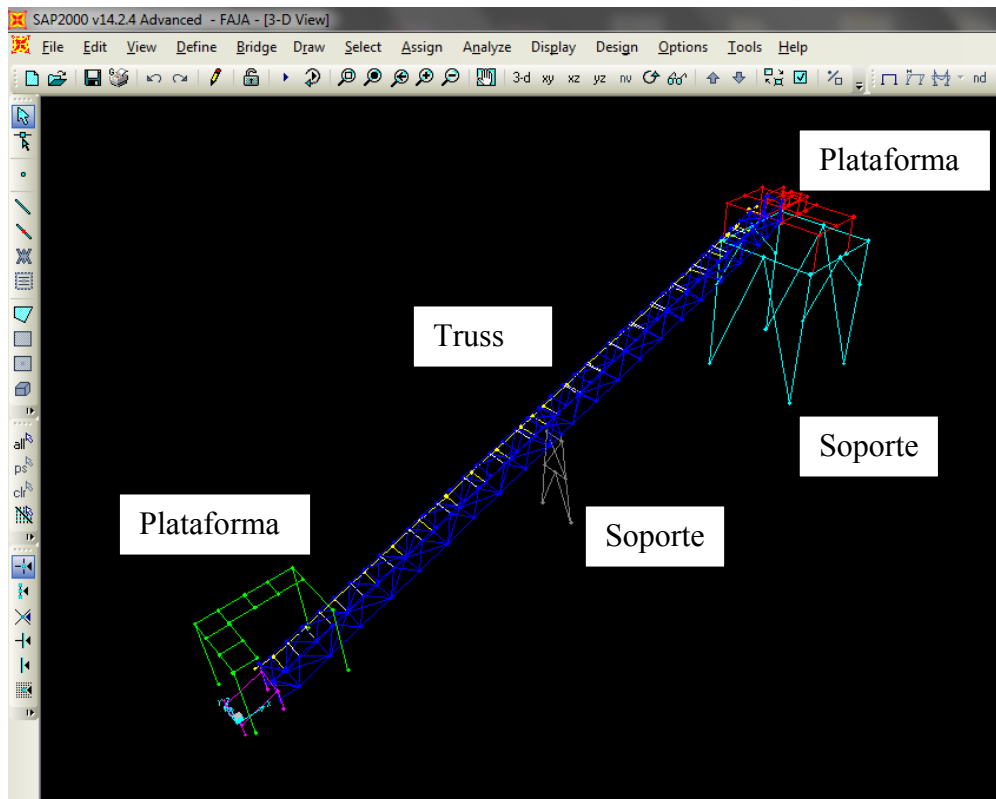
### **3.3.- Diseño y calculo Estructural de Truss de faja y Tolvas.**

#### **3.3.1.- Generalidades**

En esta sección se analizaran la estructura de soporte de la banda transportadora denominada truss, los soportes de estos, plataformas y la tolva de descarga a los camiones fábrica.

Se presentara la arquitectura y distribución del sistema para el análisis en el programa SAP 2000 para su posterior interpretación de resultados:





*Figura. III-116 Arquitectura del sistema de transporte*

### 3.3.2.- Diseño y calculo Estructural de Truss y plataforma y soportes.

#### 3.3.2.1.- Diseño y calculo Estructural de Truss

##### 3.3.2.1.A.- Especificaciones para el diseño de Truss

Para realizar el diseño del truss tenemos los siguientes datos topográficos de terreno.

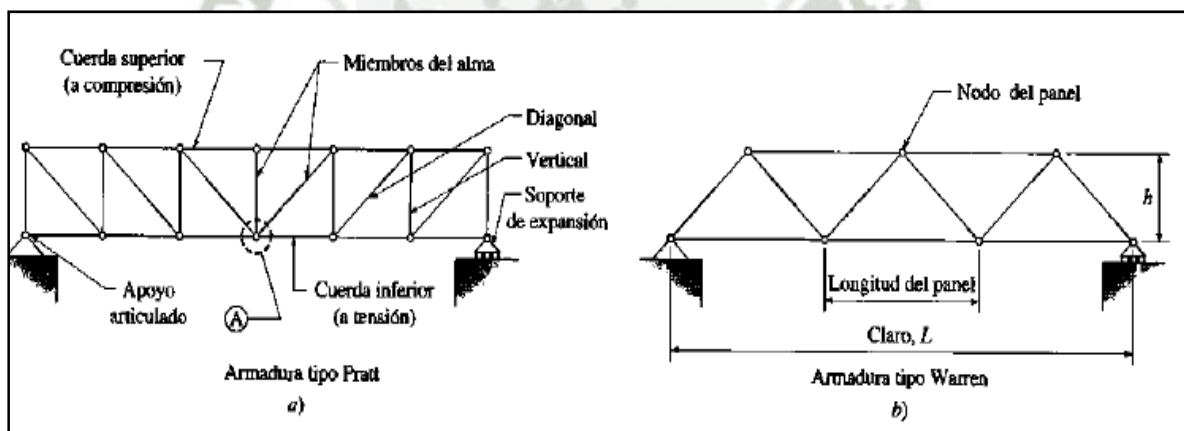
La distancia entre los soportes de los truss a nivel de terreno es de 23.754m por lo cual teniendo la inclinación de la faja de 18° tenemos la longitud de truss calculado de:

$$Longitud = \frac{23.754}{\cos 18^\circ} = 25m$$

Debido al formato comercial de los ángulos que es de 12 metros, desarrollamos dos truss de 12 metros cada uno y un tercero de empalme de un metro.

Los truss no son más que armaduras en los cuales son instalados los diferentes tipos de polines, son instalados pasarelas y accesorios de accionamiento y limpieza.

El diseño contemplará que la armadura trabaje en un máximo a tensión por lo cual utilizaremos una combinación de dos tipos de armadura como son la armadura tipo Pratt y la armadura tipo Warren.



*Figura. III-117 Armadura utilizada en el truss*

Debido a que el mayor esfuerzo se dará en las caras laterales del truss se utilizara la armadura que ofrece mayor rigidez como la armadura

tipo Warren y en las caras superior e inferior se utilizara la armadura tipo Pratt.

Debido al análisis topográfico las medidas consideradas para cada truss son:

TRUSS 1:

- Largo: 12 metros
- Ancho: 0.816 metros
- Alto: 1.056 metros se verificara por calculo

TRUSS 2:

- Largo: 12 metros
- Ancho: 0.816 metros
- Alto: 1.056 metros

TRUSS 3:

- Largo: 1 metros
- Ancho: 0.816 metros
- Alto: 1.056 metros

Entre el truss 1 y 2 se colocara un soporte el cual tendrá un empalme con un pin de sujeción, así mismo se colocara una pasarela con barandas y grating a un costado y sujetado al truss con un ancho de 750mm desde el inicio hasta la plataforma de descarga.



### 3.3.2.1.B.- Cargas aplicadas en el diseño del truss.

Se considerara las siguientes cargas:

#### ○ En el TRUSS

- Carga Viva (CV): Estará considerada la suma del peso propio de la faja ( $W_b$ ) y del material ( $W_m$ ) añadido añadiendo un 25% por impacto dinámico, así tenemos:

- $W_b=4.5\text{lb/pie}\rightarrow 6.71\text{kg/m}$

- $W_m=9.5\text{lb/pie}\rightarrow 14.25\text{kg/m}$

$$CV=1.25(W_b+W_m)\rightarrow 1.25(6.71\text{kg/m}+14.25\text{kg/m})$$

$$CV=26.2\text{kg/m}$$

- Carga Muerta (CM) la carga muerta estará dada por el peso propio de la estructura además de las siguientes cargas por los polines los cuales debido a su distribución a lo largo definiremos dos tipos de carga muerta CM1 y CM2 que están dadas de la siguiente manera (Para pesos de polines ver anexo G):

- Peso polín de carga (PC): 17 unidades de un peso unitario de 6.74kg espaciados a lo largo de 20.371 metros por lo cual tenemos:

$$PC = \frac{17 * 6.74\text{kg}}{20.371\text{m}} = 5.65\text{kg / m}$$

- Peso polín de impacto (PI): 10 unidades de un peso unitario de 6.27 kg espaciados a lo largo de 1.6 metros por lo cual tenemos:

$$PI = \frac{10 * 6.27kg}{1.67m} = 39.18kg / m$$

- Peso polín de retorno (PR): 9 unidades de un peso unitario de 13.68 kg espaciados a lo largo de 23.5 metros por lo cual tenemos:

$$PR = \frac{9 * 13.68kg}{23.5m} = 5.25kg / m$$

- Peso de la cubierta aproximadamente 24 kg/m
- Peso de Faldón aproximado=620kg

Por lo tanto tenemos:

$$CM1 = \text{Cubierta} + PC + PR = 24 \text{ kg/m} + 5.65 \text{ kg/m} + 5.25 \text{ kg/m}$$

$$CM1 = 34.9 \text{ kg/m}$$

$$CM2 = PI = 39.18 \text{ kg/m}$$

Carga Puntual: Peso del faldón dividido en cuatro extremos sujetos al truss por lo cual tenemos:

$$620 \text{ kg} / 4 \rightarrow \text{carga puntual de } 155 \text{ kg.}$$

#### ○ En la Pasarela

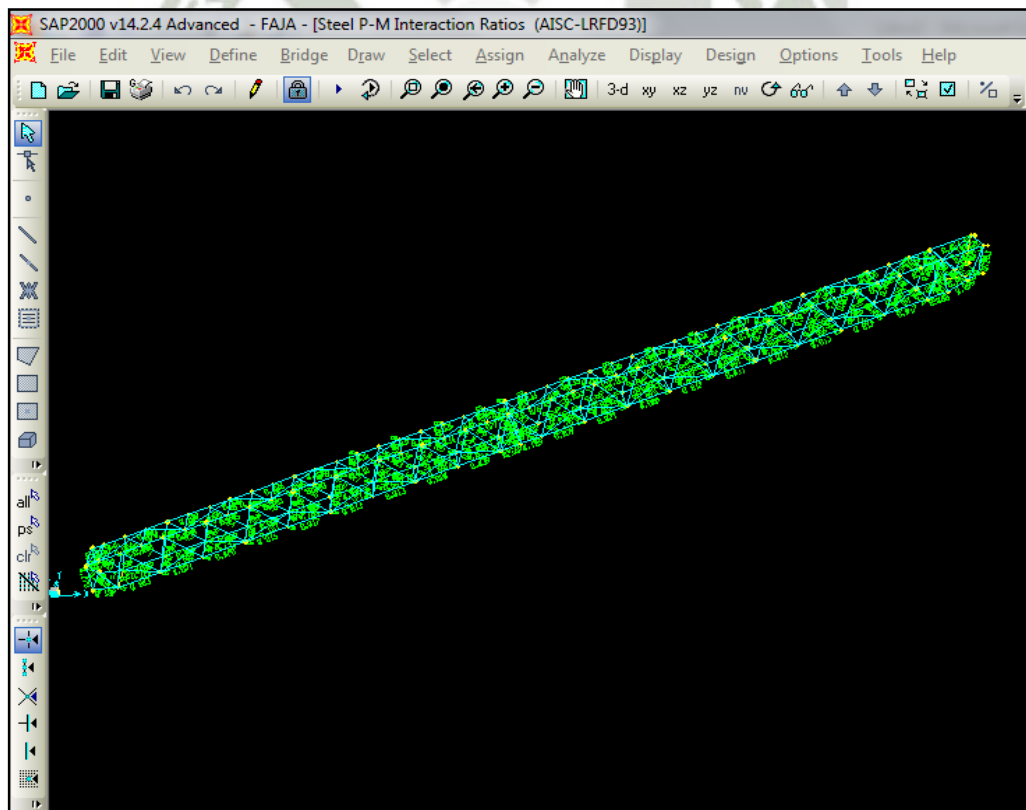
- Carga Muerta: está dada por:
  - Peso baranda=13.5kg/m

- $\text{Peso grating} = 38 \text{Kg/m}^2 * 1.2 \text{m} = 45.6 \text{kg/m}$
- Carga Viva: según estándar de mina se considerará = 500 kg

### 3.3.2.1.C.- Análisis estructural de TRUSS con programa SAP 2000.

Los cálculos y selección de materiales tendrán como referencia el procedimiento empleado en el punto 3.1.6.4

Como se puede apreciar en la figura, los perfiles utilizados en el diseño del Truss se ajustan a lo requerido puesto que su ratio son menores a uno.



*Figura. III-118 Análisis de Truss*



En el Anexo Hpodemos observar los ratios máximos de los diferentes perfiles de la estructura del truss, procederemos a analizar los elementos mas críticos en los componentes del truss como son: las bridas, montantes y diagonales de las caras laterales y de la superior e inferior.

- Para ángulos de 4x4x3/8 empleados en las bridas del truss tenemos como valor máximo el siguiente elemento:

Frame	DesignSect	Comb	Locatic	Pu	MuMajc	MuMin	VuMajor	VuMin	Tu	TotalRatic
1285	L4X4X3/8	DSTL2	0	-0.99	11.04	-26.06	0.42	-0.85	0.04	0.75

TablaIII-49.-Análisis de Ángulos en bridas 4x4x3/8

Mostramos el cuadro analítico de acuerdo al programa SAP 2000:

**Steel Stress Check Data AISC-LRFD93**

File

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK  
 Combo : DSTL2  
 Units : Kip, in, F

Units: Kip, in, F

Frame : 1285      Design Sect: L4X4X3/8  
 X Mid : 976.449      Design Type: Column  
 Y Mid : 14.980      Frame Type: Moment Resisting Frame  
 Z Mid : 333.997      Sect Class: Non-Compact  
 Length : 32.161      Major Axis: 0.000 degrees counterclockwise from local 3  
 Loc : 0.000      RLLF : 1.000

Area : 2.860      SHajor : 1.505      rMajor : 1.229      AMMajor: 1.500  
 IMajor : 4.320      SHminor : 1.505      rMinor : 1.229      AMMinor: 1.500  
 IMinor : 4.320      ZMajor : 2.690      rMax : 1.554      E : 29000.000  
 Ixy : -2.585      ZMinor : 2.680      rMin : 0.779      Fy : 36.000  
 Theta : 45.000

DESIGN MESSAGES  
 Warning:  $kl/r > 200$  (AISC-LRFD B7, AISC-LRFD SAM 4)

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Uu2	Uu3	Tu
0.000	-0.994	11.035	-26.058	0.421	-0.852	0.043

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation (SAM 6-1b)	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(SAM 6-1b)	0.753	= 0.044	+ 0.107	+ 0.602	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-0.994	11.311	92.664

MOMENT DESIGN

Figura. III-119 Análisis de Ángulos en bridas 4x4x3/8

Como el ratio es mas critico en el momento menor,  
mostramos el diagrama de momento en el eje 2:

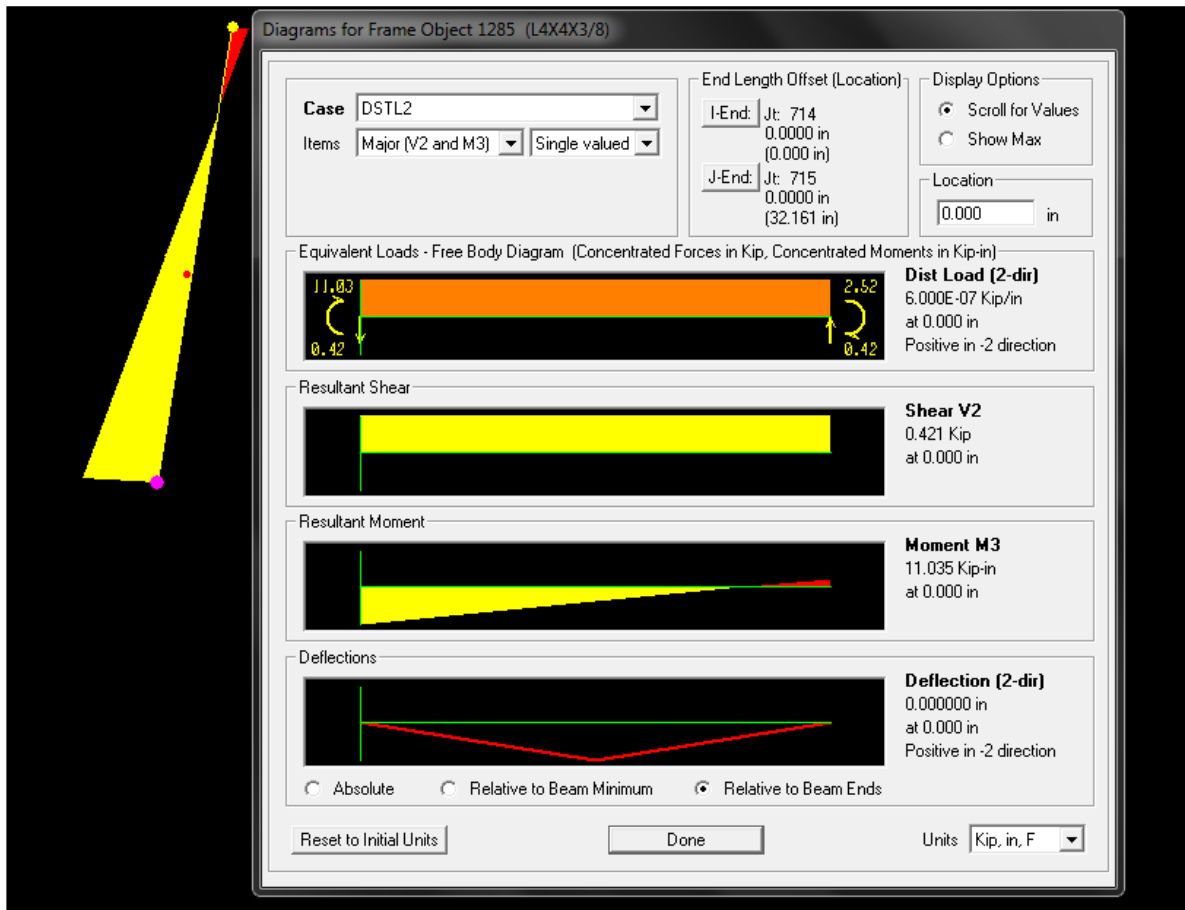


Figura. III-120 Diagrama de momento y fuerza de Ángulos en bridas 4x4x3/8

- Para ángulos de 2 ½” x2 ½” x3/16” empleados en las montantes y diagonales de la cara superior e inferior del truss tenemos como valor máximo el siguiente elemento:

Frame	DesignSect	Comb	Locatic	Pu	MuMajc	MuMin	VuMajor	VuMinc	Tu	TotalRatic
1006	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	41.509	-0.23	-0.23	3.01	0.02	-0.10	0.00	0.40

Tabla. III-50.-Análisis de Ángulos en bridas 2 ½” x2 ½” x3/16”

Mostramos el cuadro analítico de acuerdo al programa SAP

2000:

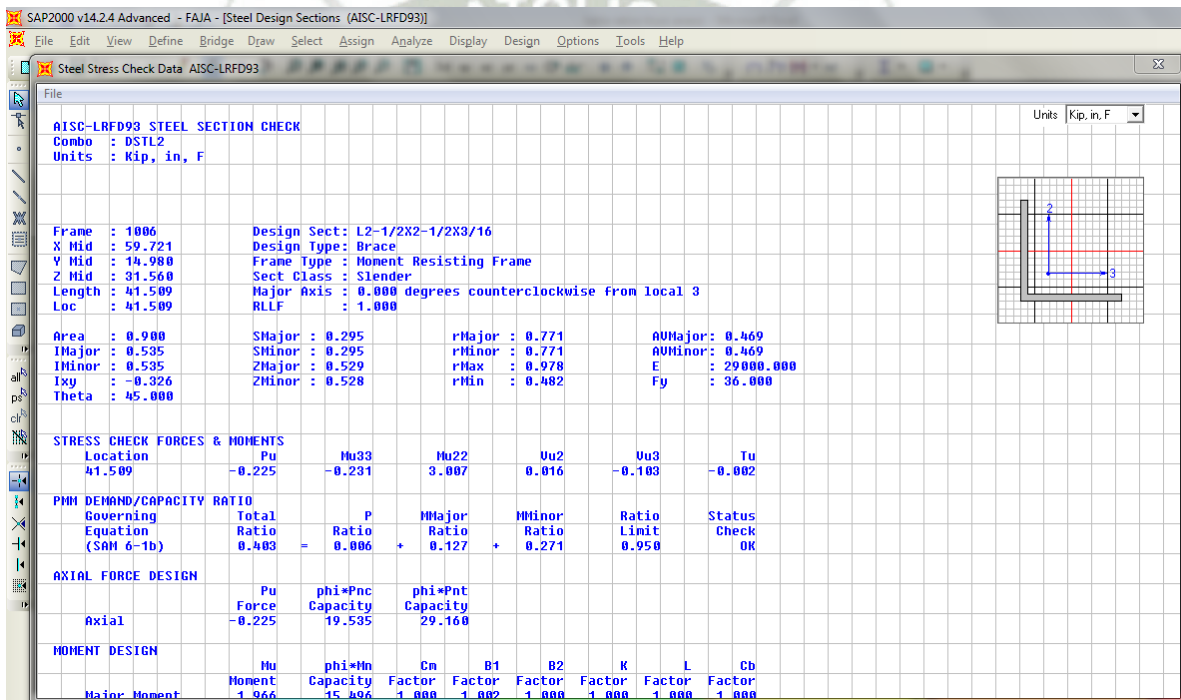


Figura. III-121Análisis de Ángulos en bridas 2 ½” x2 ½” x3/16”

Como el ratio es mas critico en el momento menor, mostramos el diagrama de momento en el eje 2:



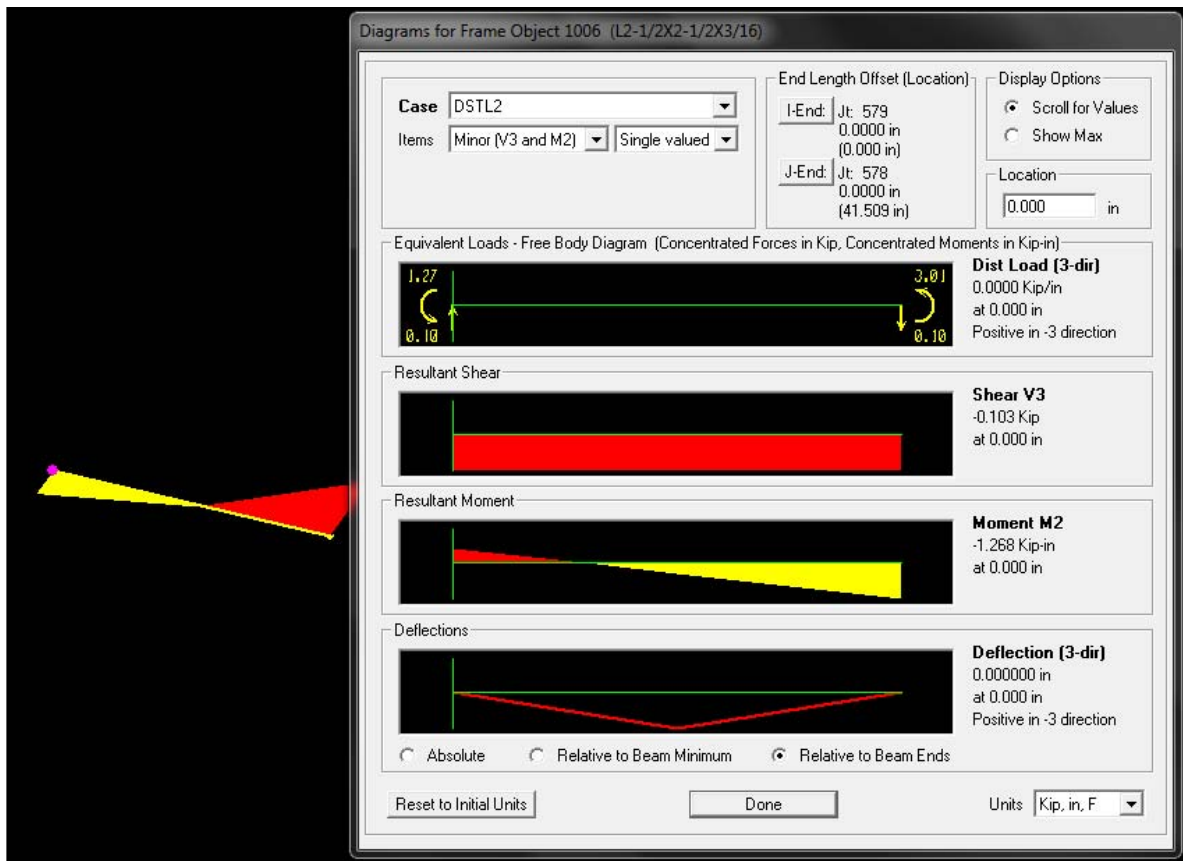


Figura. III-122 Diagrama de momento y fuerza de Ángulos en bridas  $2 \frac{1}{2}'' \times 2 \frac{1}{2}'' \times 3/16''$

- Para ángulos de  $2 \times 2 \times 3/16''$  empleados en las montantes y diagonales de las caras laterales del truss tenemos como valor máximo el siguiente elemento:

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD93										
Frame	DesignSect	Comb	Locatic	Pu	MuMajc	MuMin	VuMajor	VuMinc	Tu	TotalRatic
1293	L2X2X3/16	DSTL2	46.886	-4.92	-1.14	0.03	0.04	0.01	0.00	0.72

Tabla III-51.-Análisis de Ángulos en bridas  $2 \times 2 \times 3/16''$

Mostramos el cuadro analítico de acuerdo al programa SAP

2000:

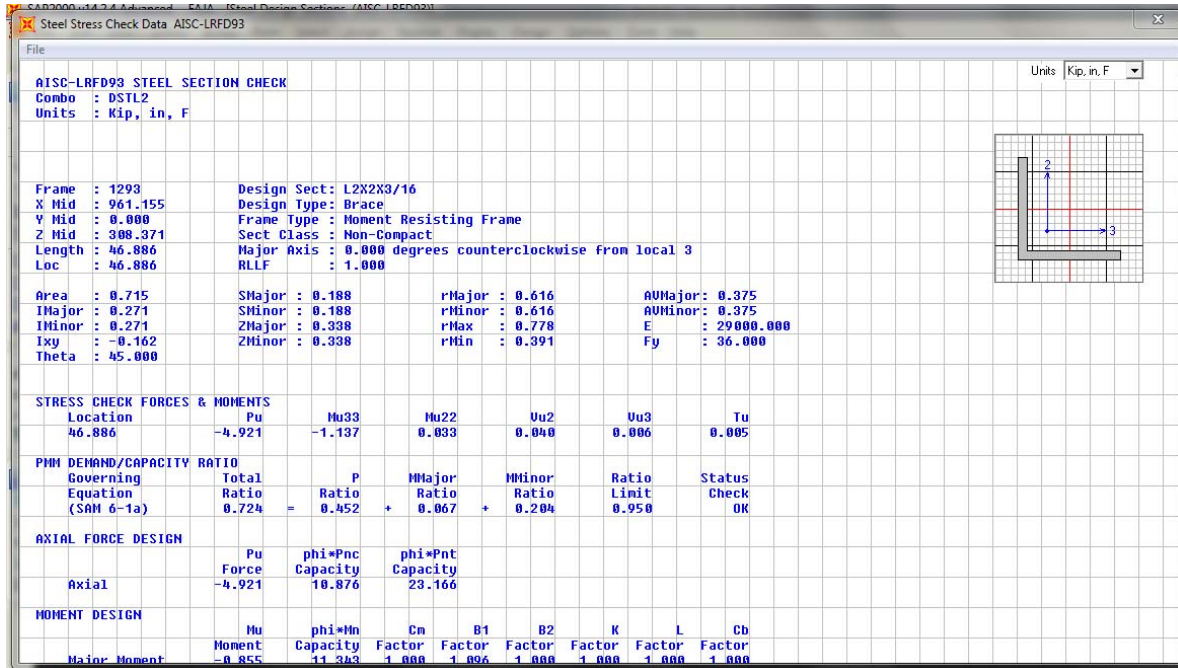


Figura. III-123 Análisis de Ángulos en bridas 2 x2 x3/16”

Como el ratio es mas critico en el momento menor, mostramos el diagrama de momento en el eje 2:

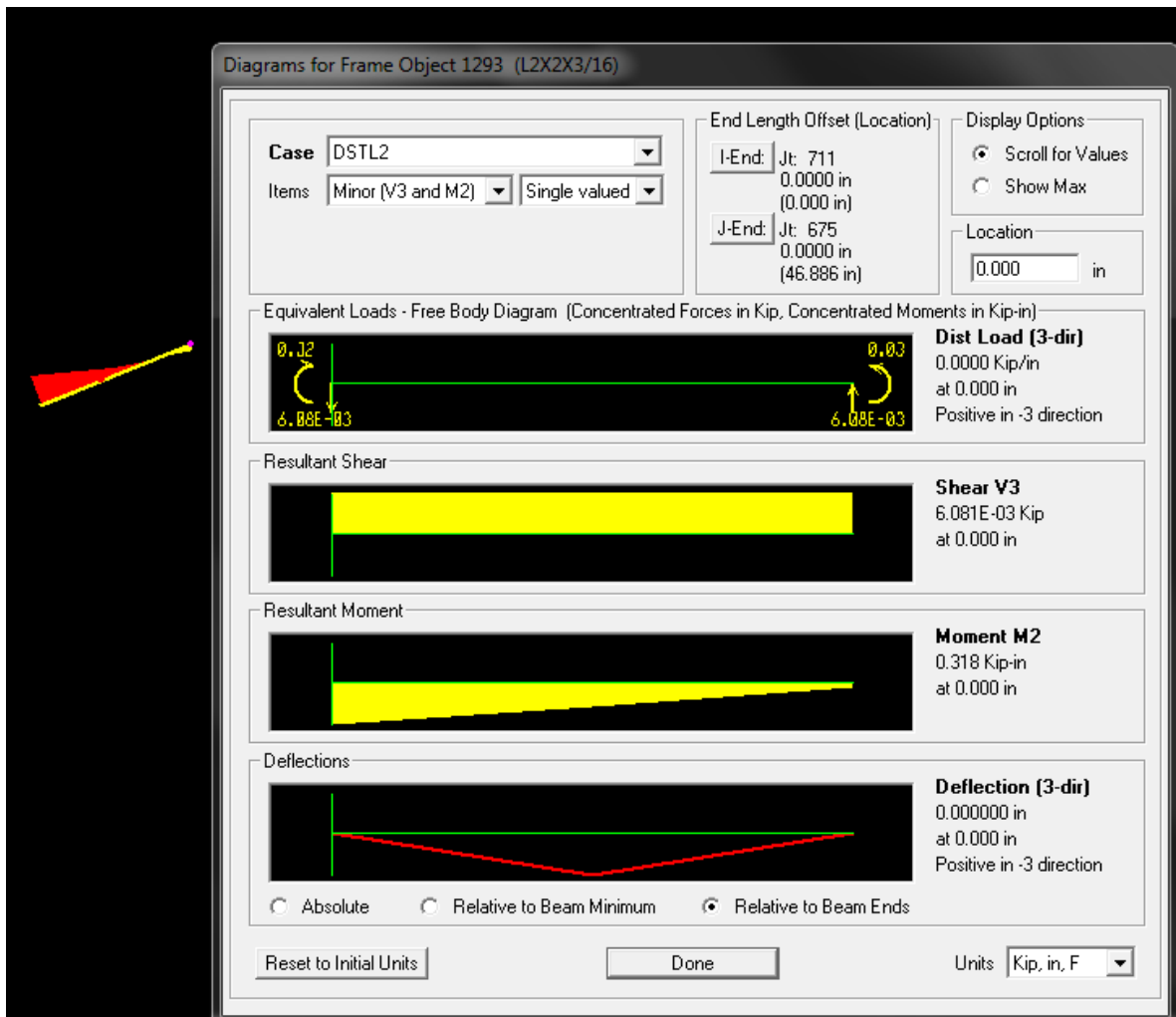


Figura. III-124 Diagrama de momento y fuerza de Ángulos en bridas 2x2x3/16”

### 3.3.3.- Proyección para Tolva de descarga

#### 3.3.1.- Capacidad de la Tolva

De acuerdo a lo requerido se debe tener una tolva de 30 TON de capacidad, el diseño aplicado se apreciara en el plano respectivo en el cual se observa que la tolva está conformada por dos partes una en forma de paralelepípedo y la otra en forma de pirámide.



Verificaremos el volumen requerido sabiendo que la capacidad es de 30 Ton y la densidad del Nitrato de Amonio de  $780 \text{ kg/m}^3$  por lo cual:

$$V_{req} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{Densidad}} = \frac{30000 \text{ kg}}{780 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 38.46 \text{ m}^3$$

El volumen requerido es de  $38.46 \text{ m}^3$  por lo cual damos las siguientes medidas apoyadas en un estudio topográfico para verificar el volumen con el bosquejo:

- Volumen de la parte I:

$$V_1 = \text{Area}_{base} \times \text{Altura}$$

$$\text{Area}_{base} = 4.5 \times 4.5 = 20.25 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura} = 1.25 \text{ m}$$

$$V_1 = 25.31 \text{ m}^3$$

- Volumen de la parte II:

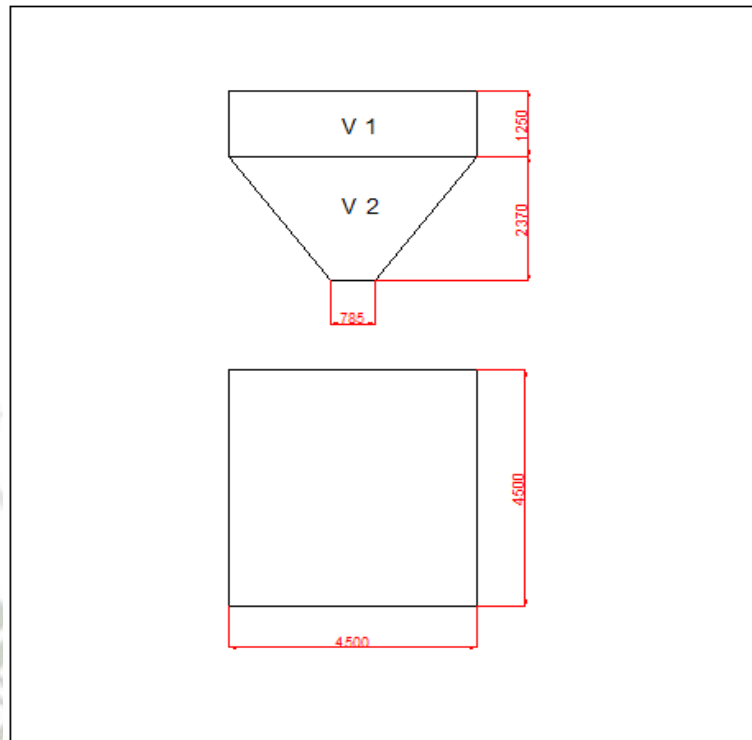
$$V_2 = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

$$A_1 = 4.5 \times 4.5 = 20.25 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0.785 \times 0.785 = 0.616 \text{ m}^2$$

$$h = 2.37 \text{ m}$$

$$V_2 = 19.27 \text{ m}^3$$



*Figura. III-125 Bosquejo de Tolva*

Por lo tanto tenemos

$$V_{Total} = V_1 + V_2$$

$$V_{Total} = 25.31m^3 + 19.27m^3$$

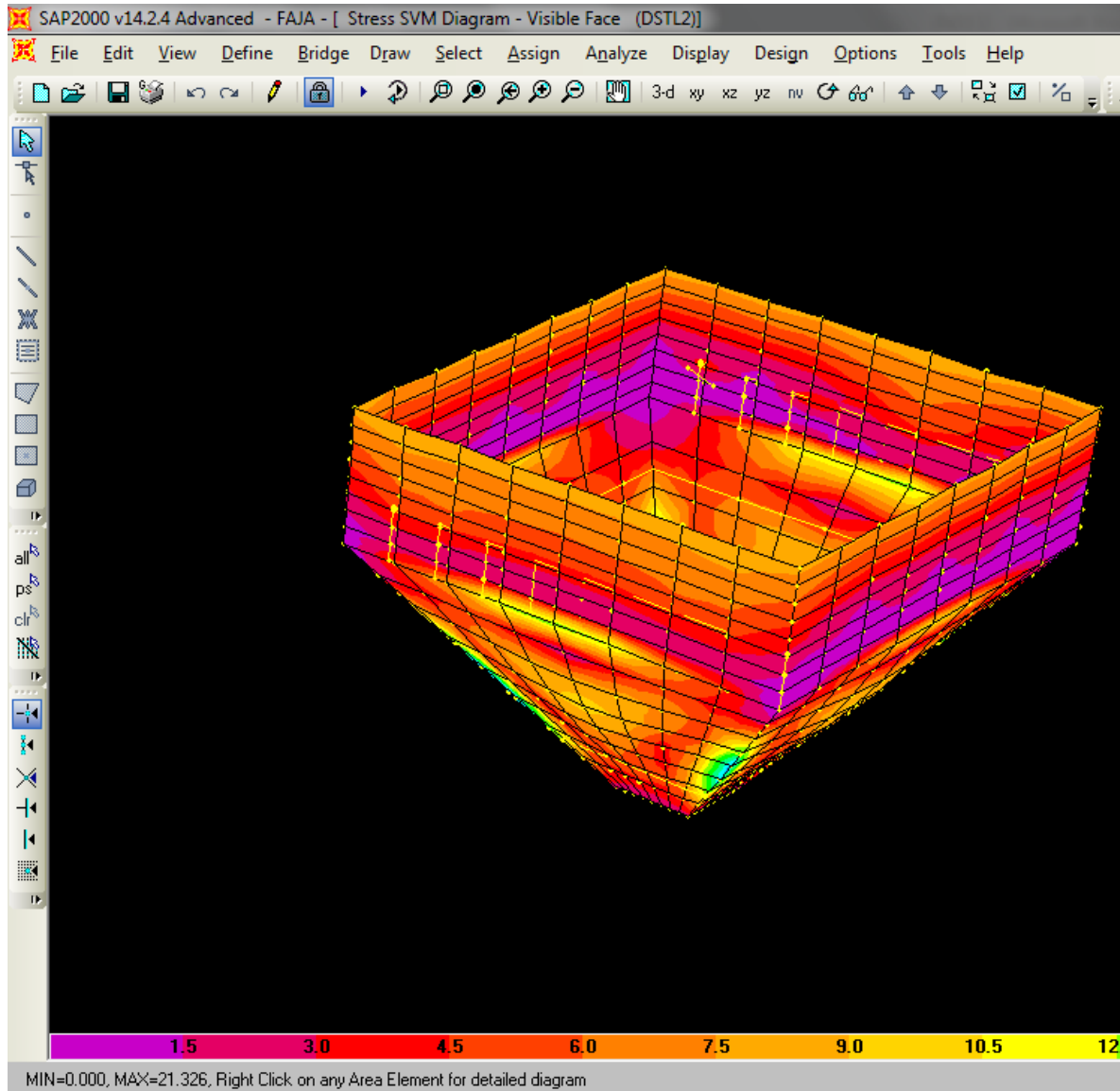
$$V_{Total} = 44.58m^3$$

Nuestro volumen calculado es mayor a lo requerido por lo cual cumple con nuestras especificaciones.

### 3.3.2.- Análisis Estructural de la Tolva

El diseño de la tolva se realizó empleando el elemento malla (shell) del programa SAP 2000. Para la interpretación de resultado se considerará que el

esfuerzo máximo de Vonn Misses sea menor al esfuerzo de fluencia del acero (36ksi)



*Figura. III-126 Diagrama de esfuerzo de mallas bajo combinación*

*Dead+Presion*

Del Programa obtenemos una tabla de esfuerzos en las mallas de acuerdo a la carga muerta y a la carga de presión del nitrato de amonio de las cuales



filtramos el mayor y apreciamos que el esfuerzo máximo en la tolva es de 32.57 ksi con un espesor de plancha de 9mm por lo cual cumple con lo requerido.

	A	B	C	D	E	F	T
1	<b>TABLE: Element Stresses - Area Shells</b>						
2	<b>Area</b>	<b>AreaElem</b>	<b>ShellType</b>	<b>Joint</b>	<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>SVMBot</b>
3	Text	Text	Text	Text	Text	Text	Kip/in. <sup>2</sup>
101	43	43	Shell-Thin	34	DEAD + PRESION	Combination	31.5517
132	51	51	Shell-Thin	34	DEAD + PRESION	Combination	31.5517
275	86	86	Shell-Thin	35	DEAD + PRESION	Combination	31.5541
276	87	87	Shell-Thin	35	DEAD + PRESION	Combination	31.5541
531	150	150	Shell-Thin	28	DEAD + PRESION	Combination	32.4686
532	151	151	Shell-Thin	28	DEAD + PRESION	Combination	32.4692
788	215	215	Shell-Thin	282	DEAD + PRESION	Combination	28.2207
869	235	235	Shell-Thin	29	DEAD + PRESION	Combination	32.5808
900	243	243	Shell-Thin	29	DEAD + PRESION	Combination	32.5724

*TablaIII-52.-Análisis de Esfuerzos máximos en la tolva.*

### 3.3.3.- Especificación de liners

De acuerdo a requerimiento, se tendrá como plancha anti desgaste en las superficies sujetas a abrasión.

Dichas planchas serán de material HARDOX 400.

### 3.3.4.- Especificaciones para chutes y skirt plate

Se contará con dos chutes, una en la carga y el otro en la descarga hacia la tolva, así como un skirt plate que tiene como función moldear la salida del nitrato en la banda transportadora, todos estos elemento serán fabricados con plancha de 6mm y plancha anti desgaste hardox 400 en su interior, mayor detalle del diseño en los planos respectivos.

### 3.3.4.- Diseño y calculo Estructural soportes y plataforma

#### 3.3.4.1.- Diseño y calculo Estructural soporte de Tolva

Para el cálculo de soportes y sus placas base se tomara como referencia los cálculos realizados en el punto 3.1.6.2 del cálculo de columnas, mostrando los ratios máximos y su respectivo análisis de esfuerzo, fuerza y momentos máximos.

Del modelamiento en el programa SAP 2000 podemos apreciar que los perfiles seleccionados están dentro del ratio indicado.

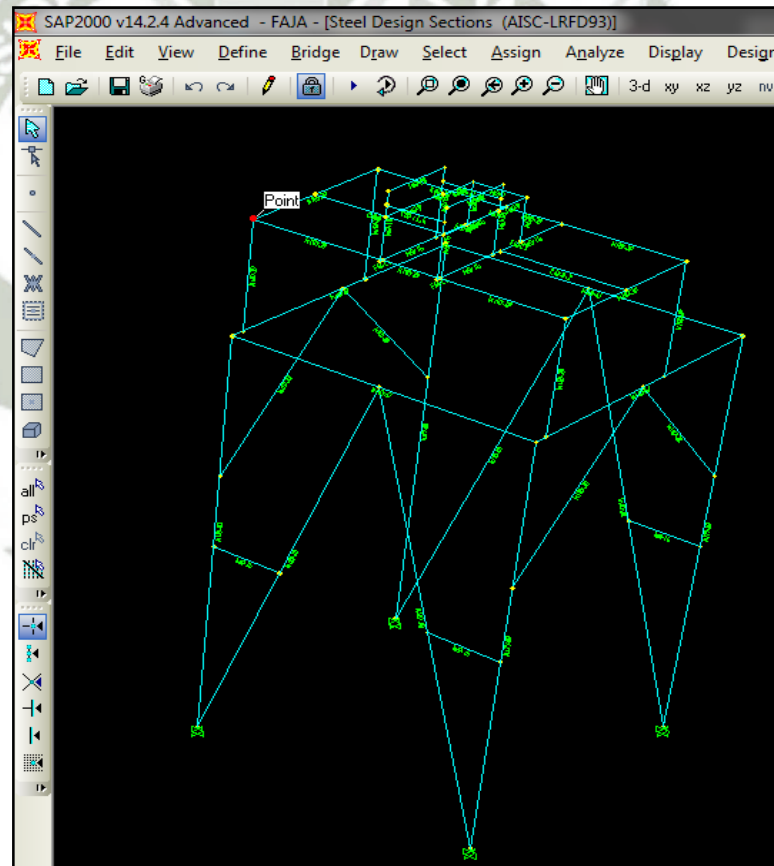


Figura. III-127 Diagrama de esfuerzo de mallas bajo combinación

Dentro del diseño apreciamos las columnas principales las cuales fueron analizadas con un perfil W 12x40 teniendo como resultado del análisis en la mas critica lo siguiente:

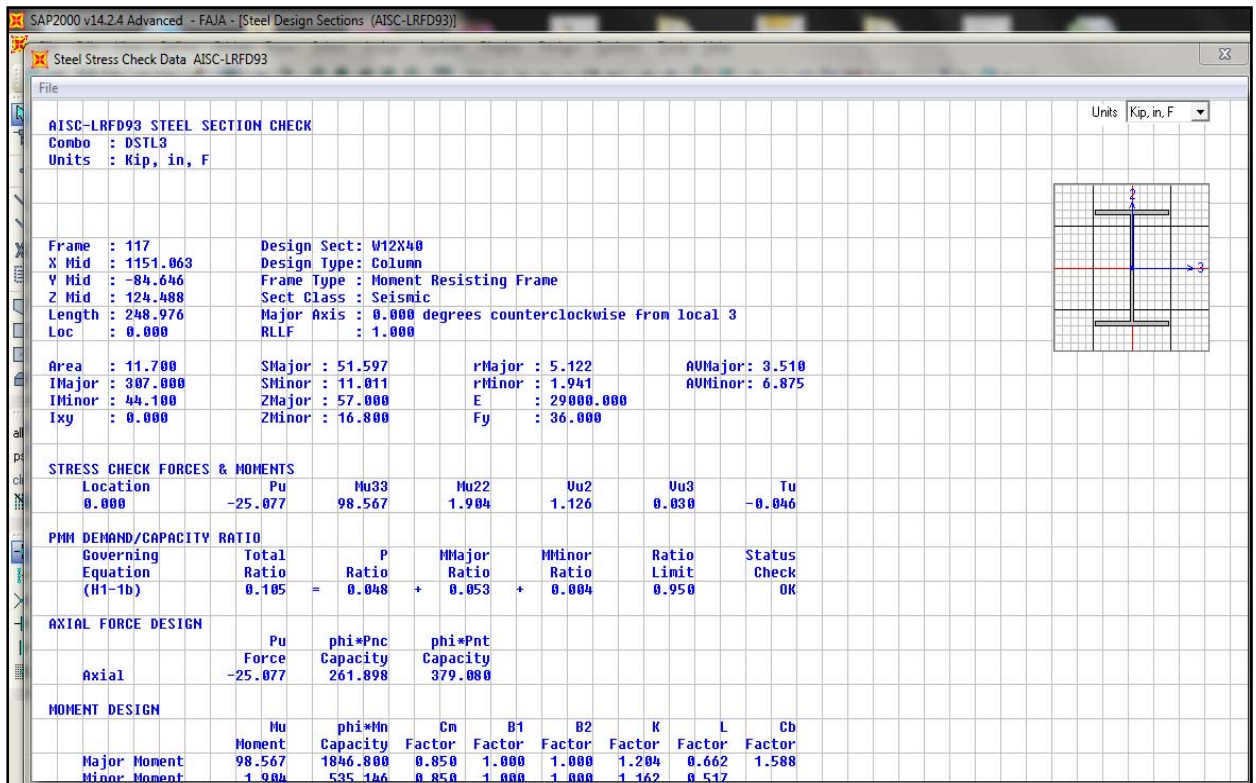


Figura. III-128 Resultados de columna más critica

De la misma manera mostramos sus diagramas de momento y fuerza:



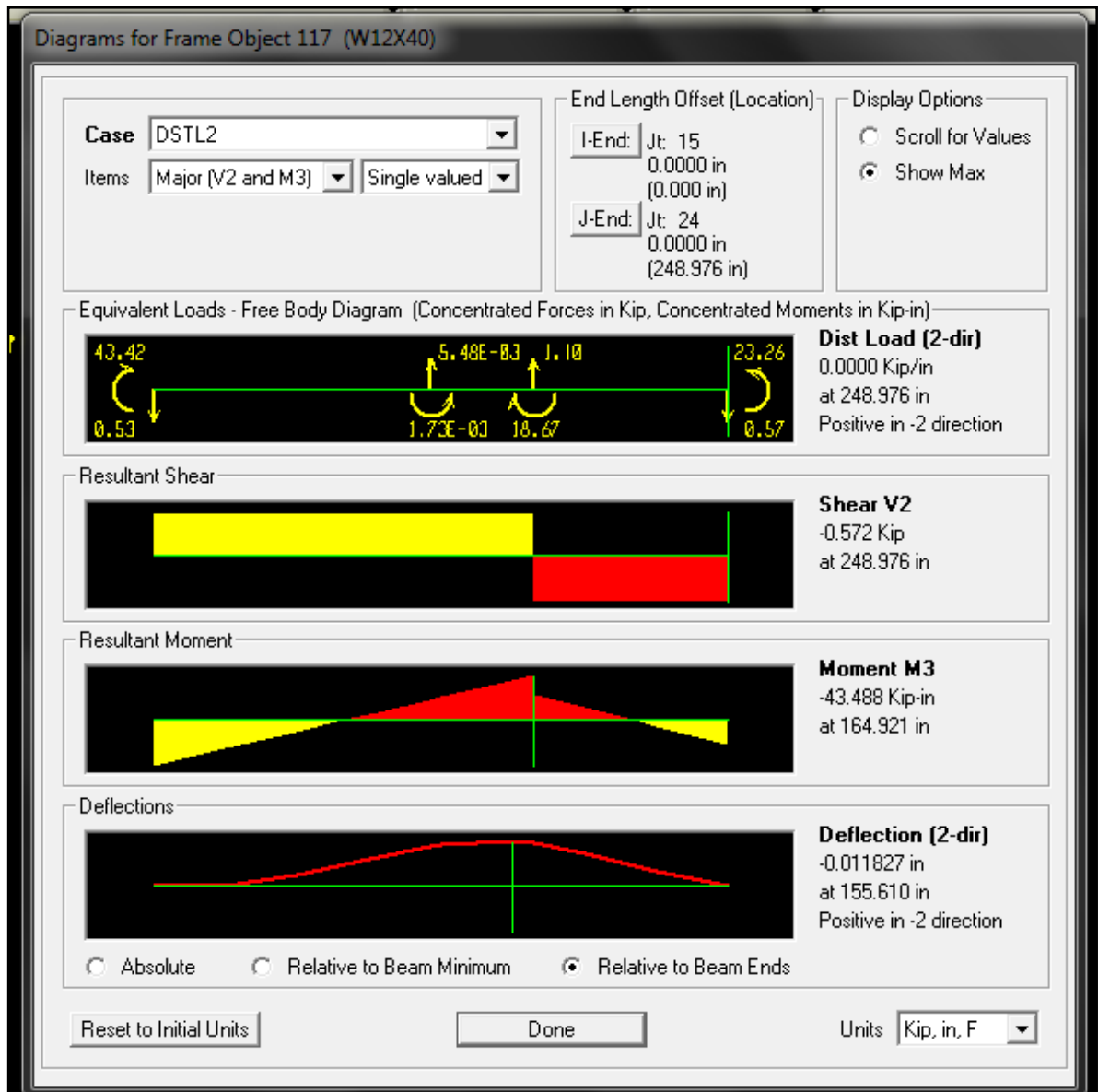


Figura. III-129 Diagrama de momento y fuerza de la columna más crítica

Los perfiles utilizados en el arriostamiento para dar mayor rigidez a la estructura serán de perfiles W10x30 y W6x15 y las vigas donde descansara la tolva serán diseñadas con vigas W 16x67, los cuales cumplen con los ratios obtenidos y teniendo los valores máximos en la siguiente tabla:

Descripción	Pu (kip)	M mayor (kip-inch)	Ratio
W10x30 (arriostre principal)	20.95	11.98	0.455 (C)
W6x15 (arriostre)	3.394	32.38	0.037 (C)
W16x67 (viga)	0.94	28.997	0.010 (C)

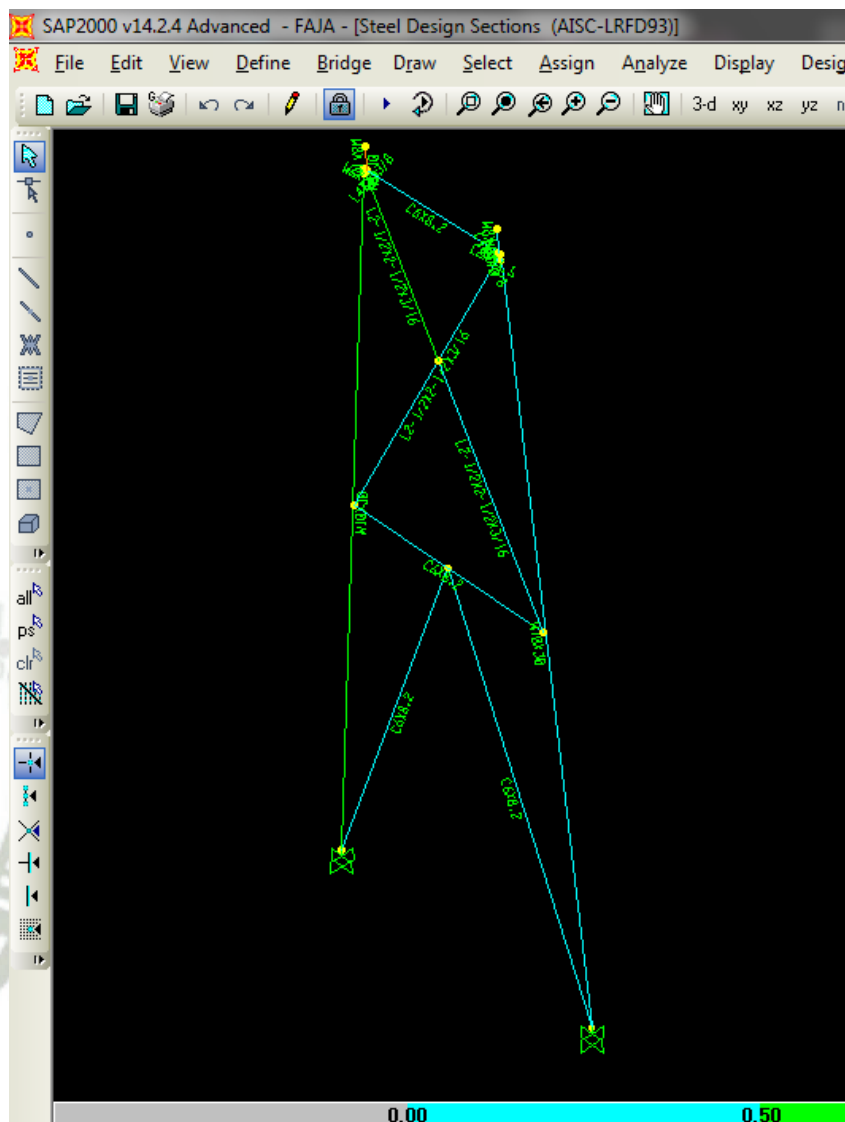
*TablaIII-53.-Análisis de componentes de soporte de tolva*

Para todos los casos, con los resultados obtenidos evaluamos siguiendo el procedimiento en el punto 3.1.2.C para la verificación de ratios.

### **3.3.4.2.- Diseño y calculo Estructural soporte de TRUSS**

Se realiza el siguiente modelo para el soporte de truss, en la cual se aprecia que el extremo donde estará ubicada la pasarela tendrá una mayor concentración de esfuerzos, debido que la mayor concentración de carga está en ese extremo.

Se selecciono una viga W10x30 como perfil en las columnas y canal C 6x8.2 para el arriostramiento del soporte en la parte inferior y en la parte superior se arriostrara con ángulo de 2 ½" x2 ½" x 3/16", obteniendo el siguiente análisis.



*Figura. III-130 Análisis soporte de Truss*

- En las columnas: usando una viga W10x30 tenemos:
  - Carga máxima (Pu): 65.79 klb.
  - Momento (Mu): 21.37 klb-pulg.
  - Ratio: 0.53
  - Estado: Compresión



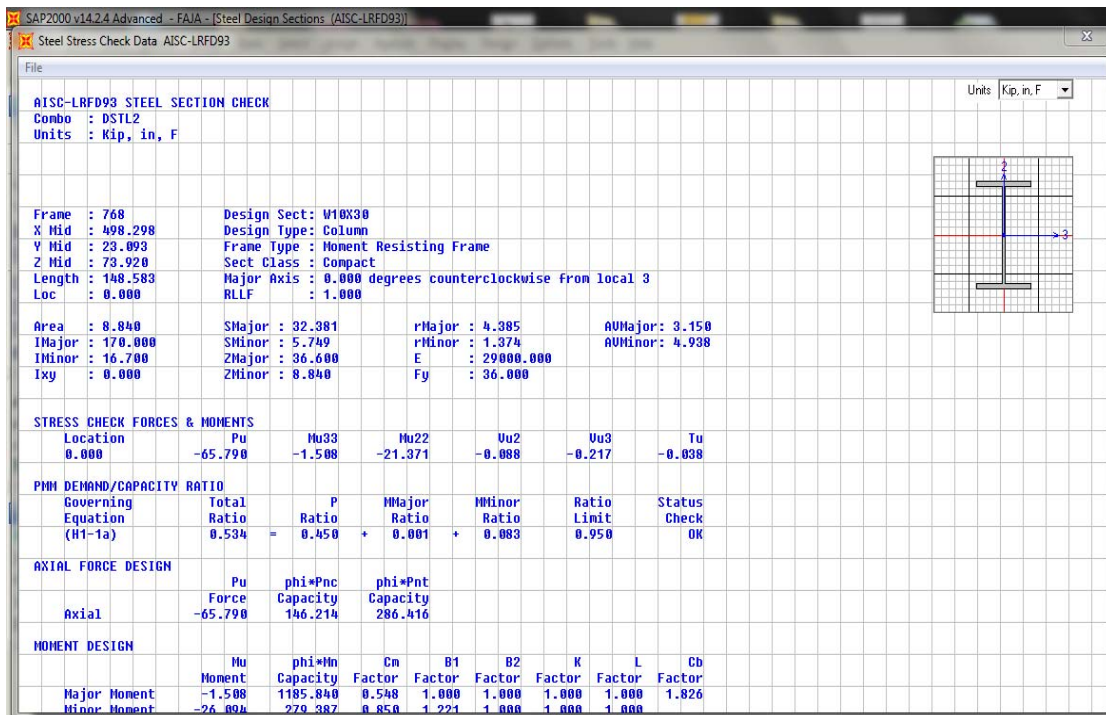


Figura. III-131 Resultados de columna mas critica del truss

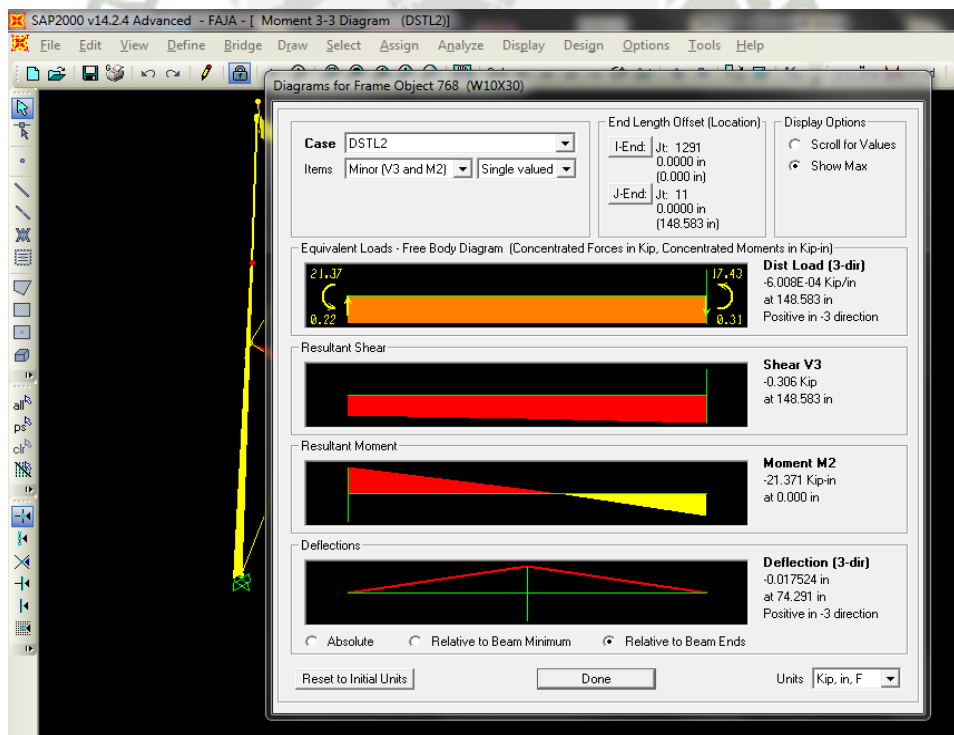


Figura. III-132 Diagrama de momento y fuerza de la columna truss

- En los arriostres: tenemos como valores máximos:

Descripción	Pu (kip)	M mayor (kip-inch)	Ratio
C6x8.2 (arriostre principal)	2.85	27.27	0.194 (C)
L 2 ½"x2 ½"x3/16 (arriostre)	1.58	2.69	0.57 (C)

*TablaIII-54.-Análisis de componentes de soporte de TRUSS*

De la misma forma se recomienda usar el procedimiento en el punto 3.1.6.2.C para la verificación de resultados.

### **3.3.4.3.- Diseño de Plataforma en la zona de carga:**

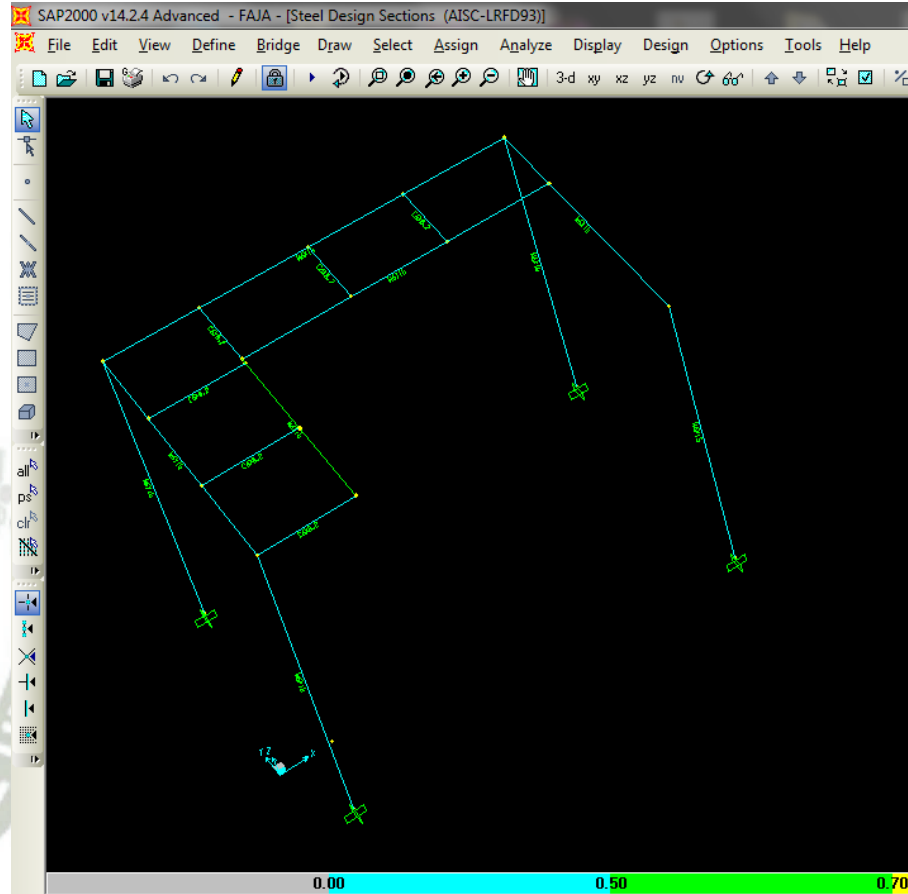
Para la plataforma en la carga se tendrá una pasarela para operaciones en la manipulación del big bag, y una parrilla donde se descarga el nitrato de amonio.

Las cargas analizadas son: carga muerta, carga viva, sismo.

Donde los perfiles seleccionados para el modelo serán:

- Columna: Perfil W6x15
- Vigas: Perfil W6x15
- Arriostres: Canal C6x8.2
- Piso: Plancha estriada
- Barandas: Tubo sch 40 de 1 ¼"

Por lo tanto se realiza el modelo del siguiente diseño para verificar su análisis, mayor detalle en plano respectivo



*Figura. III-133 Diseño de Plataforma en zona de carga*

Se aprecia que los valores mas críticos se encuentran de los ratios indicados.

Descripción	Pu (kip)	M mayor (kip-inch)	Ratio
Columna W6x15	3.052	31.47	0.247 (C)
Vigas W6x15	5.45	163.38	0.559 (T)
Arriostre C6x8.2	6.16	3.24	0.067 (C)

*TablaIII-55.-Análisis de componentes de plataforma*



## CAPÍTULO IV

### GESTIÓN DEL PROYECTO

#### 4.1.- Desarrollo de diagrama Gantt del Proyecto

La planificación es la etapa donde se analizan los recursos brindados para ejecutar el proyecto, la capacidad de producción y de los recursos humanos.

Se evalúa los ratios de producción y en base a un presupuesto se analiza las fechas estipuladas para elaborar un cronograma base.

Para nuestro caso tendremos los siguientes ratios:

- Ingeniería: 300kg/hh.
- Fabricación: 8kg/hh
- Preparación superficial (Granallado y pintura): 10m<sup>2</sup>/hh.
- Montaje: 20kg/hh

Una vez establecidos los ratios de producción, se procederá a definir las diferentes cuadrillas para la ejecución del proyecto así tenemos la fuerza laboral indirecta el cual laborara con 8 horas al día:

DESCRIPCIÓN	Ingeniería	Fabricación	Recubrimiento	Montaje
Cadista	3	-	-	-
Capataz	-	2	-	1
Oficial	-	20	-	6
Soldador	-	8	-	2
Operario	-	6	2	2
Pintor	-	-	2	1
Montajista	-	-	-	10
Ayudantes	-	8	2	4
<b>TOTAL (rrhh)</b>	<b>3</b>	<b>44</b>	<b>6</b>	<b>26</b>

*Tabla IV-1 Cuadrillas de ejecución*

Dentro la planificación de las fabricaciones, tendremos en cuenta que se hará trabajos en paralelo con la nave, faja y la tolva por lo cual la cuadrilla de 44 personas se distribuirán de la siguiente manera:

DESCRIPCIÓN	Nave Estructural	Faja Transp.	Tolva
Capataz	1	1	-
Oficial	12	3	2
Soldador	4	2	2
Operario	5	2	2
Ayudantes	4	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>8</b>

*Tabla IV-2.- Cuadrilla de fabricación*

Con los datos de ingeniería obtenidos de los planos base, obtenemos que los pesos y áreas aproximadas de las estructuras son:

DESCRIPCIÓN	PESO (kg)	AREA (m <sup>2</sup> )
Nave Estructural	102737.6	3733.18
Faja Transportadora	8721.07	342.76
Tolva	13645.92	169.09

*Tabla IV-3.- Resumen de pesos y áreas de las estructuras*

Con estos datos se realizara un diagrama Gantt el cual será la base del cronograma del proyecto (Ver AnexoI).

#### **4.2.- Costos y presupuestos.**

En el análisis de presupuesto del proyecto se tomaran los metrados realizados en los planos básicos y se cumplirá tres etapas bien definidas

- Etapa I: Ingeniería, Procura y obras preliminares.
- Etapa II: Fabricación, preparación superficial y traslado.
- Etapa III: Montaje y cierre del proyecto

Se tomará en cuenta los siguientes ratios de costos como valores promedio del mercado:

- Ingeniería: 0.2 \$/kg.
- Fabricación: 3.4 \$/kg.
- Montaje: 1.5 \$/kg.



Con estas etapas bases se realizara un listado de de partidas del presupuesto y asi se detallan en el Anexo J

### **4.3.- Gestión de Fabricación y Montaje.**

#### **4.3.1.- Elaboración de Plan de Fabricación**

##### **4.3.1.A.- Generalidades.**

Los procedimientos de fabricación en taller deberán ser estudiados y planeados, de modo de asegurar una calidad consistente y en estricto acuerdo con los requisitos de calidad estipulados.

Los procedimientos deberán encontrarse registrados en documentos que puedan ser revisados y evaluados previamente.

##### **4.3.1.B.- Materiales.**

Planchas, perfiles y materiales bases deberán ser estrobados, izados y transportados hasta los talleres de modo de no producir en ellos deformaciones, desgarros ni otros daños mecánicos.

El aprovechamiento del material deberá estudiarse de manera de conseguir un uso eficiente de ellos, reduciendo a un mínimo el tamaño de los despuntes y trozos no aprovechables.

El aprovechamiento en planchas de acero deberá ser de un 90% en peso.

##### **4.3.1.C.- Cortes.**

El trazado y orientación de los cortes deberá planificarse.

Los cortes deberán efectuarse con soplete oxigas, guillotina, plasma eléctrico, sierras de corte, dependiendo del tipo de acero a procesar y del grado de terminación requerido por los cantos a obtener.

#### **4.3.1.D.- Conformado.**

El conformado en frío deberá realizarse mediante prensas, dobladoras, cilindradoras o curvadoras de perfiles, en general maquinas especiales que lleven gradualmente el material hasta su forma requerida, no se permitirá el conformado mediante golpes de machos o martinets.

Se recomienda usar una temperatura no mayor a los 650°C para procesos de doblado en caliente para no alterar las propiedades fisico químicas del material.

#### **4.3.1.E.- Perforaciones.**

Las perforaciones o agujeros deberán realizarse mediante punzonado, taladrado, mecanizado o mediante una secuencia de ellos. No se permitirá perforaciones mediante soplete oxigas. Las perforaciones deberán ubicarse de forma precisa mediante trazados o el uso de plantillas con el objeto de reducir el riesgo de que queden fuera de tolerancia.

Todas las perforaciones deberán estar libres de rebabas y las superficies se esmerilarán para recuperar su planitud.

#### **4.3.1.F.- Soldaduras.**

Se debe contar con registros y certificados de las pruebas de calificación de los soldadores.

Dichos registros contendrán todas las variables esenciales: material base a soldar, método de soldadura, especificación de electrodos, diámetro de los electrodos, método de limpieza y remoción de escorias, el procedimiento de soldaduras deberán estar siempre disponible para revisión o consulta.

#### **4.3.1.F.- Marcas.**

Al término de la fabricación en taller, todos los elementos deberán ser marcados con una identificación correspondiente con su marca del respectivo plano de fabricación y montaje.

La marca de los elementos de calderería tiene como fin principal el de identificarlos debidamente durante el montaje. Por este motivo, deberá escogerse un lugar bien visible para su inscripción.

Las marcas deberán estamparse con números y letras de golpe de 15mm de altura. La profundidad de las marcas deberá ser lo suficiente para permanecer indeleble a pesar del arenado de limpieza y de las capas de pintura.

#### **4.3.1. G.-Preparación superficial y pintura.**

Los elementos fabricados serán limpiados para que estén libre de rebabas y filos cortantes para su posterior granallado, el cual limpia la superficie hasta dejarlo en metal blanco según norma se procederá a un SPCC 6 para su posterior pintado el cual será a 16 mils. utilizado en dos capas de pintura.



-Las estructuras como columnas, tijerales, viguetas, templadores, soportes, truss serán pintadas de color azul como color estándar de la corporación GLENCORE XSTRATA, las barandas de color amarillo seguridad y las parrillas, grating y planchas estriadas de color negro.

Luego del montaje se deberá retocar la pintura de taller del acero estructural que resultase dañado durante el montaje, transporte, soldadura en terreno y en general por cualquier otra condición.

#### **4.3.2.- Elaboración de Plan de Montaje**

##### **4.3.2.A.- Generalidades**

Montar el acero estructural de acuerdo con los planos de montaje y especificaciones técnicas del proyecto. Se deberá usar como referencia los planos de diseño.

##### **4.3.2.B.- Montaje**

El montaje del acero estructural deberá estar de acuerdo con los planos de montaje aprobados.

Se realizara moderadas cantidades de pre armado, para permitir el ajuste apropiado de los elementos de la estructura metálica. No se permitirá el uso de oxicorte para la corrección de defectos en terreno.

Se deberá almacenar el acero estructural y misceláneo por sobre el nivel del piso en bloques o patines antes del montaje manteniéndolo limpio de materias extrañas tales como grasa, aceites, salpicaduras de concreto, polvo, etc.

En el procedimiento de montaje en la nave estructural, se iniciara con las columnas verificando su alineamiento y nivelación con apoyo topográfico, se procederá a montar las viguetas de sujeción y posteriormente los tijerales, finalmente las correas, templadores y coberturas.

Para el Truss y la tolva se montara en primer lugar los soportes, después se procederá con la tolva por ser de mayor volumen y seguidamente con el Truss 1, 2 y 3.

Finalmente se procederá con las plataformas en la zona de carga y en la zona de descarga.

#### **4.3.2.C.-Apernado**

Las conexiones en terreno serán apernadas, salvo en los casos en que los planos indiquen la necesidad de soldadura de terreno.

No se deben agrandar los orificios mediante equipo oxicorte, los pernos deben guardarse lubricados en un lugar seco hasta que se les necesite.

No se deben instalar pernos con pérdida de lubricante o pernos oxidados, con arena, sucios o dañados de alguna u otra forma, en estos casos los pernos deberán ser limpiados y re lubricados de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Los pernos deberán instalarse en todos los agujeros de las conexiones e inicialmente debe ser sin tensión de apriete, todos los pernos deberán apretarse progresando en forma sistemática desde la parte mas rigida de la conexión hacia los bordes libres de acuerdo a la siguiente tabla de torqueo para pernos A325 de acurdo al grado:

#### 4.3.2.D.-Soldadura de terreno

Las operaciones de soldadura de terreno se realizara utilizando soldadores calificados y certificados que se ajusten a la norma AWS D 1.1, la necesidad de realizar soldadura de terreno se deberá indicar en los planos de montaje.

Usar electrodos de soldar con una resistencia de 70ksi.

#### 4.3.2.E.-Equipos y herramientas.

Los equipos y herramientas para el montaje están como se detallan en la lista:

- Camión Plataforma
- Camión grúa de 20 Ton.
- Man lift
- Elementos de izaje:
  - Grilletes
  - Elingas
  - Sogas
  - Tecles
  - Estribos
- Llaves hexagonales milimétricas
- Llaves hexagonales en pulgadas
- Llaves francesas
- Llaves inglesas



- Guías de montaje (Punzones)
- Taladros magnéticos
- Escalera Telescópica
- Equipos de soldar
- Esmeriles
- Andamios

#### **4.4.- Gestión de Seguridad e Higiene Ocupacional**

##### **4.4.1.- Elaboración de la Identificación de Peligros, riesgos y sus controles (IPERC)**

Dentro de las diferentes formas sistemáticas y ordenadas, para mitigar y evitar los riesgos, la metodología que se propone, conocida por sus siglas IPERC, es una de las más usadas por la Industria, particularmente por la minería. Varios de sus aspectos aplicativos, convocan a la participación obligatoria de los trabajadores, quienes ejercitan su Derecho para identificar los riesgos, evaluar los riesgos, proponer y sugerir medidas de control. La experiencia de los trabajadores, es un factor inherente para recomendar controles efectivos y asumir su grado de solidaridad, con el resto de miembros de la cuadrilla o grupo. Por otro lado, es una prueba al ejercicio del Liderazgo de los Supervisores, que debe ser tangible y equitativo, para asignar las responsabilidades en las circunstancias de ejecutar las tareas, especialmente cuando estos son trabajos de alto riesgo<sup>1</sup>.

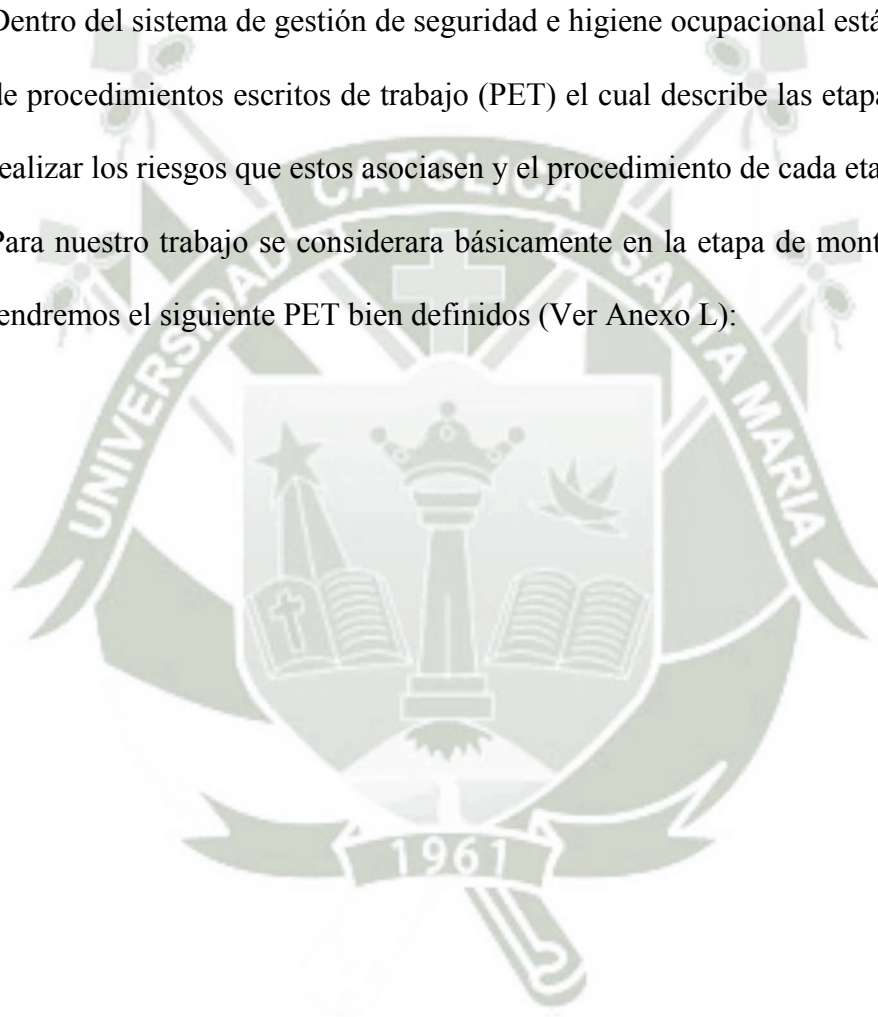
Se puede apreciar el desarrollo del IPERC para nuestro caso en el Anexo K

<sup>1</sup>Fuente:<http://www.tecsup.edu.pe/home/curso-y-programas-de-extension/cursos-y-programas-de-extension/?sede=L&padre=3014&detail=21425>

#### **4.4.2.- Elaboración de Procedimientos Escritos de Trabajo (PET)**

Dentro del sistema de gestión de seguridad e higiene ocupacional está la elaboración de procedimientos escritos de trabajo (PET) el cual describe las etapas del trabajo a realizar los riesgos que estos asociasen y el procedimiento de cada etapa.

Para nuestro trabajo se considerara básicamente en la etapa de montaje por lo cual tendremos el siguiente PET bien definidos (Ver Anexo L):



## CONCLUSIONES

Del siguiente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- Se diseñó todos los componentes necesarios para el normal funcionamiento de la Cancha de Nitratos así como son:
  - Diseño de un nave industrial utilizado como almacén de Nitratos denominado CANCHA DE NITRATOS de 1400 TON de capacidad, analizando sus principales componentes como son las columnas, tijerales, viguetas, correas, templadores y coberturas
  - Se seleccionó un puente grúa necesario para transportar los big bag de 1 Ton de peso que serán almacenados y transportados dentro de la Nave.
- Se diseñó una faja transportadora de 50 TON/hora, que traslada el nitrato de amonio desde su descarga hasta una tolva de almacenamiento, así como la selección de sus componentes principales.
- Se proyectó una Tolva de Nitratos de 30 TON de capacidad en la recepción del Nitrato de Amonio de la faja transportadora, cuyo fin es la descarga del compuesto a los camiones fábrica.
- Se elaboró un plan de gestión del proyecto tomando en cuenta los siguientes puntos:
  - Planificación del proyecto.
  - Costos y presupuesto del Proyecto.
  - Elaboración de Plan de Fabricación y montaje.
  - Elaboración de plan de seguridad.



## OBSERVACIONES

- Dentro de los diseños comprendidos resalta el diseño y calculo estructural de la nave industrial, la faja transportadora y la tolva de almacenamiento de nitrato de amonio.
- Dentro de los diseños no comprendidos están la instalación de depósitos de emulsión, se tomara líneas de agua contra incendios ya existentes y las instalaciones eléctricas del sistema.
- El cálculo estructural en la Nave Industrial está definida en tres etapas bien definidas, como son: La etapa de preselección de perfiles seguida por la etapa de análisis de cálculo debido a las diferentes cargas existentes y por último la etapa de corroboración e interpretación de los resultados.
- Se considerará la carga de sismo como factor de bastante influencia aun si la zona geográfica no presenta muchos registros sísmicos.
- Los cálculos son corroborados en su mayoría usando el programa SAP2000 de tal forma que optimice el diseño y reduzca el tiempo de ejecución que es muy controlado en proyectos de esta magnitud.
- Los equipos seleccionados como puente grúa, motores o materiales ya se encuentran definidos por sus respectivos fabricantes a los cuales solo se les hace llegar los valores obtenidos para su selección y otros parámetros que ellos indiquen, no teniendo mucha relevancia en su ingeniería.

## RECOMENDACIONES

El presente trabajo de investigación, plantea un procedimiento para la selección de materiales y componentes así como su análisis e interpretación de resultados apoyándose en programas de diseño los cuales nos brindan una mayor confiabilidad en la obtención de nuestros resultados.

- Tener en cuenta que para el criterio de diseño siempre estará ligado a una normativa ya sea nacional o internacional y que los cálculos obtenidos deben obedecer a los parámetros que estas instituciones establezcan.
- Se recomienda realizar un estudio preliminar de estudio de suelo y topografía para poder elaborar un diagrama de flujo o LAYOUT de cómo será las operaciones dentro de las instalaciones.
- El presente trabajo de investigación tiene una etapa fundamental el cual es el criterio por la cual se preselecciona los elementos de diseño para su posterior análisis, por lo cual se recomienda establecer y designar con la mejor exactitud las cargas de trabajo.
- Para la mejor comprensión del lector se recomienda tener conocimientos básicos de estática y resistencia de materiales.
- Realizar los cálculos con un factor de seguridad mayor a los valores estandarizados
- Corroborar los datos con más de un método de análisis para tener un mayor factor de seguridad en la etapa de selección de perfiles y componentes.

## BIBLIOGRAFIA

- Reglamento Nacional de edificaciones
- LRFD, Manual of steel construction
- Estructuras de Acero comportamiento y LRFD *Sriramulu Vinnakota Stanford University.*
- Diseño de estructuras de Acero metodo LRFD *Jack MacCormac Clemson University.*
- Manual Crame Manufactures Association of America, INC.
- Resistencia de Materiales Aplicada tercera edición *Robert L. Mott*
- El proyectista de estructuras metalicas *R Nonnast*
- Tesis de Diseño estructural de pórtico metálico para nave industrial con puente grúa *Universidad Nacional de Cuenca*
- Tesis Diseño de placas Base *Universidad de Puebla*
- Manual CEMA de fajas transportadoras de materiales a granel.
- Tesis Diseño mecánico de un transportador por banda sobre rodillos para apilamiento de caliza y arcilla *Universidad de Autónoma de Occidente.*
- Estándar de Bechtel Chile
- [http://ofi.mef.gob.pe/appFD/Hoja/VisorDocs.aspx?file\\_name=10063\\_OPIMPESPI\\_NAR\\_2012124\\_121831.pdf](http://ofi.mef.gob.pe/appFD/Hoja/VisorDocs.aspx?file_name=10063_OPIMPESPI_NAR_2012124_121831.pdf)
- [http://www.abusgruas.es/Productos/Puentes\\_grua](http://www.abusgruas.es/Productos/Puentes_grua)
- <http://www.precor.com.pe/?q=productos/tecnotecho-tr4-0>



- [http://www.ehowenespanol.com/especificaciones-del-acero-a36-info\\_138559/](http://www.ehowenespanol.com/especificaciones-del-acero-a36-info_138559/)
- <http://www.sew-eurodrive.com.pe/>
- [http://www.todomotores.cl/mecanica/torque\\_ Pernos.htm](http://www.todomotores.cl/mecanica/torque_ Pernos.htm)
- <http://www.tecsup.edu.pe/home/curso-y-programas-de-extension/cursos-y-programas-de-extension/?sede=L&padre=3014&detail=21425>
- [http://sumincoperu.com/public/file/seccion/CAMA\\_DE\\_RODILLOS\\_GARLAND\\_DE\\_IMPACTO.pdf](http://sumincoperu.com/public/file/seccion/CAMA_DE_RODILLOS_GARLAND_DE_IMPACTO.pdf)

## LISTA DE TABLAS

- **CAPITULO III**
  - *Tabla. III-1.- Condiciones de Servicio según FEM 9.511*
  - *Tabla. III-2.- Clasificación para el polipasto según FEM 9.511*
  - *Tabla III-3.- Catalogo ABUS KRANESYSTEME puente grúa de 3200kg*
  - *Tabla. III-4.- Pesos de los componentes para un puente grúa de 3200kg*
  - *Tabla. III-5.- Clasificación de Galpones*
  - *Tabla. III-6.- Pesos de los componentes para un puente grúa de 3200kg*
  - *Tabla III-7.- Distribución de cargas por rueda*
  - *Tabla. III-8.- Valores de carga de viento*
  - *Tabla. III-9.- Resumen de Valores de carga de viento*
  - *Tabla. III-10.- Combinación de cargas para correas*
  - *Tabla. III-11.- Combinación de cargas para selección de coberturas*
  - *Tabla. III-12.- Cargas a compresión en Montantes y diagonales*

- *Tabla. III-13.- Selección de Perfiles*
- *Tabla.III-14.- Selección de Perfiles*
- *Tabla. III-15.- Calculo de pesos en tijera*
- *Tabla III-16.- Selección de Viga W12xXX*
- *Tabla III-17.- Selección de materiales para los elementos de la Nave para Cancha de nitratos*
- *Tabla. III-18.- Resumen de Valores de carga de viento por el área tributaria*
- *Tabla. III-19.- Distribución de cargas por rueda*
- *Tabla. III-20.- Distribución de cargas posición 1*
- *Tabla. III-21.- Distribución de cargas posición 2*
- *Tabla. III-22.-Distribución de cargas y momento en extremos*
- *Tabla.III-23.- Resumen de cargas y momento en extremos*
- *Tabla.III-24.- Cargas analizadas para diseño de placa base*
- *Tabla. III-25.- Descripción y Clasificación de los materiales*
- *Tabla III-26.- Descripción y Clasificación de los materiales*
- *Tabla III-27.- Ancho necesario de faja*
- *Tabla III-28.- Ancho necesario de faja*
- *Tabla III-29.- Capacidad, ancho de faja y velocidad*
- *Tabla III-30.- Peso estimado de la faja*
- *Tabla III-31.- Espacionamiento de rodillos*
- *Tabla III-32.- Factor de ajuste por tamaño de trozo  $K_1$*
- *Tabla III-33.- Clasificación de rodillos*
- *Tabla III-34.- Carga de Rodillos*

- *Tabla III-35.- Capacidad, ancho de faja y velocidad*
- *Tabla III-36.- Valor del factor  $K_y$*
- *Tabla III-37.- Tensión de la correa para girar las poleas*
- *Tabla III-38.- Factor de envolvimiento*
- *Tabla III-39.- Tensiones de la faja*
- *Tabla III-40.- Potencia de accionamiento*
- *Tabla III-41.- Factor de rateo – altura en pies*
- *Tabla III-42.- Diámetro de Polea*
- *Tabla III-43.- Ancho de polea recomendada*
- *Tabla III-44.- Peso aproximado de la polea*
- *Tabla III-45.- Diámetro de polea*
- *Tabla III-46.- Distancia A*
- *Tabla III-47.- Factor de concentración de fatiga*
- *Tabla III-48.- Selección de componentes*
- *Tabla III-49.- Análisis de Ángulos en bridas 4x4x3/8*
- *Tabla. III-50.- Análisis de Ángulos en bridas 2 1/2" x2 1/2" x3/16"*
- *Tabla III-51.- Análisis de Ángulos en bridas 2 x2 x3/16"*
- *Tabla III-52.- Análisis de Esfuerzos máximos en la tolva.*
- *Tabla III-53.- Análisis de componentes de soporte de tolva*
- *Tabla III-54.- Análisis de componentes de soporte de TRUSS*
- *Tabla III-55.- Análisis de componentes de plataforma*



- **CAPITULO IV**

- *Tabla IV-1 Cuadrillas de ejecución*
- *Tabla IV-2.- Cuadrilla de fabricación*
- *Tabla IV-3.- Resumen de pesos y áreas de las estructuras*

## LISTA DE FIGURAS

- **CAPITULO II**

- *Figura. II-1 Ubicación exacta del campamento minero XSTRATA*
- *Figura. II-2 Estructura Química del Nitrato de Amonio.*
- *Figura. II-3 Estructura tridimensional del Nitrato de Amonio*
- *Figura. II-4 Nitrato de Amonio en presentación comercial*

- **CAPITULO III**

- *Figura. III-1 Nitrato de Amonio en presentación comercial Disposición por grupo de BIG BAGS de Nitrato de Amonio*
- *Figura. III-2 Dimensionamiento de la Nave Industrial*
- *Figura. III-3 Polipasto modelo E, según catalogo ABUS*
- *Figura. III-4 Distancia recomendada del gancho a la estructura de tijeral*
- *Figura. III-5 Selección de Puente Grúa marca ABUS KRANESYSTEME*
- *Figura. III-6 Componentes de un galpón*
- *Figura. III-7 Idealización del tipo de pórtico*
- *Figura. III-8 Idealización del tipo de techo estructural*

- *Figura. III-9 Idealización del tipo de techo estructural*
- *Figura. III-10 Idealización de tijeral*
- *Figura. III-11 Des carguío de big bags*
- *Figura. III-12 Colocación de big bag sobre plataforma para la tolva de carga*
- *Figura. III-13 Colocación de big bag sobre plataforma para la tolva de carga*
- *Figura. III-14 Componentes para un puente grúa.*
- *Figura. III-15 Distribución de cargas*
- *Figura. III-16 Posición 1*
- *Figura. III-17 Reacciones en las ruedas del testero*
- *Figura. III-18 Posición 2*
- *Figura. III-19 Distribución de cargas por rueda*
- *Figura. III-20 Dirección del viento perpendicular al pórtico.*
- *Figura. III-21 Dirección del viento perpendicular al pórtico.*
- *Figura. III-22 Factores de forma C*
- *Figura. III-23 Mapa de Zonificación Sísmica y Factores de ZONA*
- *Figura. III-24 Categoría de edificaciones*
- *Figura. III-25 Parámetros de Suelos*
- *Figura. III-26 Sistemas estructurales*
- *Figura. III-27 Distancia de correas entre tijerales*
- *Figura. III-28 Tabla de carga para cobertura tipo TR-4*
- *Figura. III-29 Identificación de elementos del tijeral*
- *Figura. III-30 Deformación del tijeral por Cargas*
- *Figura. III-31 Sección de perfiles del tijeral*

- *Figura. III-32 Distribución de cargas*
- *Figura. III-33 Distribución de cargas a BARLOVENTO*
- *Figura. III-34 Distribución de cargas a SOTAVENTO*
- *Figura. III-35 Anulación de carga por peso propio*
- *Figura. III-36 Diagrama de Fuerza del tijeral.*
- *Figura. III-37 Distribución de cargas en la viga carrilera*
- *Figura. III-38 Distribución de cargas para cálculo de columnas*
- *Figura. III-39 Tabla para Viga W12x53 según manual LRFD*
- *Figura. III-40 Detalle de la ubicación de la viga carrilera*
- *Figura. III-41 Tabla para Viga W14x53 según manual LRFD*
- *Figura. III-42 Asignación de carga Muerta a SAP2000*
- *Figura. III-43 Asignación de carga de Nieve a SAP2000*
- *Figura. III-44 Asignación de carga de Viento WX1 barlovento a SAP2000*
- *Figura. III-45 Asignación de carga de Viento WX1 sotavento a SAP2000*
- *Figura. III-46 Asignación de carga de Viento WX2 barlovento a SAP2000*
- *Figura. III-47 Asignación de carga de Viento WX2 sotavento a SAP2000*
- *Figura. III-48 Asignación de carga de Viento WY sotavento a SAP2000*
- *Figura. III-49 Asignación de carga Viva por puente grúa*
- *Figura. III-50 Asignación de carga Viva por puente grúa*
- *Figura. III-51 Asignación de masas caso sismo*
- *Figura. III-52 coeficiente de pseudo aceleración en sismo X*
- *Figura. III-53 Análisis de la Nave para cancha de nitratos con el programa SAP 2000*



- *Figura. III-54 Posición de Cargas en plano XZ*
- *Figura. III-55 Ubicación 1 de puente Grúa*
- *Figura. III-56 Ubicación 2 de puente Grúa*
- *Figura. III-57 Posibilidad 1 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-58 Resultados de la viga carrilera en la opción 1*
- *Figura. III-59 Comprobación de la posibilidad 1 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-60 Datos de la posibilidad 1 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-61 Datos de la posibilidad 1 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-62 Comprobación de la posibilidad 2 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-63 Datos de la posibilidad 2 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-64 Datos de la posibilidad 2 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-65 Comprobación de la posibilidad 3 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-66 Datos de la posibilidad 3 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-67 Datos de la posibilidad 3 de análisis de viga carrilera.*
- *Figura. III-68 Comprobación de la posibilidad 4 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-69 Datos de la posibilidad 4 de análisis de viga carrilera*
- *Figura. III-70 Datos de la posibilidad 4 de análisis de viga carrilera.*
- *Figura. III-71 Deformación Vertical.*
- *Figura. III-72 Deformación Horizontal.*
- *Figura. III-73 Comprobación de la posibilidad 1 de análisis de columna*
- *Figura. III-74 Datos de la posibilidad 1 de análisis de la columna*
- *Figura. III-75 Datos de la posibilidad 1 de análisis de la columna*

- *Figura. III-76 Datos de la posibilidad 1 de análisis de la columna en momento flexionante*
- *Figura. III-77 Comprobación de la posibilidad 2 de análisis de columna*
- *Figura. III-78 Datos de la posibilidad 2 de análisis de la columna*
- *Figura. III-79 Datos de la posibilidad 2 de análisis de la columna en fuerza axial*
- *Figura. III-80 Datos de la posibilidad 2 de análisis de la columna en momento flexionante*
- *Figura. III-81 Comprobación de la posibilidad 3 de análisis de columna*
- *Figura. III-82 Datos de la posibilidad 3 de análisis de la columna*
- *Figura. III-83 Datos de la posibilidad 3 de análisis de la columna en fuerza axial*
- *Figura. III-84 Datos de la posibilidad 3 de análisis de la columna en momento flexionante*
- *Figura. III-85 Comprobación de la posibilidad 4 de análisis de columna*
- *Figura. III-86 Datos de la posibilidad 4 de análisis de la columna*
- *Figura. III-87 Datos de la posibilidad 4 de análisis de la columna en fuerza axial*
- *Figura. III-88 Datos de la posibilidad 4 de análisis de la columna en momento flexionante*
- *Figura. III-89 Desplazamiento lateral por sismo en columnas*
- *Figura. III-90 Cargas críticas en columna*
- *Figura. III-91 Análisis para placa base*

- *Figura. III-92 Distancia Z*
- *Figura. III-93 Cargas críticas en ménsula*
- *Figura. III-94 Perfil propuesto de la ménsula*
- *Figura. III-95 Comprobación de correas*
- *Figura. III-96 Datos del análisis de correas*
- *Figura. III-97 Datos diagrama momento máximo en correas*
- *Figura. III-98 Comprobación de tijerales*
- *Figura. III-99 Datos del análisis de tijerales en las bridas*
- *Figura. III-100 Datos del análisis de tijerales en las bridas*
- *Figura. III-101 Datos del análisis de tijerales en los montantes y diagonales*
- *Figura. III-102 Análisis en viguetas*
- *Figura. III-103 Datos del análisis de viguetas en los montantes y diagonales*
- *Figura. III-104 Datos del análisis de viguetas en las diagonales de viguetas*
- *Figura. III-105 Análisis en templadores de correas*
- *Figura. III-106 Análisis de ratios en templadores de Correas*
- *Figura. III-107 Análisis en templadores de tijerales*
- *Figura. III-108 Análisis de ratios en templadores de tijerales*
- *Figura. III-109 Desnivelación de rodillos*
- *Figura. III-110 Factor de corrección de temperatura*
- *Figura. III-111 Arreglo de faja transportadora.*
- *Figura. III-112 DCL polea motriz*
- *Figura. III-113 DCL sobre el eje con cambio de sección*
- *Figura. III-114 Limpiador de faja*



- *Figura. III-115 Rodillos auto alineantes*
- *Figura. III-116 Arquitectura del sistema de transporte*
- *Figura. III-117 Armadura utilizada en el truss*
- *Figura. III-118 Análisis de Truss*
- *Figura. III-119 Análisis de Ángulos en bridas 4x4x3/8*
- *Figura. III-120 Diagrama de momento y fuerza de Ángulos en bridas 4x4x3/8*
- *Figura. III-121 Análisis de Ángulos en bridas 2 1/2" x2 1/2" x3/16"*
- *Figura. III-122 Diagrama de momento y fuerza de Ángulos en bridas 2 1/2" x2 1/2" x3/16"*
- *Figura. III-123 Análisis de Ángulos en bridas 2 x2 x3/16"*
- *Figura. III-124 Diagrama de momento y fuerza de Ángulos en bridas 2x2x3/16"*
- *Figura. III-125 Bosquejo de Tolva*
- *Figura. III-126 Diagrama de esfuerzo de mallas bajo combinación Dead+Presion*
- *Figura. III-127 Diagrama de esfuerzo de mallas bajo combinación*
- *Figura. III-128 Resultados de columna más critica*
- *Figura. III-129 Diagrama de momento y fuerza de la columna más crítica*
- *Figura. III-130 Análisis soporte de Truss*
- *Figura. III-131 Resultados de columna más crítica del truss*
- *Figura. III-132 Diagrama de momento y fuerza de la columna truss*
- *Figura. III-133 Diseño de Plataforma en zona de carga*

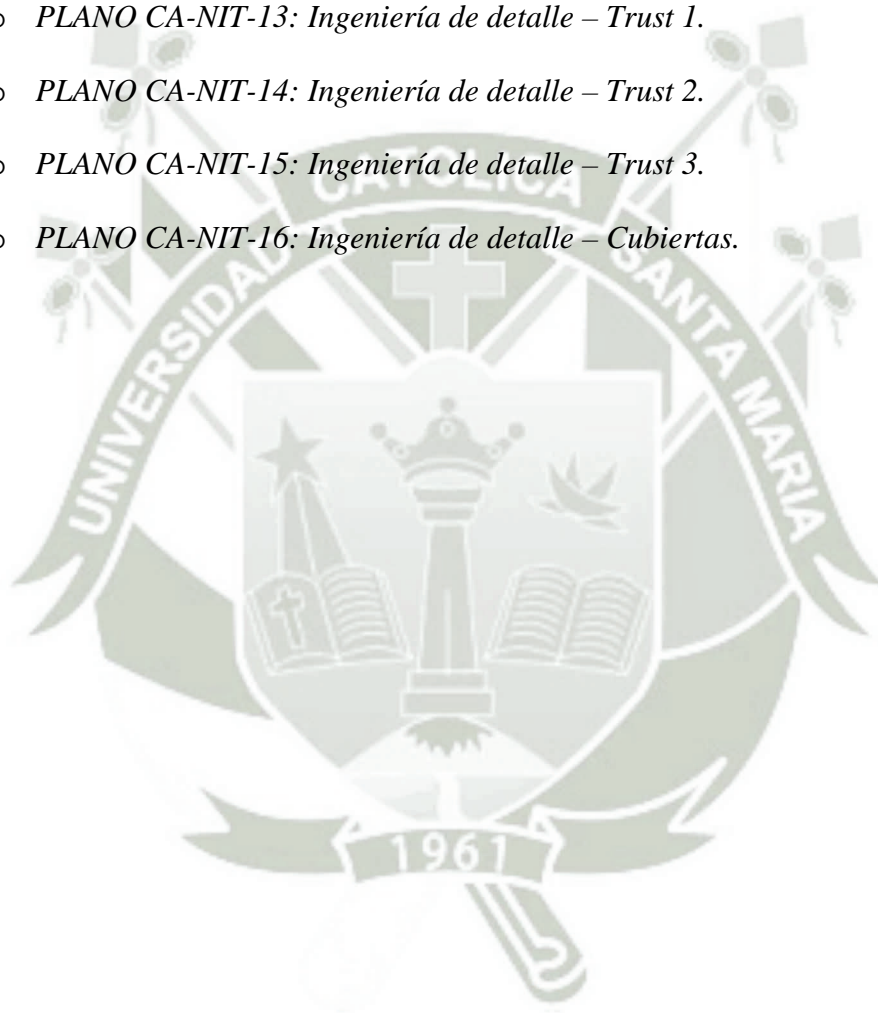
## ANEXOS

- *ANEXO A: CATALOGO ABUS*
- *ANEXO B: MAPA EÓLICO DEL PERÚ*
- *ANEXO C: MANUAL IMCA*
- *ANEXO D: COBERTURA TR 4*
- *ANEXO E: CATALOGO SEW DRIVE*
- *ANEXO F: CHUMACERAS*
- *ANEXO G: CATALOGO RAPISCOL POLINES*
- *ANEXO H: TABLA RATIOS DE TRUSS*
- *ANEXO I: CRONOGRAMA CANCHA DE NITRATOS*
- *ANEXO J: PRESUPUESTO CANCHA NITRATOS*
- *ANEXO K: MATRIZ IPERC*
- *ANEXO L: PET MONTAJE DE ESTRUCTURAS*

## PLANOS

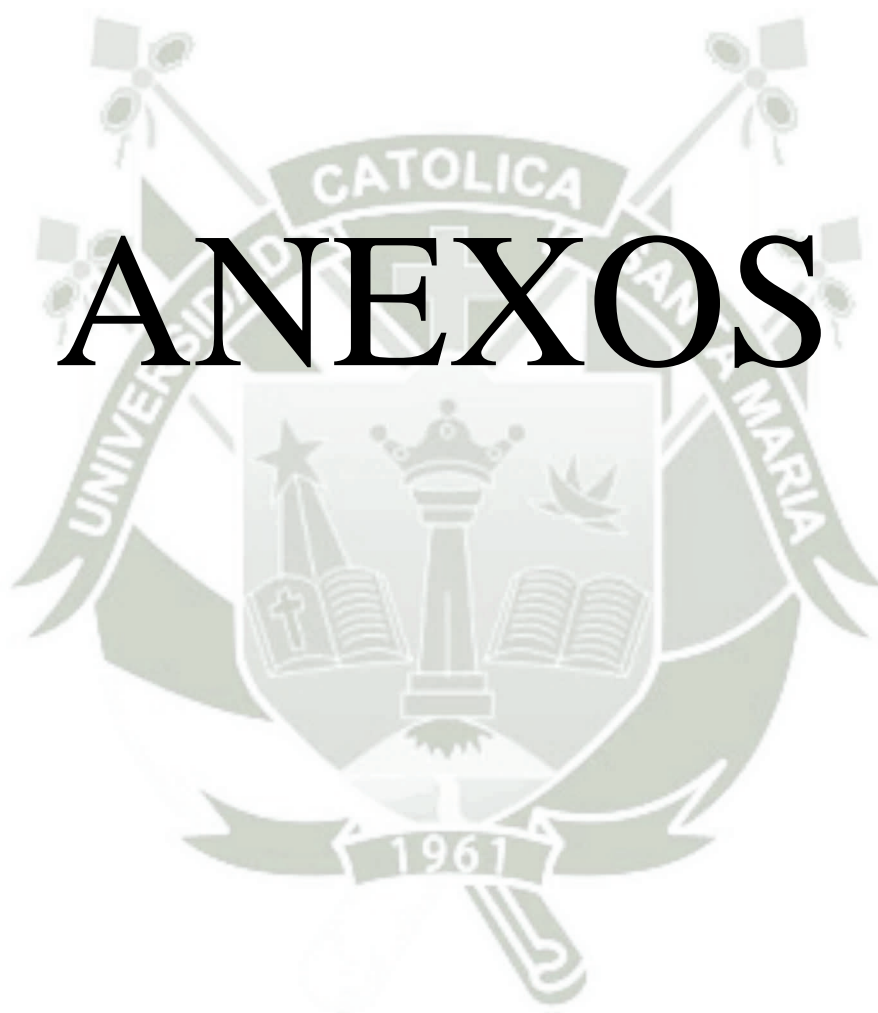
- *PLANO CA-NIT-01: Detalle layout planta cancha de nitratos.*
- *PLANO CA-NIT-02: Ingeniería de detalle estructuras planta.*
- *PLANO CA-NIT-03: Ingeniería de detalle estructuras cortes y elevaciones.*
- *PLANO CA-NIT-04: Ingeniería de detalle – estructuras detalle.*
- *PLANO CA-NIT-05: Ingeniería de detalle – estructuras detalle.*
- *PLANO CA-NIT-06: Ingeniería de detalle estructura faja 24”.*
- *PLANO CA-NIT-07: Ingeniería de detalle estructura soporte de chute.*

- *PLANO CA-NIT-08: Ingeniería de detalle – detalle chute de alimentación.*
- *PLANO CA-NIT-09: Ingeniería de detalle- detalle de faldón.*
- *PLANO CA-NIT-10: Ingeniería de detalle – Arreglo general.*
- *PLANO CA-NIT-11: Ingeniería de detalle - soporte tolva de descarga.*
- *PLANO CA-NIT-12: Ingeniería de detalle - tolva de descarga.*
- *PLANO CA-NIT-13: Ingeniería de detalle – Trust 1.*
- *PLANO CA-NIT-14: Ingeniería de detalle – Trust 2.*
- *PLANO CA-NIT-15: Ingeniería de detalle – Trust 3.*
- *PLANO CA-NIT-16: Ingeniería de detalle – Cubiertas.*





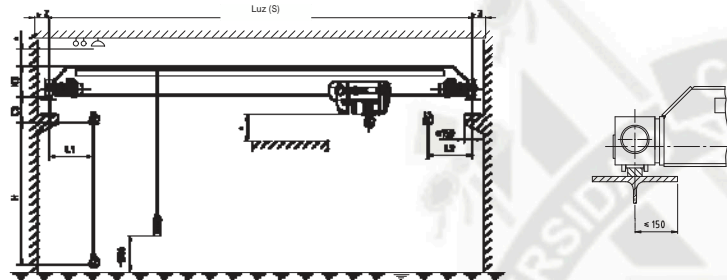
# ANEXOS



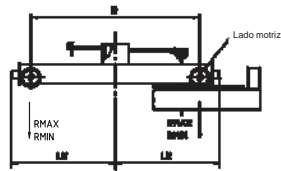
ANEXO A



Puente grúa monorraíl ELV/ELK

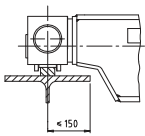


\* Distancia de seguridad de acuerdo a las regulaciones nacionales de cada país.

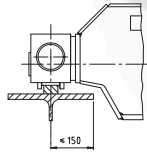


**Variante 3:**  
K3 y C3 son medidas estándar ABUS y pueden modificarse en función de la variante de conexión de la viga principal elegida

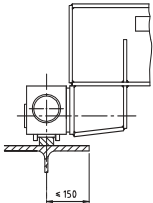
Para efectuar mediciones de exactitud de las Variantes 1, 2, 4 y 5, rogamos póngase en contacto con ABUS



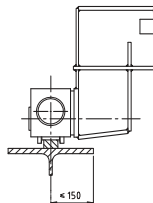
**Variante 1:**  
parte superior de la viga principal = parte superior del testero



**Variante 2:**  
todas las variedades entre variante 1 y 3



**Variante 4:**  
la parte inferior de la viga principal = la parte superior del testero



**Variante 5:**  
la parte inferior de la viga principal más alta que la parte superior del testero pero sin exceder los 1.500 mm entre la parte superior del rail de grúa y la parte inferior de la viga principal

Dimensiones de los puentes grúa monorraíles ELV/ELK (Resumen)

Carga, Polipasto <sup>1)</sup>	S <sup>1)</sup>	K3	C3	L1	L2	Zmin	Hmax	R	LK	Carga rueda KN
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	R max R min
500 kg Polipasto de cadena GM2 500 FEM 2m Polipasto V = 1/4 m/min	5	290	480	540	440	140	8000	1900	1165	4.3 2.0
	10	290	480	540	440	140	8000	1900	1165	5.3 2.8
	15	330	480	540	440	140	8000	2200	1315	7.4 4.8
	18	410	480	540	440	140	8000	2700	1585	9.6 7.0
1000 kg Polipasto de cadena GM4 1000 FEM 2m Polipasto V = 1.3/5 m/min	5	290	520	560	450	140	6000	1900	1165	6.6 2.2
	10	290	520	560	450	140	6000	1900	1165	7.8 2.9
	15	330	520	560	450	140	6000	2200	1315	9.9 4.9
	18	410	520	560	450	140	6000	2700	1585	12.1 7.1
1600 kg Polipasto de cable GM 616 L6 FEM 4m Polipasto V = 0.8/5 m/min	5	290	390	950	640	140	9000	1900	1165	9.8 3.0
	10	290	390	950	640	140	9000	1900	1165	11.4 3.4
	15	350	390	950	640	140	9000	2200	1315	13.7 5.4
	18	410	390	950	640	140	9000	2700	1610	15.7 7.2
2000 kg Polipasto de cable GM 820 L6 FEM 4m Polipasto V = 0.8/5 m/min	5	290	390	950	640	140	9000	1900	1165	11.5 3.3
	10	330	390	950	640	140	9000	1900	1165	13.7 4.1
	15	370	390	950	640	140	9000	2200	1335	15.9 5.7
	18	550	380	970	770	150	9000	2700	1605	16.5 6.6
3200 kg Polipasto de cable GM 832 H6 FEM 2m Polipasto V = 0.8/5 m/min	5	330	390	950	640	140	9000	1900	1165	16.9 4.3
	10	320	390	950	640	140	9000	1900	1165	19.7 4.9
	15	450	390	950	640	140	9000	2200	1335	22.5 7.0
	18	650	380	970	770	150	9000	2700	1605	23.1 7.6
5000 kg Polipasto de cable GM 1050 H6 FEM 2m Polipasto V = 0.8/5 m/min	5	330	490	1030	710	140	9000	1900	1165	25.1 6.2
	10	410	490	1030	710	140	9000	1900	1185	29.3 6.6
	15	550	490	1030	710	140	9000	2200	1335	32.4 8.5
	18	660	480	1060	840	150	9000	2700	1605	33.3 9.3
	20	660	480	1060	840	150	9000	3200	1880	35.0 10.9
	22	760	480	1060	840	150	9000	3200	1880	36.5 12.1
	24	860	530	1060	840	170	9000	3800	2195	38.9 14.4
	26	1060	530	1060	840	170	9000	3800	2195	41.4 16.7

Carga, Polipasto <sup>1)</sup>	S <sup>1)</sup>	K3	C3	L1	L2	Zmin	Hmax	R	LK	Carga rueda KN
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	R max R min
6300 kg Polipasto de cable GM 2063 H6 FEM 1Am Polipasto V = 0.8/5 m/min	5	350	490	1090	810	140	9000	1900	1165	30.5 8.0
	10	470	480	1090	810	150	9000	1900	1205	36.2 8.3
	15	660	480	1170	940	150	9000	2200	1355	37.9 8.7
	18	760	480	1170	940	150	9000	2700	1630	39.9 10.0
	20	760	480	1170	940	150	9000	3200	1880	42.0 11.8
	22	860	530	1170	940	170	9000	3200	1895	43.9 13.4
	24	1060	530	1170	940	170	9000	3800	2195	46.9 16.2
	26	1060	530	1170	940	170	9000	3800	2230	48.1 17.2
8000 kg Polipasto de cable GM 3080 H6 FEM 3m Polipasto V = 0.8/5 m/min	5	550	560	1210	990	150	0000	1900	1205	37.1 11.3
	10	560	560	1210	990	150	0000	1900	1205	43.1 8.8
	15	660	560	1210	990	150	0000	2200	1380	47.6 10.5
	18	760	560	1210	990	170	0000	2700	1645	50.7 12.6
	20	760	610	1210	990	170	0000	3200	1895	53.1 14.6
	22	860	610	1210	990	170	0000	3200	1895	54.6 15.7
	24	1060	610	1210	990	180	0000	3800	2215	58.3 19.0
	26	1060	610	1210	990	180	0000	3800	2250	60.0 20.5
10 000 kg Polipasto de cable GM 3100 L6 FEM 2m Polipasto V = 0.66/4 m/min	5	560	560	1210	990	150	0000	1900	1205	45.2 13.5
	10	560	560	1210	990	170	0000	1900	1220	52.8 10.6
	15	760	560	1210	990	170	0000	2200	1395	57.5 11.9
	18	860	610	1210	990	170	0000	2700	1645	60.8 14.0
	20	1060	610	1210	990	170	0000	3200	1895	63.4 16.1
	22	1060	610	1210	990	170	0000	3200	1895	64.8 17.0
	24	1060	610	1210	990	180	0000	3800	2215	69.9 21.6

1) Grúas de mayor luz, están disponibles otras especificaciones de polipasto

Nota 1: Los datos se aplican a puentes grúas con alimentación eléctrica mediante una cadena portacables.



## 1 CLASIFICACIÓN SEGÚN CONDICIONES DE SERVICIO

Para un correcto y efectivo funcionamiento del polipasto debe de elegirse la clasificación adecuada para cada tipo de aplicación. Según la normativa FEM 9.511 la clasificación depende de los siguientes factores:

- Espectro de carga
- Tiempo medio de funcionamiento por día de trabajo

### a) Espectro de carga

El espectro de carga se evalúa en base a 4 tipos de condiciones de servicio.

1. Ligero	2. Medio
Ocasionalmente carga máxima Regularmente carga moderada Carga muerta pequeña	Carga máxima frecuente Regularmente carga pequeña Carga muerta media
3. Pesado	4. Muy pesado
Carga máxima frecuente Regularmente carga media Carga muerta grande	Regularmente carga máxima Carga muerta muy grande

### b) Tiempo medio de funcionamiento por día de trabajo

El tiempo medio de trabajo ( $t$ ) se calcula:

$$t = \frac{2 * H * N * T}{V * 60}$$

$H$  = Altura media de elevación [m]

$N$  = Numero de ciclos por hora [ciclos/h].

Un ciclo consiste en un movimiento de elevación y otro de descenso

$T$  = Tiempo de trabajo [h]

$V$  = velocidad de elevación [m/min]



## 2. DETERMINACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

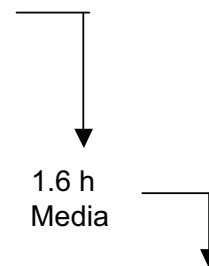
Cuando se ha determinado el espectro de carga y el tiempo medio de funcionamiento puede obtenerse la clasificación necesaria para el polipasto:

Espectro de carga	Tiempo medio de funcionamiento UNE/ISO/FEM (horas por día)					
	0.5	1	2	4	8	16
Ligero			M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m
Medio		M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m
Pesado	M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m	
Muy pesado	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m		

- Un ejemplo de clasificación:

Velocidad de elevación: 10 mpm  
 Altura media de elevación: 3 m  
 Ciclos/hora: 20  
 Tiempo de trabajo diario: 8 h

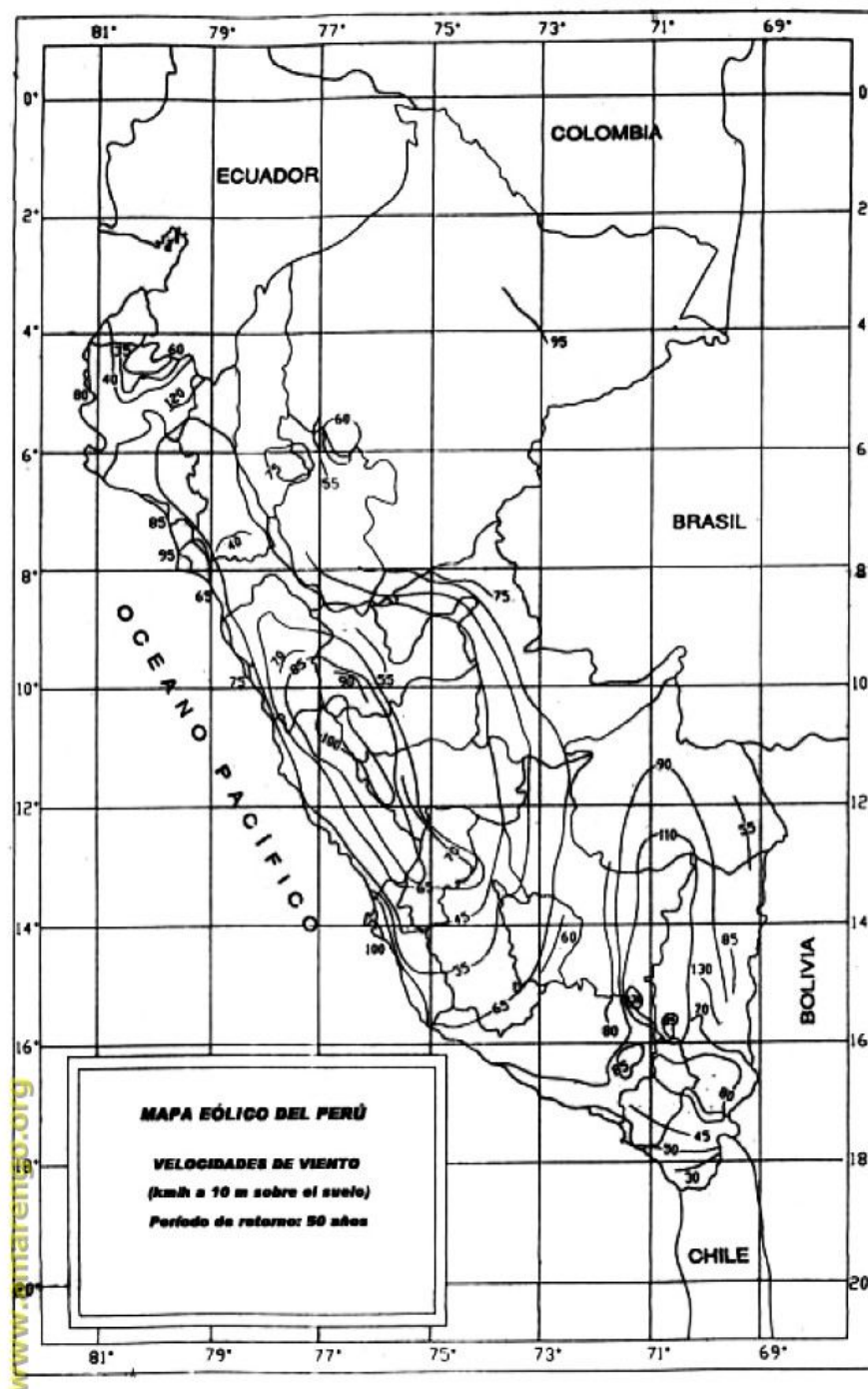
Tiempo medio de funcionamiento: 1.6 h  
 Clase de carga a esperar:



Se obtiene entonces:

*Clasificación 1 Am / M4*

ANEXO B : MAPA EÓLICO DEL PERÚ



ANEXO C

112

**CF**  
**PERFIL C FORMADO EN FRÍO**  
**DIMENSIONES**

Designación d × cal.		Peso	Peralte	Espeor	Patin	a	R
mm* × cal.	in. × cal.		d	t	b <sub>f</sub>		
76 × 15	3 × 15	1,68	76,2	1,21	41,5	10,2	2,4
76 × 18	3 × 18	2,15	76,2	1,50	44,5	12,7	2,4
76 × 22	3 × 22	2,77	76,2	2,00	44,5	17,8	4,8
89 × 15	3 × 15	1,97	88,9	1,17	50,8	12,7	2,4
89 × 18	3 × 18	2,45	88,9	1,52	50,8	15,2	2,4
89 × 22	3 × 22	3,12	88,9	2,00	50,8	17,8	4,8
89 × 25	3 × 25	3,59	88,9	2,25	50,8	17,8	4,8
102 × 16	4 × 16	2,61	101,6	1,52	50,8	12,7	2,4
102 × 14	4 × 14	3,31	101,6	1,90	50,8	15,2	2,4
102 × 12	4 × 12	4,57	101,6	2,66	50,8	17,8	4,8
102 × 10	4 × 10	5,78	101,6	3,42	50,8	17,8	4,8
127 × 16	5 × 16	2,93	127,0	1,52	50,8	12,7	2,4
127 × 14	5 × 14	3,69	127,0	1,90	50,8	15,2	2,4
127 × 12	5 × 12	5,11	127,0	2,66	50,8	17,8	4,8
127 × 10	5 × 10	6,47	127,0	3,42	50,8	17,8	4,8
152 × 16	6 × 16	3,58	152,4	1,52	63,5	15,2	2,4
152 × 14	6 × 14	4,53	152,4	1,90	63,5	17,8	2,4
152 × 12	6 × 12	6,17	152,4	2,66	63,5	17,8	4,8
152 × 10	6 × 10	7,84	152,4	3,42	63,5	17,8	4,8
178 × 16	7 × 16	4,04	177,8	1,52	69,9	15,2	2,4
178 × 14	7 × 14	5,10	177,8	1,90	69,9	17,8	2,4
178 × 12	7 × 12	7,08	177,8	2,66	69,9	20,3	4,8
178 × 10	7 × 10	9,01	177,8	3,42	69,9	20,3	4,8
203 × 16	8 × 16	4,50	203,2	1,52	76,2	15,2	2,4
203 × 14	8 × 14	5,67	203,2	1,90	76,2	17,8	2,4
203 × 12	8 × 12	7,88	203,2	2,66	76,2	20,3	4,8
203 × 10	8 × 10	10,17	203,2	3,42	76,2	22,9	4,8
229 × 16	9 × 16	4,96	228,6	1,52	82,6	15,2	2,4
229 × 14	9 × 14	6,24	228,6	1,90	82,6	17,8	2,4
229 × 12	9 × 12	8,68	228,6	2,66	82,6	20,3	4,8
229 × 10	9 × 10	11,34	228,6	3,42	82,6	25,4	4,8
254 × 14	10 × 14	6,82	254,0	1,90	88,9	17,8	2,4
254 × 12	10 × 12	9,55	254,0	2,66	88,9	22,9	4,8
254 × 10	10 × 10	12,37	254,0	3,42	88,9	25,4	4,8
305 × 12	12 × 12	10,66	304,8	2,66	88,9	22,9	4,8
305 × 10	12 × 10	13,74	304,8	3,42	88,9	25,4	4,8

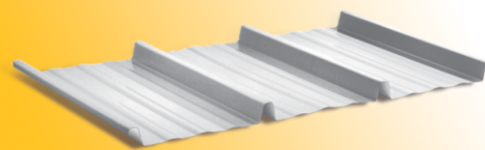
NOTA:  
Los perfiles sombreados no son de fabricación común, por lo que se recomienda consultar con el proveedor su disponibilidad.  
\* Redondeado al milímetro.

INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCIÓN EN ACERO, A.C.



## TECNOTECHO

## TR-4

**DESCRIPCIÓN**

Gama de paneles metálicos para coberturas y fachadas, con 4 trapecios que otorgan resistencia estructural, facilidad de instalación y superior acabado, ideal para edificaciones comerciales, industriales y de servicio.

**CARACTERÍSTICAS**

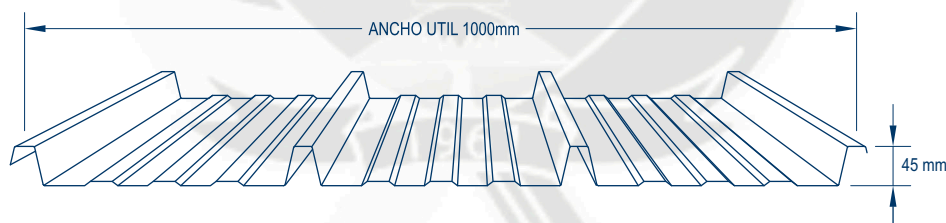
Material : Acero Zincaluz ASTM A792, AZ 150.  
Espesor (e) : 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,75 y 0,80mm.

**Acabado Cara Superior:**

Pintura : Poliéster líquida de espesor 25 micras, sobre primer uretano.  
Colores : Blanco (RAL 9003), Azul (RAL 5007), Rojo (RAL 3020), Gris (RAL 7040) y Verde (RAL 6001). Consulte por nuestros colores especiales.

**Acabado Cara Inferior o Trascara:**

Pintura : Base líquida de 10 micras.  
Largo : Apedido, desde 1 m hasta 12m.



Asesoría  
Post venta

**VENTAJAS**

- Asesoría técnica especializada (desarrollo de planos de montaje, detalles y metrados).
- Capacidad para matizar con alta precisión cualquier color del código RAL debido al Centro de Matizado "in house" de última generación.
- Excelente acabado arquitectónico.
- Completa línea de accesorios, sellos y fijaciones.
- Gran resistencia estructural.
- Ahorro en estructura portante.
- Fácil y rápido de instalar.

**PRECOR S.A.**

Oficina : Av. Manuel Olguín 373, Piso 9, Surco  
Planta : Av. Nicolás Dueñas 559, Lima  
Central : 705-4000

[www.precor.com.pe](http://www.precor.com.pe)

**PRECOR**  
SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN ACERO



Metro de Lima



Campamento Pucamarca



Barrick Misquichilca

**TABLA DE CARGAS (Kg / m<sup>2</sup>)**

Espe <sup>so</sup> r e	Peso del Panel											
mm	Kg / m <sup>2</sup>	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

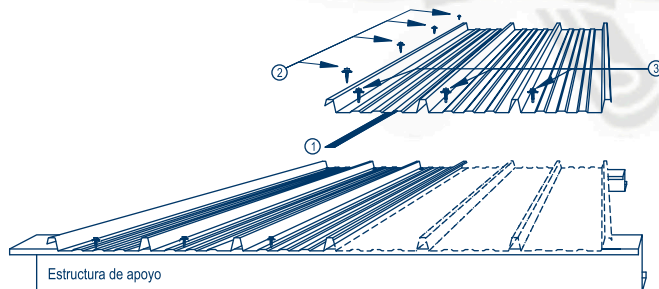
Espe <sup>so</sup> r e	Peso del Panel												
mm	Kg / m <sup>2</sup>	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--	
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--	
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--	
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--	

Espe <sup>so</sup> r e	Peso del Panel												
mm	Kg / m <sup>2</sup>	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	334	212	146	107	--	--	--	--	--	--	
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	429	273	188	137	104	--	--	--	--	--	
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	525	334	230	168	127	--	--	--	--	--	
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m <sup>2</sup> ) =	715	455	314	229	173	136	108	--	--	--	

• Acero zincaluminado ASTM A792, AZ 150.  
 • Las cargas se han calculado considerando que la sección es totalmente efectiva y que la deflexión máxima por carga viva es L/200.  
 • Las cargas vivas son netas. El peso propio del panel ha sido incluido en la verificación de resistencia y deflexión.  
 • Largo del panel hasta 12m.

**DETALLE DE INSTALACIÓN**



1. Cinta butil 3/8" a lo largo del traslape transversal.
2. Tornillo autoroscante #8x3/4" punta fina cada 750mm max., sobre traslape longitudinal.
3. Tornillo autoperforante #10x3/4" punta broca, sobre estructura de apoyo.

Nota: Nuestros paneles vienen provistos de una película plástica de protección que debe ser retirada una vez terminado el proceso de instalación. Caso contrario, el sol, la humedad y la intemperie vulcanizarán la película plástica y se pegará al panel causando daños irreversibles a la pintura.

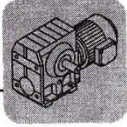
**PRECOR S.A.**

Oficina : Av. Manuel Olgúin 373, Piso 9, Surco  
 Planta : Av. Nicolás Dueñas 559, Lima  
 Central : 705-4000


[www.precor.com.pe](http://www.precor.com.pe)



9



S..D.. (kW)

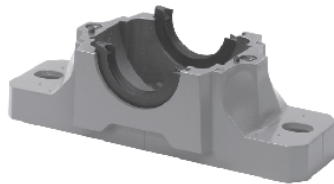
$P_m$ [kW]	$n_a$ [1/min]	$M_a$ [Nm]	$i$	$F_{Ra}^{1)}$ [N]	SEW $f_B$		$m$ [kg]
11	31	3040	55.79	33800	1.10	S97 SF97 SA97 SAF97	DV160M4 215
	35	2720	49.87	34500	1.20		
	39	2460	44.89	34800	1.35		
	43	2230	40.65	34400	1.45		
	48	1990	36.05	33800	1.70		
	53	1800	32.6	33300	1.75		
	66	1500	26.39	29400	1.75		
	74	1340	23.59	2900	1.95		
	82	1210	21.23	28600	2.20		
	90	1090	19.23	28200	2.40		
	102	980	17.05	27600	2.60		
	113	890	15.42	27200	2.80		
	133	745	13.07	26400	3.10		
	152	655	11.41	25700	3.40		
64	1490	27.28	23700	1.10	S87 SF87 SA87 SAF87	DV160M4 155	
	71	1330	24.43	23400			1.20
	86	1110	20.27	22800			1.45
	88	1110	19.7	20400			1.15
	99	980	17.49	20200			1.25
	111	890	15.64	20000			1.40
	124	795	14.06	19800			1.55
	143	695	12.21	19400			1.80
	159	620	10.93	19100			2.00
	192	515	9.07	18600			2.20
	221	450	7.88	18100			2.20



**FSQ**

**TSNA-G Seal for SNK Housing**

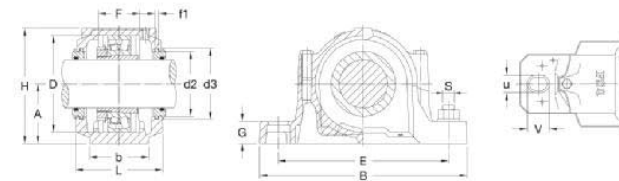
TSNG Seal can fit both metric & imperial shaft.



TSNA-G SEAL	SHAFT DIA. mm	SHAFT DIA. inch	
TSNG 507	30	1 1/8	1 3/16
TSNG 508	35	1 5/16	1 3/8
TSNG 509	40	1 1/2	1 9/16
TSNG 510	45	1 11/16	1 3/4
<b>TSNG 511</b>	<b>50</b>	<b>1 15/16</b>	<b>2</b>
TSNG 512	55	2 1/8	2 3/16
TSNG 513	60	2 1/4	2 5/16
TSNG 515	65	2 7/16	2 1/2
TSNG 516	70	2 11/16	2 3/4
<b>TSNG 517</b>	<b>75</b>	<b>2 15/16</b>	<b>3</b>
TSNG 518	80	3 3/16	3 1/4

**FSQ**

**SNK 500-600 Series**

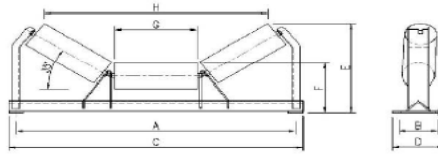


HOUSING No.	L	b	f1 H13	F H13	D H7	d2 H12	d3 H13	H	A h12	G	E	B	v	u	S	WEIGHT (kg)
SNK 505	67	46	5	25	52	31.5	39.5	72	40	19	130	165	20	13	10	1.50
SNK 506-605	77	52	5	32	62	36.5	44.5	87	50	22	150	185	20	13	10	2.00
SNK 507-606	82	52	5	34	72	46.5	54.5	92	50	22	150	185	20	13	10	2.32
SNK 508-607	85	60	5	30	80	51.5	59.5	106	60	25	170	205	20	15	12	2.80
SNK 509	85	60	5	30	85	56.5	64.5	108	60	25	170	205	20	15	12	3.10
SNK 510-608	90	60	5	41	90	62	70.5	112	60	25	170	205	20	15	12	3.31
<b>SNK 511-609</b>	<b>95</b>	<b>70</b>	<b>5</b>	<b>44</b>	<b>100</b>	<b>67</b>	<b>75.5</b>	<b>126</b>	<b>70</b>	<b>28</b>	<b>210</b>	<b>255</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>4.54</b>
SNK 512-610	105	70	5	48	110	72	80.5	132	70	30	210	255	24	18	16	5.47
SNK 513-611	110	80	5	51	120	77	85.5	147	80	30	230	275	24	18	16	6.60
SNK 515-612	115	80	5	56	130	87	95.5	153	80	30	230	280	26	18	16	7.30
SNK 516-613	120	80	5	58	140	92.0	101	174	95	32	260	315	28	22	20	9.95
<b>SNK 517</b>	<b>125</b>	<b>90</b>	<b>5</b>	<b>61</b>	<b>150</b>	<b>97.5</b>	<b>106</b>	<b>190</b>	<b>95</b>	<b>32</b>	<b>260</b>	<b>320</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>10.92</b>
SNK 518-615	140	100	5	65	160	102.5	111	190	100	35	300	345	28	22	20	13.90
SNK 519-616	145	100	6	68	170	131	141	209.5	112	35	290	345	28	22	20	15.00
SNK 520-617	160	110	6	70	180	137.5	147.5	214.5	112	40	320	380	32	26	24	18.80

# ANEXO G

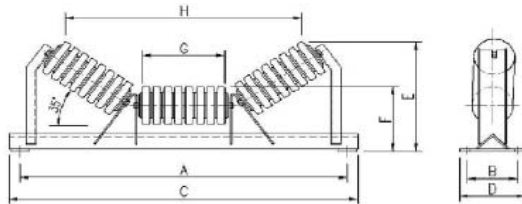


## NORMA CEMA



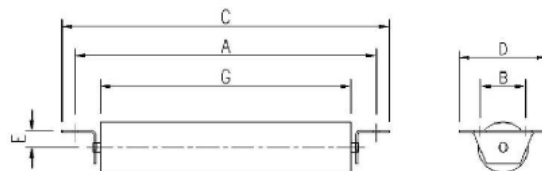
Tren de carga -Rodillos triples a 35°  
RODILLOS  $\Phi$  4.5"

No. PARTE TREN	WB	A	B	C	D	E	F	G	H	PESO RODILLO (KG)
242 30018	18"	686	152	749	184	327	216	188	514	5,98
242 36024	24"	838	152	892	184	357	216	241	654	6,74
242 42030	30"	991	152	1045	184	387	216	294	794	7,72
242 48036	36"	1143	152	1197	184	418	216	347	934	8,47
242 54042	42"	1295	190	1349	254	449	216	400	1073	9,23
242 60048	48"	1448	190	1502	254	480	218	453	1213	9,99



Tren de impacto -Rodillos triples a 35°  
RODILLOS  $\Phi$  4.5"

No. PARTE TREN	WB	A	B	C	D	E	F	G	H	PESO RODILLO (KG)
241 30218	18"	686	152	749	184	320	216	188	499	5,90
241 36224	24"	838	152	892	184	352	216	241	644	6,27
241 42230	30"	991	152	1045	184	376	216	294	765	6,85
241 48236	36"	1143	152	1197	184	409	216	347	911	7,88
241 54242	42"	1295	190	1349	254	442	216	400	1056	8,90
241 60248	48"	1448	190	1502	254	475	218	453	1202	9,57



Tren de retorno  
RODILLOS  $\Phi$  4.5"

No. PARTE TREN	WB	A	B	C	D	E	G	PESO RODILLO (KG)
242 30118	18"	686	102	746	202	38	571	11,68
242 36124	24"	838	102	898	202	38	724	13,68
242 42130	30"	991	102	1051	202	38	876	15,83
242 48136	36"	1143	102	1203	202	38	1029	18,24
242 54142	42"	1295	102	1355	202	38	1181	20,42
242 60148	48"	1448	102	1508	202	38	1333	22,29

## ANEXO H

TABLE: Steel Design 2 - PMM Details - AISC-LRFD93

Frame	DesignSect	Combo	Location	Pu	MuMajor	MuMinor	VuMajor	VuMinor	Tu	TotalRatio
Text	Text	Text	in	Kip	Kip-in	Kip-in	Kip	Kip	Kip-in	Unitless
943	L4X4X3/8	DSTL4	0	-2.12	-0.31	7.41	-0.02	0.43	0.02	0.19
944	L4X4X3/8	DSTL2	0	3.76	0.26	-10.59	-0.03	-0.38	0.00	0.27
945	L4X4X3/8	DSTL2	37.402	1.35	-2.24	-0.37	0.20	0.03	-0.06	0.06
946	L4X4X3/8	DSTL2	0	-1.16	-2.04	-4.02	-0.08	-0.11	-0.01	0.08
947	L4X4X3/8	DSTL2	0	-0.51	-0.03	0.73	-0.03	0.02	-0.02	0.02
948	L4X4X3/8	DSTL2	0	-1.16	-0.55	-0.08	-0.04	0.00	-0.01	0.02
949	L4X4X3/8	DSTL2	0	-0.60	-0.43	0.11	-0.04	0.00	-0.01	0.01
950	L4X4X3/8	DSTL2	0	-0.82	-0.48	0.05	-0.05	0.00	-0.01	0.02
951	L4X4X3/8	DSTL2	0	-0.42	-0.41	0.05	-0.05	0.00	0.00	0.01
952	L4X4X3/8	DSTL2	0	-0.49	-0.43	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
953	L4X4X3/8	DSTL1	47.244	0.41	-0.81	-0.08	0.07	0.00	-0.01	0.02
954	L4X4X3/8	DSTL1	47.244	-0.82	1.30	-0.30	0.01	0.01	-0.01	0.04
955	L4X4X3/8	DSTL2	0	2.17	-1.71	-0.42	-0.12	-0.01	0.03	0.05
956	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	1.30	-1.70	0.16	0.18	-0.01	-0.02	0.05
957	L4X4X3/8	DSTL2	0	1.68	-1.51	0.09	-0.16	0.02	0.01	0.05
958	L4X4X3/8	DSTL2	0	1.94	-1.36	0.07	-0.16	0.00	0.00	0.04
959	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	1.01	-1.37	0.24	0.16	-0.03	-0.01	0.04
960	L4X4X3/8	DSTL2	0	1.02	-1.34	0.10	-0.16	0.00	0.00	0.04
961	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	0.44	-1.34	0.19	0.16	-0.02	-0.01	0.04
962	L4X4X3/8	DSTL2	0	0.39	-1.33	0.10	-0.17	0.00	0.00	0.03
963	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	41.509	-3.68	0.19	-1.71	0.00	0.06	0.00	0.34
964	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	0.23	-0.44	-1.77	-0.02	-0.05	0.00	0.22
965	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	45.644	-1.09	-0.05	-1.27	0.01	0.04	0.00	0.20
966	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	0.08	-0.04	-1.20	0.00	-0.03	0.00	0.15
967	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	45.644	-0.88	-0.08	-0.80	0.01	0.02	0.00	0.13
968	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	0	-0.24	-0.02	-0.90	0.00	-0.03	0.00	0.12
969	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	45.644	-0.07	-0.09	-0.93	0.01	0.03	0.00	0.12
970	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	0	-0.13	-0.02	-0.92	0.00	-0.03	0.00	0.12
971	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	45.644	-0.17	-0.09	-0.87	0.01	0.03	0.00	0.11
972	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	0	-0.04	-0.05	-0.86	0.00	-0.03	0.00	0.11
973	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	45.644	-0.28	-0.07	-0.73	0.01	0.02	0.00	0.10
974	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	0	0.14	-0.05	-0.71	0.00	-0.02	0.00	0.09
975	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	45.644	-0.46	-0.06	-0.51	0.01	0.02	0.00	0.08
976	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL5	0	0.12	-0.06	-0.52	-0.01	-0.02	0.00	0.07
977	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL5	45.644	-0.45	-0.04	-0.35	0.01	0.01	0.00	0.06
978	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	-0.28	-0.03	-0.46	0.00	-0.01	0.00	0.07
979	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	45.644	-0.17	-0.10	-0.48	0.01	0.01	0.00	0.06
980	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	-0.31	-0.04	-0.51	0.00	-0.01	0.00	0.07
981	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	45.644	-1.69	0.39	0.69	-0.01	-0.02	0.00	0.12
982	L4X4X3/8	DSTL1	46.102	2.29	-2.68	0.25	0.17	-0.03	0.03	0.08
983	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	0	1.51	-0.43	0.79	-0.02	0.03	0.00	0.14
984	L4X4X3/8	DSTL1	22.874	-1.92	-6.65	0.22	0.42	-0.01	-0.01	0.17
985	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL1	39.291	-3.15	-0.03	1.37	0.00	-0.06	0.00	0.27
986	L4X4X3/8	DSTL2	24.913	-2.30	-1.66	6.30	0.09	-0.19	-0.17	0.18
987	L4X4X3/8	DSTL2	0	-0.10	1.89	-5.97	0.11	-0.26	0.00	0.16
988	L4X4X3/8	DSTL3	37.402	1.46	-1.61	-0.07	0.15	0.01	0.00	0.04
989	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
990	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
991	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
992	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
993	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
994	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
995	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
996	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
997	L4X4X3/8	DSTL1	0	-0.02	-0.40	0.00	-0.05	0.00	0.00	0.01
998	L4X4X3/8	DSTL3	0	0.80	-1.59	-0.08	-0.14	0.00	0.01	0.04
999	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	0.63	-1.30	0.33	0.16	-0.02	0.02	0.04
1000	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	1.33	-1.20	0.40	0.16	-0.04	0.02	0.04
1001	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	0.67	-1.22	0.38	0.15	-0.02	0.03	0.04
1002	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	1.11	-1.25	0.36	0.16	-0.04	0.02	0.04
1003	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	0.65	-1.24	0.33	0.15	-0.02	0.02	0.04
1004	L4X4X3/8	DSTL2	47.244	0.88	-1.29	0.28	0.16	-0.03	0.02	0.04
1005	L4X4X3/8	DSTL2	0	0.52	-1.30	0.16	-0.16	0.01	-0.02	0.03
1006	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	41.509	-0.23	-0.23	3.01	0.02	-0.10	0.00	0.40
1007	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	-1.42	0.09	1.95	0.00	0.04	0.00	0.30
1008	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	45.644	0.61	-0.23	1.96	0.02	-0.04	0.00	0.27
1009	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	-1.36	0.07	1.97	0.00	0.05	0.00	0.30
1010	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	45.644	0.52	-0.22	1.94	0.02	-0.05	0.00	0.27
1011	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	-1.06	0.07	1.92	0.00	0.05	0.00	0.28
1012	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	45.644	0.63	-0.19	1.91	0.02	-0.05	0.00	0.26
1013	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	-0.95	0.05	1.86	0.00	0.05	0.00	0.27
1014	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	45.644	0.55	-0.18	1.81	0.02	-0.05	0.00	0.25
1015	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	0	-0.85	0.05	1.74	0.00	0.05	0.00	0.25
1016	L2-1/2X2-1/2X3/16	DSTL2	45.644	0.44	-0.18	1.71	0.02	-0.04	0.00	0.23





## ANEXO J

### PLANTILLA DE PRESUPUESTO

Obras Metal Mecánicas para Cancha de Nitratos Proyecto Antapaccay

Se considera el suministro fabricación y montaje de la nave de almacenamiento de nitratos y faja transportadora de nitratos que llega a una tolva de recepción

Item	Descripcion	Und	Cant	P.Unit	Parcial	Sub Total
<b>1.0.0</b>	<b>Obras Preliminares</b>					<b>269,078.238</b>
1.1	Ingeniería	kg	125,104.59	0.20	25,020.92	
1.2	Procura	glb	1.00	244,057.32	244,057.32	
<b>2.0.0</b>	<b>Fabricación de Estructuras</b>					<b>477,603.566</b>
<b>2.1.0</b>	<b>Nave para almacenamiento de nitratos</b>					<b>401,555.800</b>
2.1.1	Nave industrial con columnas de perfiles metálicos, arriostres, tijerales de acero, arriostres en cobertura y viga carrilera	kg	102,737.00	3.40	349,305.80	
2.1.2	Cobertura de nave con plancha plegada	m2	2,750.00	19.00	52,250.00	
<b>2.2.0</b>	<b>Faja y tolva de nitratos</b>					<b>76,047.766</b>
2.2.1	Faja transportadora 24", inc. Alimentador o chute de descarga, estructura metálica de soporte, faja, pasarela lateral para mantto, equipos (motores),	kg	8,721.07	3.40	29,651.64	
2.2.2	Tolva de 30 tn para nitratos con sistema de abertura para alimentacion y estructura de soporte	kg	13,645.92	3.40	46,396.13	
<b>3.0.0</b>	<b>Montaje</b>					<b>158,985.000</b>
<b>3.1.0</b>	<b>Nave para almacenamiento de nitratos</b>					<b>158,985.000</b>
3.1.1	Nave industrial con columnas de perfiles metálicos, arriostres, tijerales de acero, arriostres en cobertura y viga carrilera	kg	102,737.00	1.50	154,105.50	
3.1.2	Cobertura de nave con plancha plegada	m2	3,253.00	1.50	4,879.50	
<b>3.2.0</b>	<b>Faja y tolva de nitratos</b>					<b>33,550.485</b>
3.2.1	Faja transportadora 24", inc. Alimentador o chute de descarga, estructura metálica de soporte, faja, pasarela lateral para mantto, equipos (motores),	kg	8,721.07	1.50	13,081.61	
3.2.2	Tolva de 30 tn para nitratos con sistema de abertura para alimentacion y estructura de soporte	kg	13,645.92	1.50	20,468.88	
<b>CostoDirecto</b>						<b>\$ 905,666.804</b>
<b>Gastos Generales</b>						23.5% <b>\$ 212,831.699</b>
<b>Financiamiento</b>						1.5% <b>\$ 13,585.002</b>
<b>Utilidad</b>						10% <b>\$ 90,566.680</b>
<b>Sub-Total (Sin IGV)</b>						<b>\$ 1,209,065.183</b>

**ANEXO K**

**GERENCIA :**  
**SUPERINTENDENCI**  
**PROCESO :**  
**FECHA:**  
**VERSIÓN:**

Montaje de Estructuras para Galpón de Cancha de Nitratos

Equipo Evaluador:

Jerarquía de Controles - Orden de Prioridad	
1	Eliminación
2	Sustitución
3	Ingeniería / Aislamiento
4	Control Administrativo (Señalización, Capacitación, Normas, PET, AST, PASS, EPP básico o especial
5	

Sub Proceso / Etapas del Proceso	R / NR	Tarea	Peligro HS / Aspecto Ambiental o Social	Riesgo / Impacto Ambiental o Social	Consecuencias del Riesgo o de los Impactos	HSEC	P	C	RP	Descripción de las Medidas de Control Actuales				P	C	RR	Acción de Mejora	Quién / Cuando	
										Eliminación	Sustitución	Ingeniería o Aislamiento	Control Administrativo						Equipo de Protección Personal (EPP)
NR	Armado de Andamios en Zona de Trabajo	Andamios sub estandar	Caidas a diferente nivel (personas, herramientas), colapso de andamio	Fatalidad, incapacidad total, lesiones graves, lesiones leves	S	C	4	18				Check list de los andamios Demarcación de zona de armado y zona de influencia, personal capacitado		D	4	14			
		Forma de herramientas	Atrapamiento, contacto con herramientas	Cortes, lesiones	S	C	2	8				Buena Manipulación de Cargas		D	3	9			
		Condiciones climaticas adversas (tormenta, lluvia intensa, granizada, neblina, nevada)	Descargas eléctricas, hipotermia, colisión, volcadura o despiste, baja visibilidad , superficies resbalosas.inundaciones, alud	Fatalidad, incapacidad total, lesiones graves , lesiones leves , daño a la propiedad, detención del proceso productivo.	S	C	4	18		Suspender las tareas en alerta naranja. Evacuar de la zona de trabajo Vehiculo para resguardo	Aterramiento de contenedores	Procedimiento ante condiciones climaticas adversas, estar atento a las alertas, uso de radio para estado de alerta.		E	4	10		Supervisor HSEC . Constante	
		Pisos resbaladizos	Caidas a nivel	Caidas, golpes	S	C	2	8		Limpieza y mantenimiento de pisos		Colocar superficies anti-deslizantes		D	2	5			
		Ergonomicos, levantar carga	Manipulación manual de objetos y herramientas	Lesiones de columna lumbar,hernias	H.	C	4						Peso maximo a cargar por cada persona es de 25 Kg.	Uso de EPPs basicos	D	4	14		
		Falta de demarcación de área de trabajo	Exposición a áreas de peligro	Lesiones graves y/o fatalidad, daños a la propiedad	S	C	2	8				Demarcar con cinta roja, conos y balizas de seguridad		D	2	5			
		Trabajo en altura	Herramientas u objetos en altura	Caida de objetos u herramientas	S	C	3	13					Sujetar las herramientas al momento de realizar el trabajo en altura		D	3	9		
			Caidas a diferente nivel	Fatalidad, lesiones graves	S	C	4	18				Demarcación con barrera solida de area de trabajo	Permiso de Trabajo en altura	Uso de sistema contra caídas , arnes y linea de vida.	D	4	14		Supervisor HSEC . Constante
		Manipulación de Herramientas	Atrapamiento, cortes profundos, golpes.	Traumatismos, politraumatismos, fatalidad.	S	C	3	13					Personal capacitado y autorizado	Uso de EPP, adecuado	D	3	9		
		NR	Montaje de Columnas, Planchas	Material particulado	Inhalación de material particulado	Asfixia, meumoconiosis, silicosis, asma ocupacional, conjuntivitis	S	C	3	13			Sistema de ventilación		Usar respirador antipolvo.	D	3	9	
Falta de demarcación de área de trabajo	Exposición a áreas de peligro			Lesiones graves y/o fatalidad, daños a la propiedad	S	C	2	8			Barreras duras de ser necesario, cinta roja, conos y balizas de seguridad			D	2	5			
Condiciones climaticas adversas (tormenta, lluvia intensa, granizada, neblina, nevada)	Descargas eléctricas, hipotermia, colisión, volcadura o despiste, baja visibilidad , superficies resbalosas.inundaciones, alud			Fatalidad, incapacidad total, lesiones graves , lesiones leves , daño a la propiedad, detención del proceso productivo.	S	C	4	18		Suspender las tareas en alerta naranja. Evacuar de la zona de trabajo Vehiculo para resguardo	Aterramiento de contenedores	Procedimiento ante condiciones climaticas adversas, estar atento a las alertas, uso de radio para estado de alerta.		E	4	10		Supervisor HSEC . Constante	
Cargas suspendidas	Caida de cargas suspendidas			Fatalidad (aplastamiento),lesiones graves, daños a la propiedad.	S	C	4	18				Demarcación con barrera solida de area de trabajo	Check list de elementos de tiraje Check list de camión grúa Check list de operador Aplicación Guía N° 07 Operación de Izaje y Levantamiento Demarcación de zona de fuego y zona de influencia de la carga Uso de Tabla de cargas y distancias de giro.	Uso de EPP adecuado (guantes de cuero)	D	4	14		Supervisor HSEC . Constante



de Apoyo.

Potencial derrame de combustible	Contaminación del suelo , contaminación n del sgua	Acumulación de compuestos orgánicos, cambio de la composición del suelo, afectación de microfauna del suelo, afectación de flora y/o cultivos, cambio de PH, afectación a fauna, presencia de malos olores.	E	D	3	9			Check list diario de vehículos. Uso de MSDS de combustible.	E	3	6			
	Atropellos	Fatalidad, lesión grave	S	C	4	18			Uso de luces bajas permanentes		D	4	14		
	Volcadura	Fatalidad, lesión grave, daños a la propiedad	S	C	4	18			Uso de luces bajas permanentes Uso de cinturón de seguridad de 03 puntos	Check list de vehículos Aplicación de guía N° 01 Vehículos livianos Aplicación de manejo defensivo Respeto a Normas de Tránsito	D	4	14		
Vehículo auxiliar articulado en movimiento (grúa de 16 Tn).	Despiste	Fatalidad, lesión grave, daños a la propiedad	S	C	4	18			Uso de luces bajas permanentes	Check list de vehículos Aplicación de guía N° 01 Vehículos livianos Aplicación de manejo defensivo Respeto a Normas de Tránsito	D	4	14		
Montaje de Estructuras	Falta de demarcación de área de trabajo	Exposición a áreas de peligro	Lesiones graves y/o fatalidad, daños a la propiedad	S	C	2	8		Barreras duras de ser necesario, cinta roja, conos y balizas de seguridad		D	2	5		
	Cargas suspendidas	Caída de cargas suspendidas	Fatalidad (aplastamiento), lesiones graves, daños a la propiedad.	S	C	4	18		Demarcación con barrera solida de area de trabajo	Check list de elementos de izaje Check list de camión grúa Check list de operador Aplicación Guía N° 07 Operación	Uso de EPP adecuado (guantes de cuero)	D	4	14	Supervisor HSEC . Constante
	Condiciones climáticas adversas (tormenta, lluvia intensa, granizada, neblina, nevada)	Descargas eléctricas, hipotermia, colisión, volcadura o despiste, baja visibilidad , superficies resbalosas, inundaciones, alud	Fatalidad, incapacidad total, lesiones graves , lesiones leves , daño a la propiedad, detención del proceso productivo.	S	C	4	18	Suspender las tareas en alerta naranja. Evacuar de la zona de trabajo Vehículo para resguardo	Aterramiento de contenedores	Procedimiento ante condiciones climáticas adversas, estar atento a las alertas, uso de radio para estado de alerta.	E	4	10	Supervisor HSEC . Constante	
Vehículo auxiliar articulado en movimiento (grúa de 16 Tn).	Atropellos	Fatalidad, lesión grave	S	C	4	18			Uso de luces bajas permanentes	Check list de vehículos Aplicación de guía N° 01 Vehículos livianos Aplicación de manejo defensivo	D	4	14		
	Volcadura	Fatalidad, lesión grave, daños a la propiedad	S	C	4	18			Uso de luces bajas permanentes Uso de cinturón de seguridad de 03 puntos	Check list de vehículos Aplicación de guía N° 01 Vehículos livianos Aplicación de manejo defensivo Respeto a Normas de Tránsito	D	4	14		
	Despiste	Fatalidad, lesión grave, daños a la propiedad	S	C	4	18			Uso de luces bajas permanentes	Check list de vehículos Aplicación de guía N° 01 Vehículos livianos Aplicación de manejo defensivo Respeto a Normas de Tránsito	D	4	14		
Potencial derrame de combustible	Contaminación del suelo , contaminación n del sgua	Acumulación de compuestos orgánicos, cambio de la composición del suelo, afectación de microfauna del suelo, afectación de flora y/o cultivos, cambio de PH, afectación a fauna, presencia de malos olores.	E	D	3	9			Check list diario de vehículos. Uso de MSDS de combustible.	E	3	6			
Soldadura	Contacto con partículas de soldadura	Quemaduras, cortes, lesiones leves	S,E	C	4	18			Uso de bombos	Elaboración diaria de AST y reuniones PASS. Check list de equipos electricos, cables y conexiones. Uso de EPP especializado para trabajos en caliente. Manener hojas MSDS de gases comprimidos y sustancias inflamables. Retirar por lo menos a 20 mts. sustancias inflamables. Demarcar y señalizar el area. Usar bombos, carpa y manta ignifuga.	Uso de EPP Básico	D	4	14	Supervision permanente
	Destello de soldadura	Exposición Directa a Radiación	Quemaduras de retina, fotoconjuntivitis, cataratas,	H	C	4	18			Elaboración diaria de AST y Uso de respiradores para gases Uso de equipo de cuero Uso de mascara de soldador	Uso de EPP Basico	E	4	10	Supervisor HSEC . Constante
	Condiciones climáticas adversas (tormenta, lluvia intensa, granizada, neblina, nevada)	Descargas eléctricas, inundaciones, deslizamientos de material, baja visibilidad, superficies resbalosas	Fatalidad, incapacidad total, lesiones graves, lesiones leves, daño a la propiedad, detención del proceso productivo.	S	C	4	18	Suspender las tareas. Evacuar de la zona de trabajo Vehículo para resguardo	Aterramiento de contenedores	Procedimiento ante condiciones climáticas adversas, estar atento a las alertas, uso de radio para estado de alerta.	Uso de EPP Básico	E	4	10	Supervisión permanente, atento a alerta roja indicada en radio Supervisor HSEC . Constante

ESTRUCTURAS METALICAS

R Proceso de Soldadura en Estructuras en terreno.

Proyección de materiales (partículas, fragmentos)	Incrustación	Cortes en la piel, Lesiones Graves (Ocular)	S	C	4	18			Elaboración y revisión de AST, CheckList de equipos y herramientas.	Uso de guantes de cuero, uso de respirador media cara de silicona 2097 , uso de tapón de oído, uso de escarpines, uso de careta de alto impacto	D	4	14	Supervisión permanente	
Ruido ambiental	Contaminación del aire Afectación de la fauna	Afectación de fauna Afectación a personas externas	E	C	3	13			Elaboración y revisión de AST.		D	3	9		
Ruido Industrial	Exposición a ruido continuo o de impacto	Pérdida auditiva progresiva (Hipoacusia)	H	C	3	13			Elaboración y revisión de AST.	EPP Básico, tapones auditivos.	D	3	9		
Radiación no ionizante (electromagnética)	Operación equipos eléctricos	Quemadura de retina	S	C	4	18			Elaboración y revisión de AST, CheckList de equipos y herramientas.	Uso de EPP, Básico. Careta de soldadura, ropa de cuero	D	4	14		
Generación de gases de soldadura	Contaminación de aire, calentamiento global	Cambio climático	E	D	3	9				Uso de EPP basico	E	3	6		
Radiación	Contaminación del aire	Afectación de fauna, afectación a las personas externas.	E	D	3	9				Uso de carpas, uso de ropa de cuero, careta de soldador	E	3	6		
Generación de residuos (metálicos, colillas)	Contaminación al suelo	Acumulación de metales pesados, cambio en la composición del suelo, afectación de microfauna del suelo	E	B	2	12			Elaboración y revisión de AST. Buena segregación de residuos, reciclaje de residuos.	Uso de EPP Básico	C	2	8		
Incumplimiento del proc. Orden y Limpieza	Falta de orden y limpieza	Caídas, golpes, tropezones, Incendios (amagos)	S	C	2	8			Elaboración de AST y reuniones PASS	Uso de EPP. Básico	D	2	5		
Humos metálicos (soldaduras)	Inhalación o exposición a	Fiebre de cobre, Asma Ocupacional, Asfisia, Alergias, Cáncer	H	C	3	13			Elaboración y revisión de AST.	EPP Básico, respirador de silicona de media cara con filtros 2097	D	3	9		
Potencial incendio	Exposición y contacto. Contaminación del aire.	Asfisia, intoxicación. Lluvia ácida, cambio climático.	S,E	C	3	13		Uso de extintor cerca	Permiso para trabajo en calor.	EPP respiratorio, contra gases, ropa de cuero.	D	3	9		
Condiciones ergonómicas inadecuadas	Posturas inadecuadas , sobre esfuerzos durante la labor	Lumbalgias, inflamación de tendones, mialgias, dolor de cuello en región cervical, síndrome de túnel carpiano, tensión muscular	S,H	C	3	13			Buena manipulación manual de cargas, trabajo en equipo, el peso máximo que puede cargar una persona es 25 kg.	Uso de EPP Básico	D	3	9		
Material particulado	Inhalación de material particulado.	Neumoconiosis, Silicosis, Asma Ocupacional, Asfisia,, Conjuntivitis (irritación visual)	S	C	3	13			Mantener el area ordenada	Uso de EPPs basicos (guantes de cuero,respirador de gases)	D	3	9		
Preparación de pintura, sustancias químicas orgánicas, restos con pintura, latas.	Exposición o contacto, derrame , salpicaduras, explosión ,incendio,inhalación.	Fatalidad, asficia , asma ocupacional,quemaduras ,dermatitis,lesiones oculares , conjuntivitis,contaminación ambiental.	H,S,E	B	3	17			antener el area de trabajo ordenada, contar con una bandeja antiderrame,contar con las hojas MSDS en el punto de trabajo de la pintura.	Uso de EPPs basicos(guantes de nitrilo,respirador para gases,traje tyvek)	C	3	13		
NR Pintado y Resane de Estructuras	Aplicación de pintura con apoyo de Andamios, trabajos en altura. herramientas	Caídas a diferente nivel, caída de Lesiones graves ,fatalidad, paro cardiaco.	H,S,E	C	4	18		Suspender las tareas	PET (uso permanente de su punto de anclaje), Personal capacitado y autorizado, Personal capacitado y autorizado, Delimitar area de trabajo, Check list de arnes y línea de vida, Uso de bandeja	Uso de EPPs basicos(Guantes de jebe,respirador para gases,traje tyvek, arnes)	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante

	Limpieza de Accesorios de pintado, sustancias químicas orgánicas.	Exposición o contacto, derrame, salpicaduras, explosión, incendio, inhalación.	Fatalidad, asficia, asma ocupacional, quemaduras, dermatitis, lesiones oculares, conjuntivitis, contaminación ambiental.	H,S,E	B	3	17			Mantener el área de trabajo ordenada, contar con una bandeja antiderrame	Uso de EPPs básicos (Guantes de jefe, respirador para gases, traje tyvek)	D	3	9				
	Condiciones climáticas adversas (tormenta, lluvia intensa, granizada, neblina, nevada)	Descargas eléctricas, hipotermia, colisión, volcadura o despiste, baja visibilidad, superficies resbalosas, inundaciones, alud	Fatalidad, incapacidad total, lesiones graves, lesiones leves, daño a la propiedad, detención del proceso productivo.	S	C	4	18	Suspender las tareas en alerta naranja. Evacuar de la zona de trabajo Vehículo para resguardo	Aterramiento de contenedores	Procedimiento ante condiciones climáticas adversas, estar atento a las alertas, uso de radio para estado de alerta.		E	4	10		Supervisor HSEC . Constante		
	Condiciones ergonómicas inadecuadas	posturas inadecuadas, sobreesfuerzos durante la labor.	Lumbalgias, inflamación de tendones, migrañas, dolor de cuello en región cervical.	S	C	3	13			No levantar más de 25 Kg. por persona, Comunicación constante, no exponer manos a línea de fuego.	Uso de EPPs básicos, guantes de seguridad	D	3	9				
	Trabajos en altura, traslado de correas.	Herramientas u objetos en altura	Caída de objetos u herramientas	S	C	3	13			Sujetar las herramientas al momento de realizar el trabajo en altura		D	3	9				
		Caída a diferente nivel, caída de correas.	Fatalidad, lesiones graves, paro cardíaco.	S	C	4	18			uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización, Delimitar área de trabajo, Check list de arnes y línea de vida, Tener permiso de Trabajo en Altura.	Uso de EPPs básicos, Uso de arnes y línea de vida.	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC . Constante		
	Atropellos		Fatalidad, lesión grave	S	C	4	18		Uso de luces bajas permanentes	Check list de vehículos Aplicación de guía N° 01 Vehículos livianos Aplicación de manejo defensivo Respeto a Normas de Tránsito		D	4	14				
	Vehículo auxiliar articulado en movimiento	Volcadura	Fatalidad, lesión grave, daños a la propiedad	S	C	4	18		Uso de luces bajas permanentes Uso de cinturón de seguridad de 03 puntos	Check list de vehículos Aplicación de guía N° 01 Vehículos livianos Aplicación de manejo defensivo Respeto a Normas de Tránsito		D	4	14				
NR	Montaje de Correas de Techo, Tensores y Arriostres	Despiste	Fatalidad, lesión grave, daños a la propiedad	S	C	4	18		Uso de luces bajas permanentes	Check list de vehículos Aplicación de guía N° 01 Vehículos livianos Aplicación de manejo defensivo Respeto a Normas de Tránsito		D	4	14				
		Cargas suspendidas	Caída de cargas suspendidas	Fatalidad, aplastamiento, lesiones graves, daño a la propiedad.	S	C	4	18			personal capacitado y autorizado, Check list de camión grúa, check list de equipo de izaje, mantenerse alejado de la carga suspendida.	Uso de EPPs básicos (guantes de cuero)	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante	
		Colocado de Correas, tensores y arriostres	Caída a desnivel, caída de carga suspendida.	Lesiones Graves y/o Fatalidad, aplastamiento, Daño a la propiedad	S	C	4	18	Suspender las tareas.		uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización, Delimitar área de trabajo, Check list de arnes y línea de vida,	Uso de EPPs, uso de arnes.	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante	
		Trabajos en altura, Alineación de Correas	Herramientas u objetos en altura	Caída de objetos u herramientas	S	C	3	13			Sujetar las herramientas al momento de realizar el trabajo en altura		D	3	9			
			Caída a diferente nivel.	Lesiones graves y/o Fatalidad, paro cardíaco.	S	C	4	18	Suspender las tareas.		uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización, Delimitar área de trabajo, Check list de arnes y línea de vida, tener permiso de trabajo en altura.	Uso de EPPs, uso de arnes, y línea de vida.	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante	
			Condiciones climáticas adversas (tormenta, lluvia intensa, granizada, neblina, nevada)	Descargas eléctricas inundaciones, deslizamientos de material, baja visibilidad, superficies resbalosas.	Fatalidad, incapacidad total, lesiones graves, lesiones leves, daño a la propiedad, detención del proceso productivo.	S	C	4	18	Suspender las tareas en alerta naranja. Evacuar de la zona de trabajo		Atentos a alertas climatológicas, unidades móviles permanentes en punto de trabajo, usar las móviles como refugio.		D	4	14		
			Cargas suspendidas	Caída de cargas suspendidas	Fatalidad, aplastamiento, lesiones graves, daño a la propiedad.	S	C	4	18			Personal capacitado y autorizado, mantenerse alejado de la carga suspendida.	Uso de EPPs básicos (guantes de cuero)	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante
			Condiciones ergonómicas inadecuadas	posturas inadecuadas, sobreesfuerzos durante la labor.	Lumbalgias, inflamación de tendones, migrañas, dolor de cuello en región cervical.	S,H	C	3	13			No levantar más de 25 Kg. por persona, Comunicación constante, no exponer manos a línea de fuego.	Uso de EPPs básicos, guantes de seguridad	D	3	9		



R	Izaje Manual de Correas	Izaje Manual de Carga	Herramientas u objetos en altura	Caída de objetos u herramientas	S,H	C	3	13				Sujetar las herramientas al momento de realizar el trabajo en altura		D	3	9			
			Caída a diferente nivel, caída de carga (correas).	Fatalidad , lesiones graves , paro cardiaco.	S,H	C	4	18				uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización,Delimitar area de trabajo, Check list de arnes y linea de vida, Tener permiso de Trabajo en Altura.	Uso de EPPs basicos, Uso de arnes y linea de vida.	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC , Constante	
		Trabajos en altura , Alineacion de Correas con apoyo de andamios	Caída de objetos u herramientas	Lesiones graves, lesiones leves, fatalidad.	S,H	C	3	13				Sujetar las herramientas al momento de realizar el trabajo en altura		D	3	9			
			Caída a diferente nivel.	Lesiones graves y/o Fatalidad, paro cardiaco.	S,H	C	4	18	Suspender las tareas.			uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización,Delimitar area de trabajo, Check list de arnes y linea de vida, tener permiso de trabajo en altura.	Uso de EPPs, uso de arnes, y linea de vida.	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante	
NR	Montaje de Coberturas ( Tipo Precor) y Canaleta	Ascenso por Andamios, andamios	Caídas a diferente nivel, personas herramientas, colapso de andamio.	Fatalidad, incapacidad total, lesiones graves, lesiones leves.	S	C	4	18				uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización,Delimitar area de trabajo, Check list de arnes y linea de vida -tener permiso de uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización,Delimitar area de trabajo, Check list de arnes y linea de vida.	Uso de EPPs basicos, Uso de arnes.	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante	
		Izaje de Cobertura, carga suspendida	Caída de cargas suspendidas	Fatalidad , aplastamiento, lesiones graves, daño a la propiedad.	S	C	4	18	Suspender las tareas			uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización,Delimitar area de trabajo, Check list de arnes y linea de vida.	Uso de EPPs Basicos,Arnes, linea de vida.	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante	
		Fijación de Cobertura en correa	Caída a desnivel, caída de carga, cortes, golpes.	Lesión grave y/o fatalidad, daños a la propiedad	S	C	4	18	Suspender las tareas			uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización,Delimitar area de trabajo, Check list de arnes y linea de vida.Linea de Vida para	Uso de EPPs Basicos(guantes de seguridad),Arnes	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante	
		Trabajos en altura , colocado de canaletas	Caída de objetos u herramientas	Lesiones graves y/o fatalidad, daños a la propiedad	S	C	3	13				Sujetar las herramientas al momento de realizar el trabajo en altura		D	3	9			
			Caída a diferente nivel.	Lesiones graves y/o Fatalidad, paro cardiaco.	S	C	4	18	Suspender las tareas.			uso permanente de su punto de anclaje, Personal capacitado y autorizado, Señalización,Delimitar area de trabajo, Check list de arnes y linea de vida.	Uso de EPPs, uso de arnes.	D	4	14	Comunicación y sensibilización con personal involucrado.	Supervisor HSEC Constante	
		Falta de señalización en instalaciones	Exposición a áreas de peligro	Lesiones Graves y/o Fatalidad ,daños a la propiedad.	S	D	4	14				Señalizar y demarcar el area de trabajo		E	4	10			
Elaborado por: Capataz		Revisado: Supervisor Mecánico:	Revisado: Residente de Obra	Aprobado: Supervisor					V"B": Supervisor										
Fecha:.....		Fecha:.....	Fecha:.....	Fecha:.....					Fecha:.....										
Firma:.....		Firma:.....	Firma:.....	Firma:.....					Firma:.....										

1961

## ANEXO L

<b>PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO</b>	<b>Código:</b> PETS01 – 2014 V.001	<b>FECHA DE EMISIÓN</b>													
	<b>PROCESO:</b> OBRAS MECANICAS	<b>FECHA DE REVISIÓN:</b>													
	<b>TAREA:</b> Montaje de Estructuras	<b>NIVEL DE RIESGO PURO:</b>													
		<b>ÁREA:</b>													
<b>ACTIVIDAD DE ALTO RIESGO ASOCIADA(HHA):</b> Trabajo en Altura Operación de Izaje y Levantamiento	<b>PERSONAL RESPONSABLE:</b>	<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (ESPECÍFICO):</b> Básico, guantes cuero, tapones de oídos, cortaviento, barbiquejo.													
<b>CONSIDERACIONES GENERALES/RESTRICCIONES:</b> <b>Está Prohibido:</b> <b>Trabajar sin permiso de trabajo</b> <b>Realizar trabajos en altura sin contar con arnés y línea de vida.</b> <b>Es Obligatorio:</b> <b>Demarcar el área de trabajo y autorizar el ingreso solo a personal involucrado.</b>	<b>Referencia Legal/otros:</b> <b>DS 055-2010</b> Guía N°01 Equipo Liviano Guía N°02 Equipo Móvil de Superficie	<table border="1"> <thead> <tr> <th>EQUIPOS</th> <th>MATERIALES</th> <th>HERRAMIENTAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Camión Grúa</td> <td></td> <td>Sogas</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Andamios</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Arnés y línea de vida</td> </tr> </tbody> </table>		EQUIPOS	MATERIALES	HERRAMIENTAS	Camión Grúa		Sogas			Andamios			Arnés y línea de vida
EQUIPOS	MATERIALES	HERRAMIENTAS													
Camión Grúa		Sogas													
		Andamios													
		Arnés y línea de vida													

## ANEXO L

ETAPAS DE LA TAREA	RIESGO/ASPECTO	PROCEDIMIENTO
1.- Planificación de la tarea e identificación de peligros y evaluación de riesgos y controles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconocimiento de la actividad y de PETS y falta de AST.</li> <li>• Falta y/o falla en la comunicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difusión de metas, objetivos y tareas.</li> <li>• Tener los permisos aprobados y firmados por los Supervisores y Asesores de Proyecto.</li> <li>• Charla PASS.</li> <li>• Difusión de Matriz IPERC.</li> </ul>
2.- Inspección de equipos y herramientas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Golpes en las manos y distintas partes del cuerpo.</li> <li>• Caídas a nivel.</li> <li>• Tropezos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la inspección de los equipos verificando que todos los componentes y accesorios se encuentren en buen estado.</li> <li>• Comunicar a supervisión las condiciones sub-estándar.</li> <li>• Verificar que los equipos cuenten con la inspección trimestral y con su respectivo rotulado.</li> <li>• Check-list de equipos y herramientas.</li> </ul>
3.- Traslado de equipos herramientas y materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas a nivel.</li> <li>• Golpes en distintas partes del cuerpo</li> <li>• Tropezos.</li> <li>• Resbalones.</li> <li>• Insolación.</li> <li>• Herramientas inadecuadas.</li> <li>• Equipos en mal estado.</li> <li>• Equipos defectuosos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Checklist de herramientas y equipos.</li> <li>• Verificación de la correcta ubicación de los equipos y la no interferencia con los accesos normales.</li> <li>• Verificación de inspección trimestral de herramientas y equipos.</li> <li>• Desechar herramientas en mal estado.</li> <li>• Comunicar a supervisión las condiciones sub-estándar.</li> <li>• Todo el personal deberá contar con el EPP adecuado, completo y en buen estado, así mismos los equipos deberán estar en buen estado y operativos.</li> </ul>



ANEXO L

<p>4.- Demarcación de área de trabajo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas a nivel.</li> <li>• Tropiezos.</li> <li>• Resbalones.</li> <li>• Golpes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección de la zona de trabajo, amplitud, condiciones, entorno y acceso.</li> <li>• Uso de conos, cinta roja y cintas de seguridad de ser necesario.</li> <li>• Uso de capuchones para varillas de demarcación.</li> <li>• Transitar por zonas seguras.</li> <li>• Comunicar a supervisión las condiciones inseguras observadas.</li> </ul>
<p>5.-Instalación y ubicación de camión Grúa 20 Tn.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atropellos.</li> <li>• Fugas de hidrocarburos.</li> <li>• Mala postura del operador.</li> <li>• Daños a terceros</li> <li>• Lesiones.</li> <li>• Daños corporales ocasionados por el camión grúa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Señalizar y demarcar el área de trabajo, para impedir el acceso de personas ajenas a la obra.</li> <li>• Dar la vuelta de gallo, verificando los principales componentes del equipo.</li> <li>• La grúa debe de estar nivelada, estabilizada y asentada sobre tacos de madera.</li> <li>• Asignar un vigía con radio y paletas, para el monitoreo del trabajo del camión grúa.</li> <li>• Señalizar la trayectoria de buzones para evitar instalarse sobre dichos puntos.</li> </ul>

ANEXO L

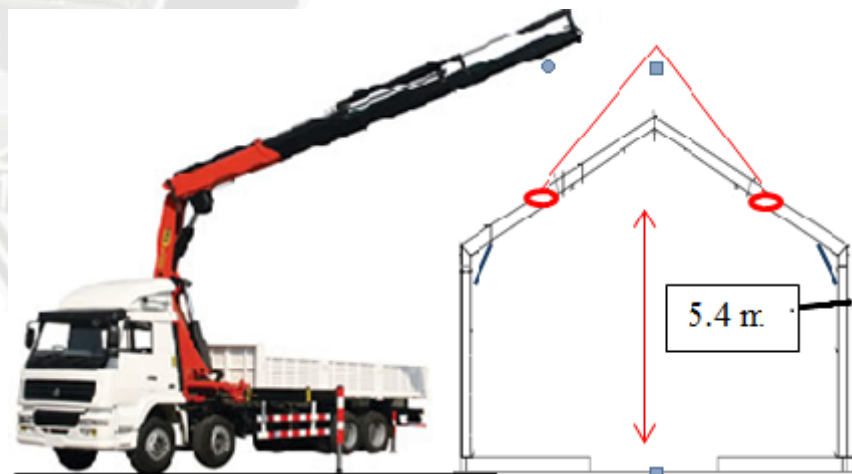
<p>6.- Fijado y colocado de eslingas a la carga.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mala maniobra descoordinación.</li><li>• Rotura de eslingas</li><li>• Caída de carga.</li><li>• Golpes con o entre carga suspendida.</li><li>• Caídas a nivel.</li><li>• Lesiones.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inspección de elementos de izaje y accesorios.</li><li>• Ubicar el gancho de la grúa sobre el centro de gravedad de la carga para ubicar los puntos de izaje en forma equidistante y balancear correctamente la carga.</li><li>• Protección de eslinga de bordes filosos y punto de contacto con carga mediante la colocación de cantoneras.</li><li>• Colocar vientos en los extremos de la carga, los cuales deben mantenerse siempre fuera de la zona de fuego.</li><li>• El Rigger es el único personal autorizado para dar las señales.</li><li>• Supervisión constante.</li><li>• Verificar los puntos de sujeción antes de comenzar la maniobra, utilizar eslingas.</li><li>• Monitoreo de condiciones ambientales (iluminación, velocidad del viento, tormentas eléctricas).</li></ul>
--	--	--

# ANEXO L

7.- Izaje de la Estructura con apoyo del camión grúa 20 Tn.

- Aplastamientos.
- Golpes contra, por o entre objetos.
- Fatiga o rompimiento de eslingas.
- Mal estabilizado de camión grúa
- Condiciones Climatológicas adversas.
- Volcamiento de grúa.
- Carga suspendida.

- Demarcar y señalizar la zona de trabajo, especialmente la zona de maniobras.
- Prohibir el ingreso de personal no autorizado en la zona de trabajo, especialmente en la zona de fuego.
- La zona de fuego y el radio de oscilación del contrapeso debe ser demarcado para impedir el acceso de personal.
- Verificar estabilidad del terreno y la correcta posición y apoyo en los tacos de madera.
- Uso de señales estandarizadas entre rigger y operador de grúa.
- Paralizar las labores frente a Alerta Naranja, previniendo el paso a Alerta Roja.
- Solo trabajará en maniobras personal calificado.
- Paralizar las maniobras en caso de condiciones climáticas adversas (vientos mayores a 20 km/h, lluvias torrenciales y tormenta eléctrica).
- Uso del Estándar: Procedimiento de Protección ante Condiciones Climáticas Adversas.



ANEXO L

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difusión de PET: Montaje de Estructuras</li> <li>• El camión grúa se colocara en forma paralela a la carga.</li> <li>• Los vientos solo deben sujetar la soga con las manos.</li> <li>• Se utilizara dos eslingas de 6 m doble capa de forma ahorcado.</li> <li>• La altura de izaje es 8 m.</li> <li>• Se deberá usar dos vientos de 10 m. cada uno</li> <li>• Uso de radios para la coordinación de las tareas</li> <li>• El radio del área es de 17 m a la redonda</li> <li>• El radio de la pluma es 14 m. a la redonda</li> <li>• Si habrá Sobredimensionamiento</li> </ul>
<p>8.- Montaje de Estructuras a Pedestales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplastamiento de personal.</li> <li>• Descontrol de la carga.</li> <li>• Ruptura de Eslingas</li> <li>• Mala maniobra del operador y/o Rigger.</li> <li>• Golpes en las manos y distintas partes del cuerpo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se procederá a realizar el checklits de las eslingas, estrobos y grilletes.</li> <li>• Se procederá a realizar el montaje de las estructuras encima de los pedestales con apoyo del camión grúa.</li> <li>• Uso de 02 vientos. Comunicación y coordinación con el operador del camión grúa.</li> <li>• No transitar bajo la carga suspendida, contar con el AST y supervisión permanente.</li> <li>• Comunicación ida y vuelta entre el personal a realizar la maniobra, revisar que las herramientas para la maniobra estén en buen estado.</li> <li>• Verificar los puntos de sujeción antes de comenzar la maniobra.</li> </ul>



ANEXO L

<p>9.- Soldeo de estructura a plancha de pedestal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Shock eléctrico.</li> <li>• Proyección de partículas</li> <li>• Quemaduras</li> <li>• Incendio</li> <li>• Irritación de ojos</li> <li>• Inhalación de humos metálicos</li> <li>• Factor Climático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acondicionamiento y delimitación de la zona de trabajo</li> <li>• Retirar todo el material combustible y/o inflamable</li> <li>• Solo trabajara personal capacitado.</li> <li>• Uso constante de EPP básico y específico de soldador</li> <li>• Uso del procedimiento de Protección ante Condiciones Climáticas Adversas.</li> <li>• Colocar carpas para evitar la radiación luminosa de la soldadura.</li> <li>• Contar con extintor PQS cerca en caso de amagos de incendio.</li> <li>• Contar con el permiso de trabajo en calor.</li> </ul>
<p>10.- Armado de andamios</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas a nivel.</li> <li>• Caídas a distinto nivel.</li> <li>• Lesiones a distintas partes del cuerpo.</li> <li>• Atrición de dedos</li> <li>• Tropiezos</li> <li>• Resbalones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los andamios deben ser armados por personal técnicamente capacitado.</li> <li>• Conservar orden y limpieza, transito de personal por zonas libres.</li> <li>• Señalizar elementos temporalmente almacenados</li> <li>• La actividad se realizara entre 2 personas o más de manera coordinada y entrega – recepción de manera efectiva.</li> <li>• Los andamios de varios niveles se deben armar por etapas, y cada etapa se debe efectuar solo cuando esté completamente la anterior.</li> <li>• Uso de arnés y punto de anclaje en forma permanente.</li> <li>• Contar con permiso de trabajo en altura.</li> <li>• Los elementos de los andamios deben ser izados con sogas y amarrados de forma segura.</li> <li>• Todas las herramientas deben estar sujetas por una línea de vida.</li> <li>• La plataforma de trabajo deberá contar con los respectivos rodapiés.</li> </ul>

## ANEXO L

11.- Retirado de Eslingas de Estructura, con apoyo de andamios (dos cuerpos).

- Golpes
- Atrapamiento de manos.
- Caídas a desnivel.
- Trabajo en altura.
- Postura inadecuada.
- Falta de concentración en la actividad.
- Factor climatológico

- Solo personal capacitado en trabajo en altura.
- Uso de arnés y línea de vida obligatorio.
- Debe haber mínimo un punto anclado para soltar el otro.
- Paralizar las labores frente a Alerta Naranja, previniendo el paso a Alerta Roja.
- Contar con el permiso de trabajo en altura
- Tener buena postura ergonómica.
- Contar con checklist de implementos de seguridad.
- Se colocara el andamio de dos cuerpos cerca de la estructura para retirar las eslingas
- La pluma tendrá que ser descendida hasta que no genere ningún tipo de presión sobre las eslingas, esto permitirá el fácil retiro de las mismas.



ANEXO L

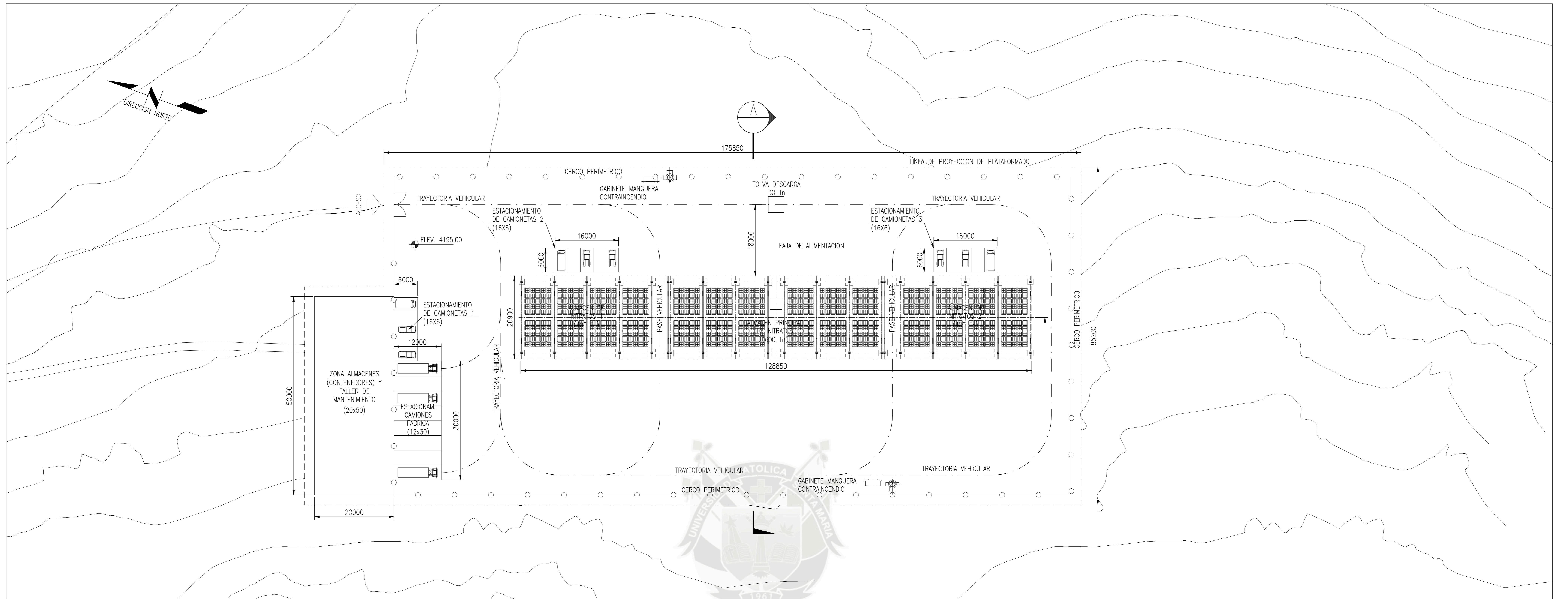
<p>12.- Traslado de andamios</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas a nivel.</li> <li>• Caídas a distinto nivel.</li> <li>• Lesiones a distintas partes del cuerpo.</li> <li>• Sobreesfuerzos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El traslado se realizara sin personal en los andamios</li> <li>• Coordinación entre los involucrados</li> <li>• La altura del andamio no deberá ser mayor de 3 cuerpos.</li> <li>• Para trasladar el andamio, primero se retirara el (segundo cuerpo), luego se procederá a trasladar el andamio (primer cuerpo) entre seis personas</li> <li>• Asegurarse que no haya obstáculos en la ruta de traslado</li> <li>• Después del traslado asegurarse que estén los seguros puestos de las garruchas</li> </ul>
<p>13.- Fin de la tarea</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas a nivel.</li> <li>• Golpes</li> <li>• Tropiezos.</li> <li>• Mala segregación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tránsito debe ser por zonas seguras, estables y delimitadas.</li> <li>• Ojos y mente en la tarea.</li> <li>• Tener una adecuada segregación de los residuos generados, el cual debe ser depositado en el contenedor adecuado</li> </ul>

<p><b>Elaborado Por:</b> <b>Equipo de Trabajo/Supervisor</b></p> <p>Fecha: .....</p> <p>Firma: .....</p>	<p><b>Revisado:</b> <b>Residente de Obra</b></p> <p>Fecha: .....</p> <p>Firma: .....</p>	<p><b>Revisado:</b> <b>Asesor de Seguridad y Salud Ocupacional</b></p> <p>Fecha: .....</p> <p>Firma: .....</p>	<p><b>Aprobado:</b> <b>Gerente de Proyecto</b></p> <p>Fecha: .....</p> <p>Firma: .....</p>
--	--	--	--

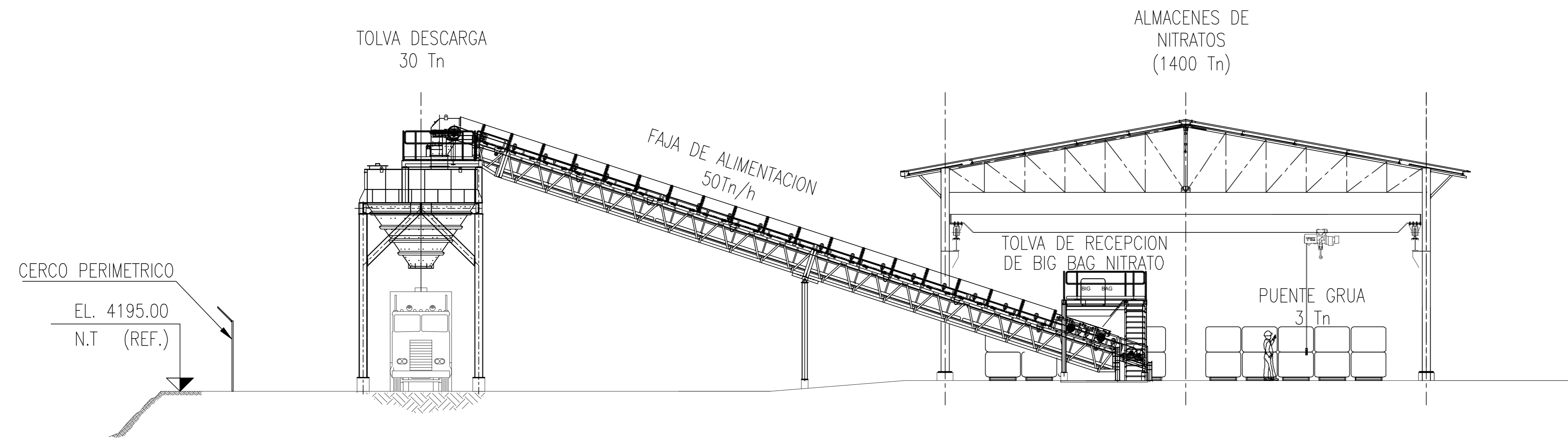


# PLANOS





PLANTA - DISPOSICION DE EQUIPOS CANCHA DE NITRATOS  
ESCALA 1:500

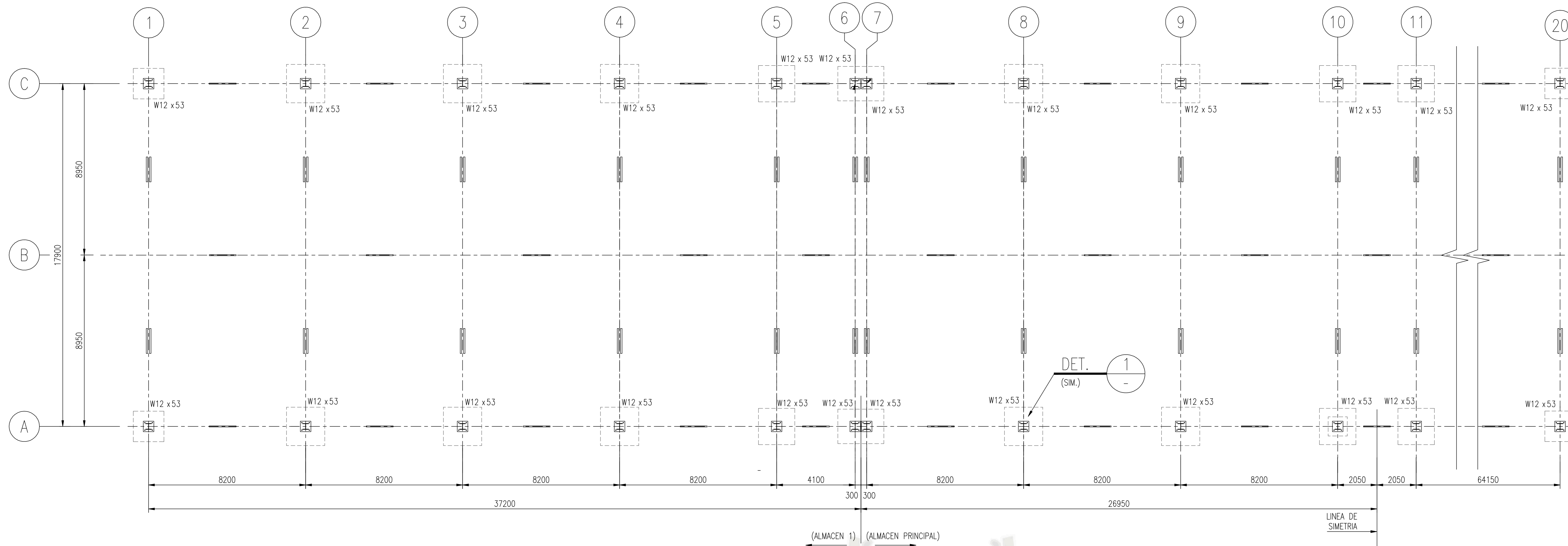


SECCION A-A  
ESCALA 1:200

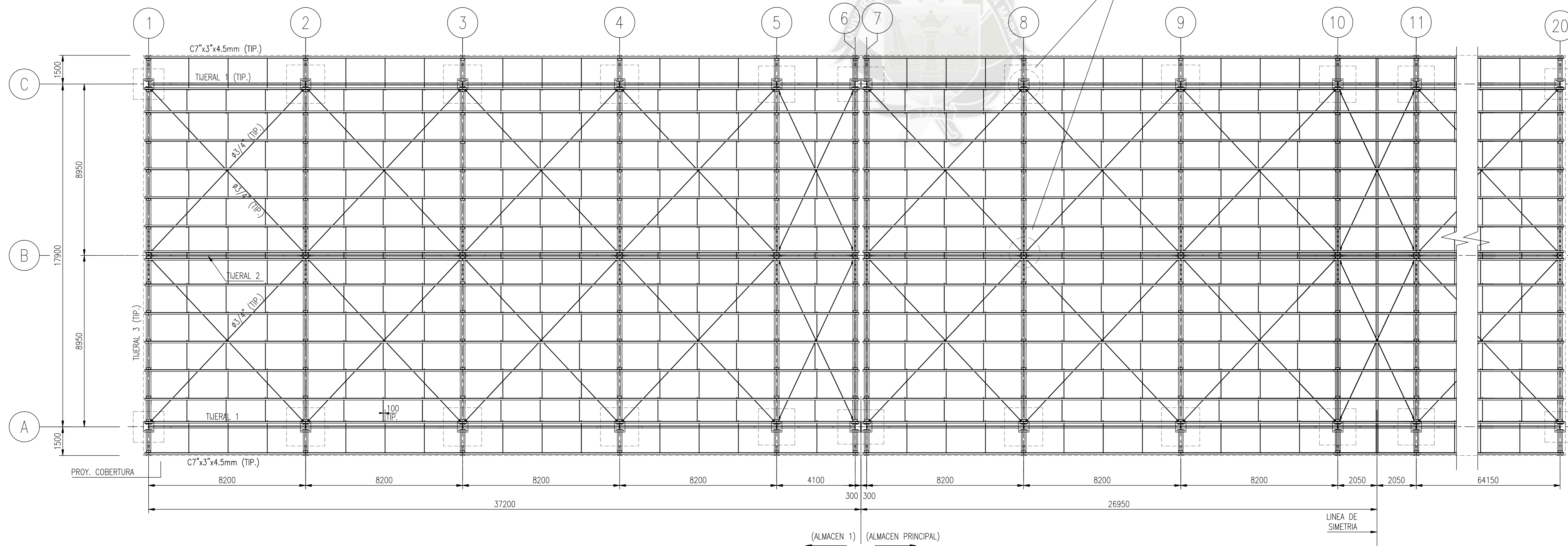
- NOTAS GENERALES:**
- 1.0 TODAS LAS DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS ESTÁN EN MILIMETROS Y LOS NIVELES EN METROS (SALVO INDICACIÓN CONTRARIA).
  - 2.0 LA ESTRUCTURA DE ACERO DEBE ESTAR DE ACUERDO CON LA NORMA ASTM A-36. SALVO INDICACIÓN CONTRARIA EN LOS PLANOS Y DEBERÁ CEÑIRSE A LA SIGUIENTE ESPECIFICACIÓN: CA-NIT-XX SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
  - 3.0 ABREVIACIONES:
    - NT: NIVEL DE TERRENO
    - REF: REFERENCIAL
    - TIP: TÍPICO
    - PL: PLANCHA
    - CL: CENTRO DE LINEA DE UN EJE O ELEMENTO

	<b>NOMBRES</b>	<b>FECHA</b>	<b>TÍTULO</b>	<p>CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY</p>
ELABORÓ	Gabriel Fernández			
REVISÓ	Ing. Jorge Castro			
ESCALA IND.	INGENIERIA DE DETALLE LAYOUT PLANTA CANCHA DE NITRATOS		NUMERO PLANO CA-NIT-01	





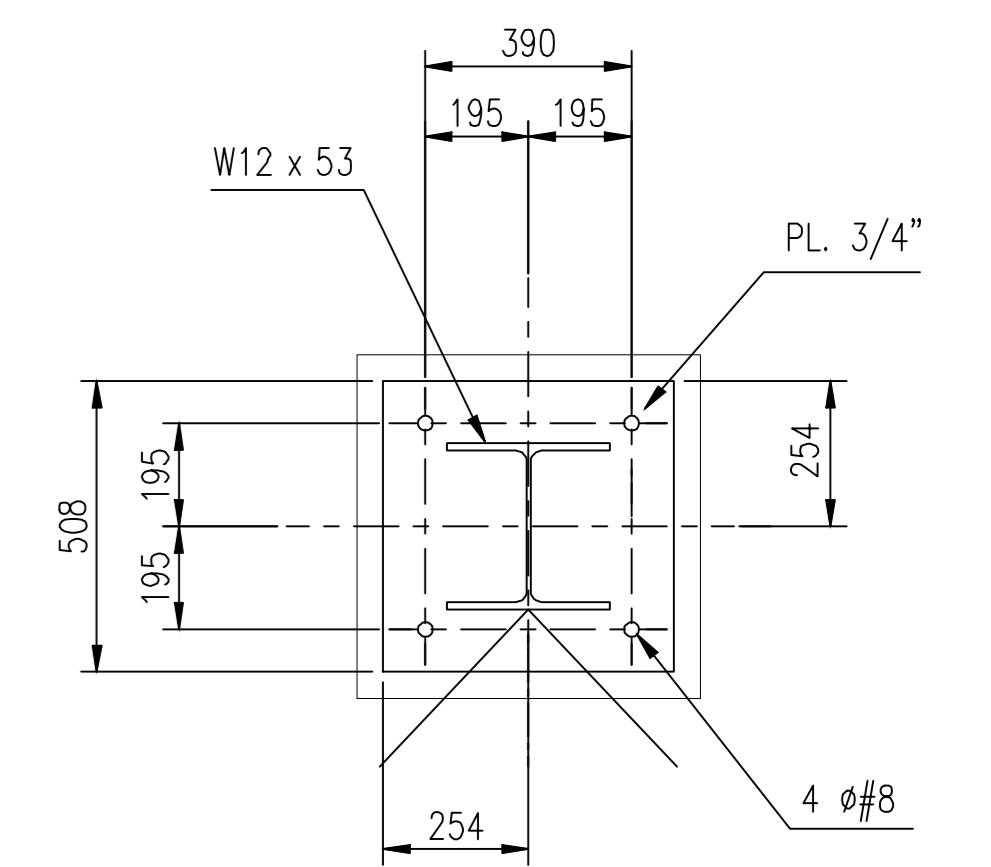
PLANTA - EL. 4195.70  
ESCALA 1:125




PLANTA - TECHO

DET. 1  
(SIM.)

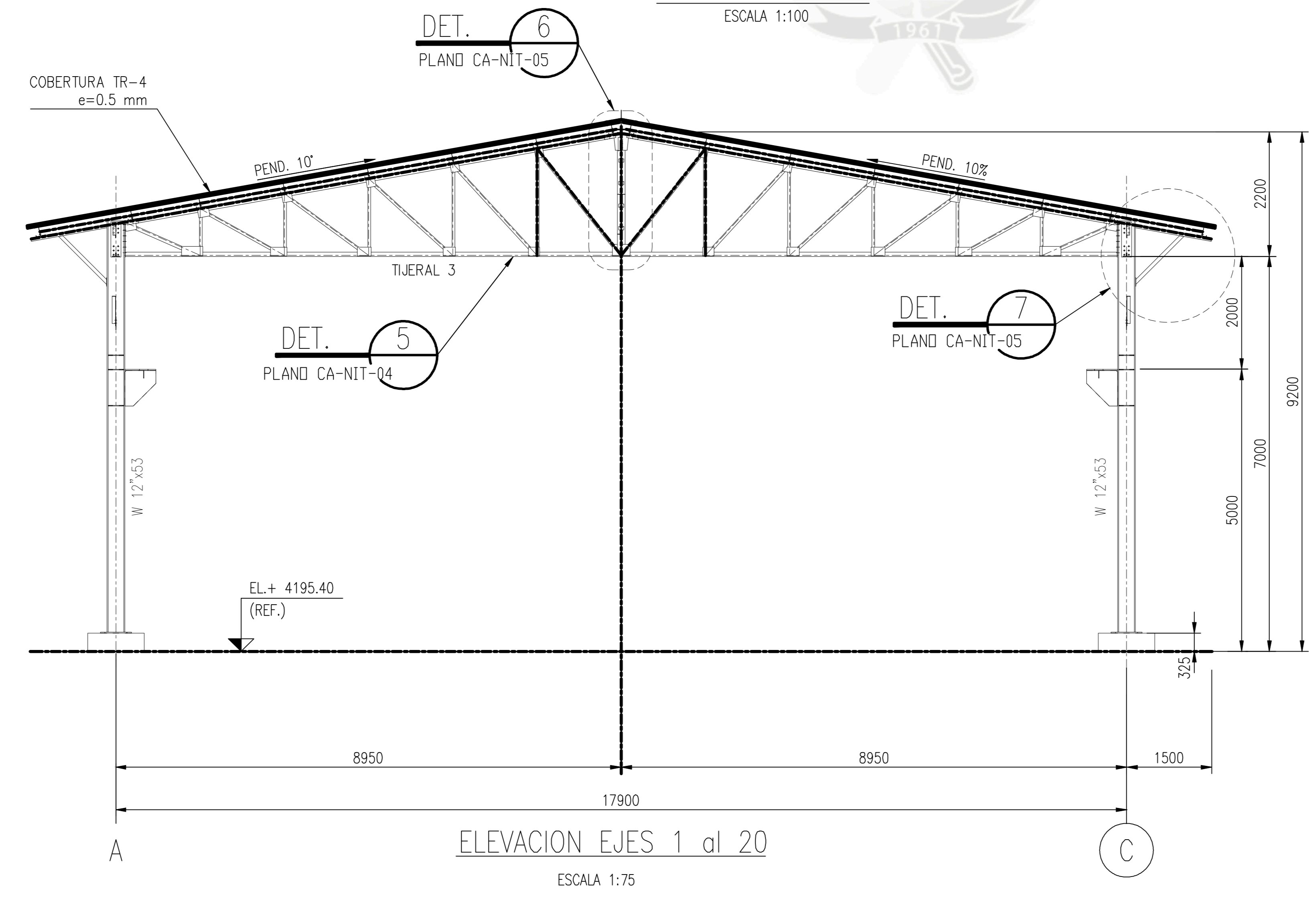
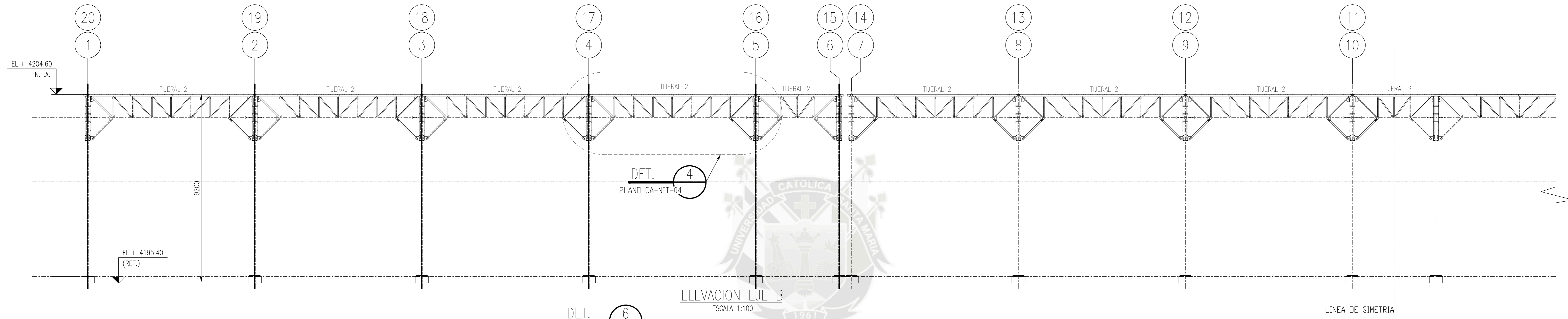
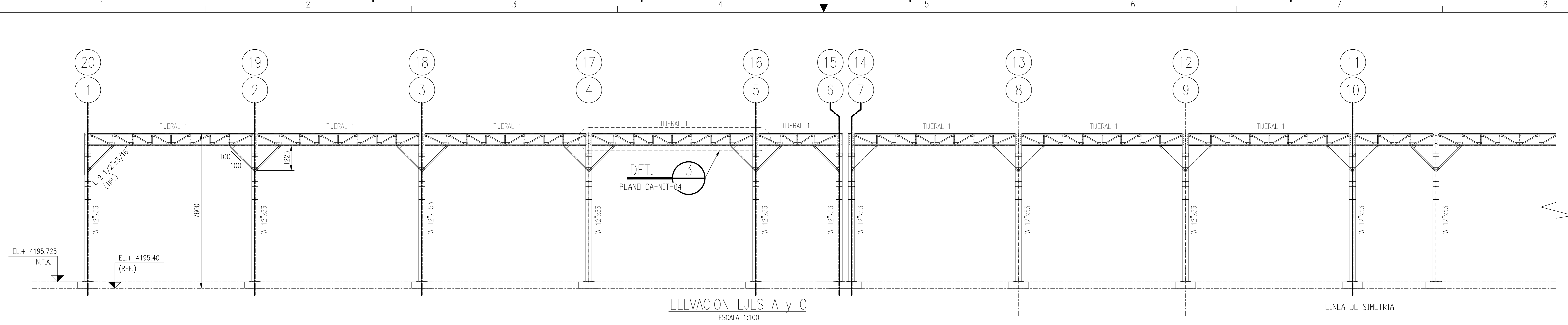
DET. 2  
(TEMPLADORES)  
PLANO CA-NIT-05




DETALLE 1  
ESCALA 1:20

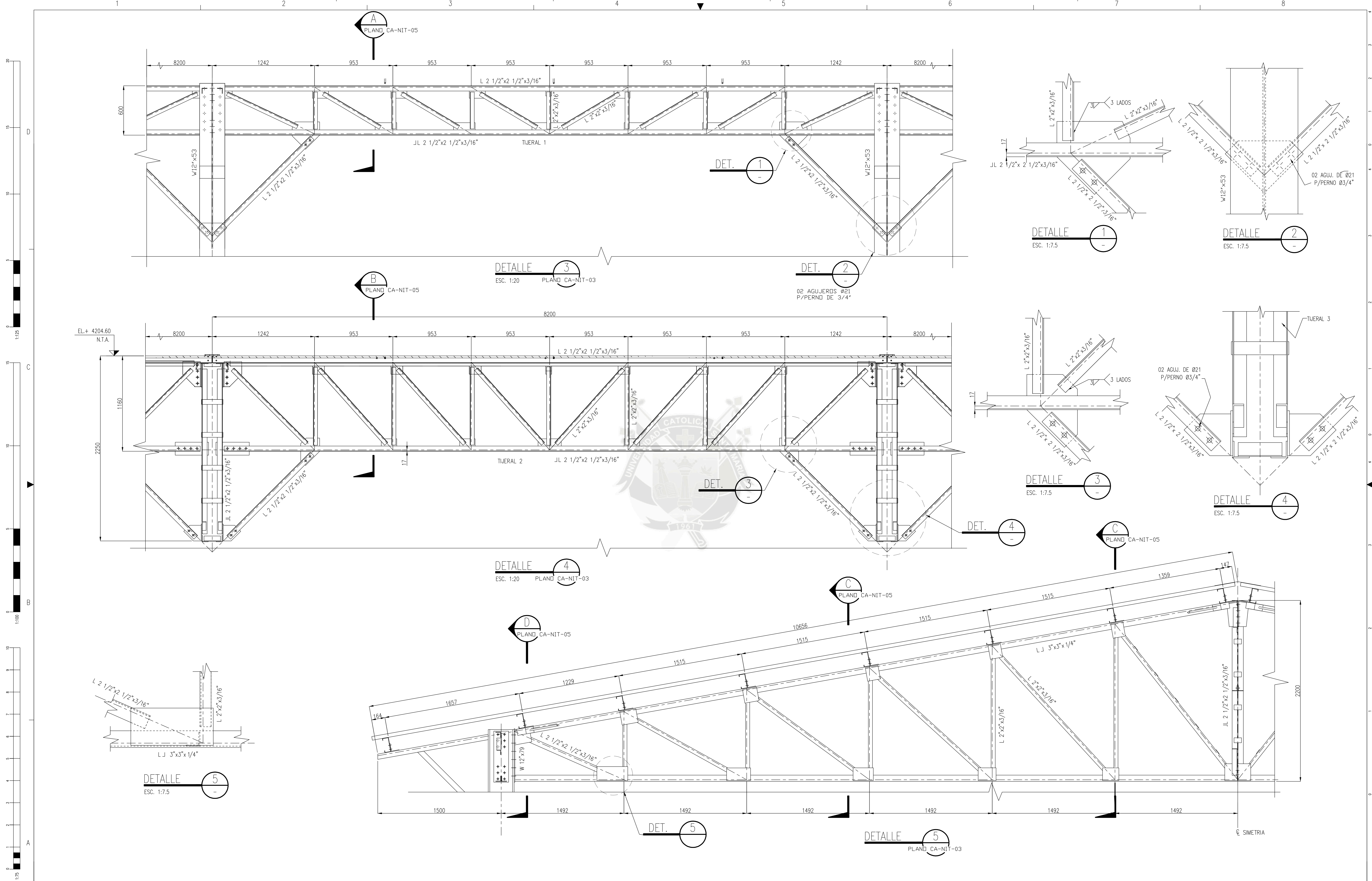
ELABORÓ	NOMBRES Gabriel Fernández	FECHA	TÍTULO	 <b>CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY</b>
REVISÓ	Ing. Jorge Castro			
ESCALA IND.	INGENIERIA DE DETALLE ESTRUCTURAS-PLANTA		NÚMERO PLANO CA-NIT-02	





NOMBRES		FECHA	TITULO	
ELABORÓ	Gabriel Fernández			
REVISÓ	Ing. Jorge Castro			
ESCALA	IND.		<b>INGENIERIA DE DETALLE ESTRUCTURAS - CORTES Y ELEVACIONES</b>	



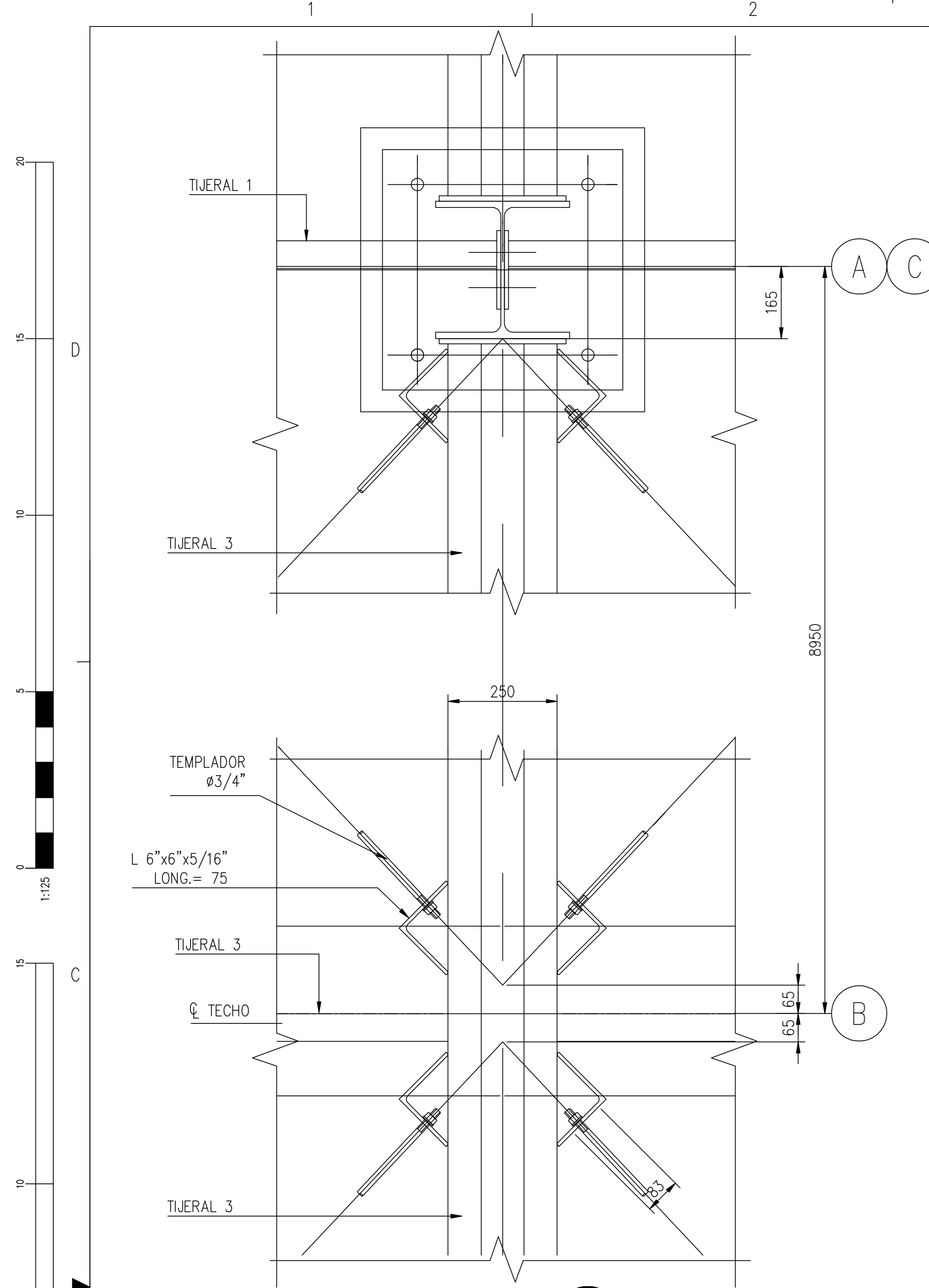


NOMBRES		FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA	IND.	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURAS-DETALLES	

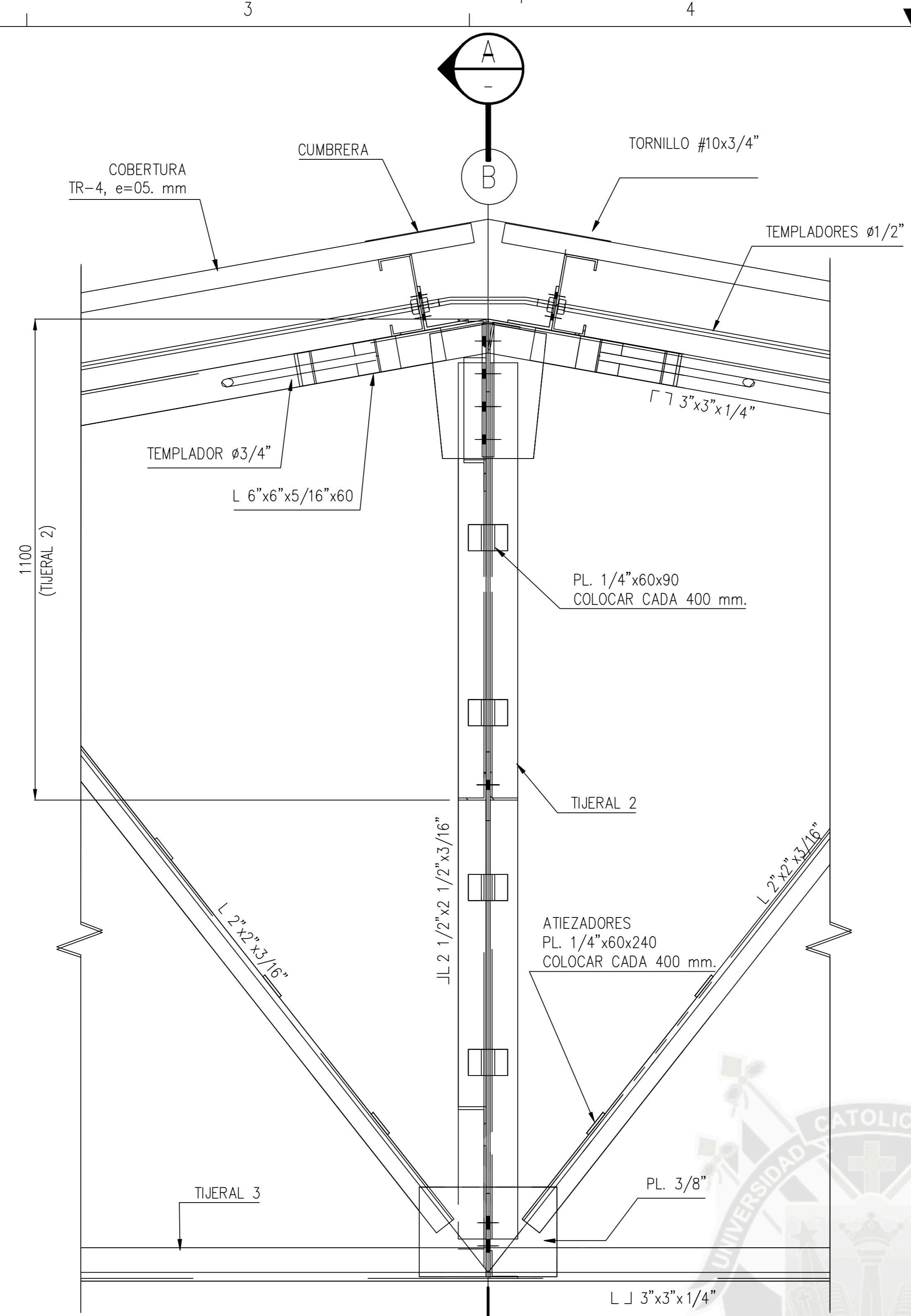


PLANO  
CA-NIT-04

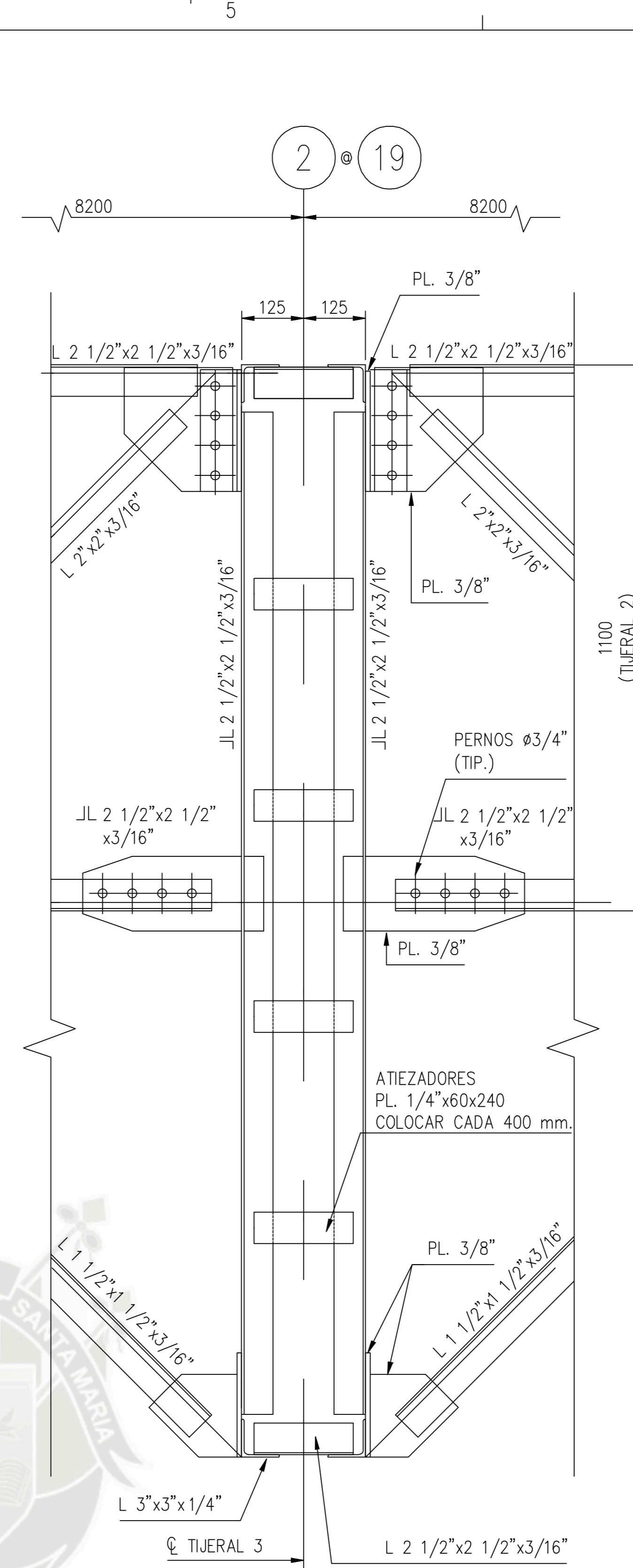




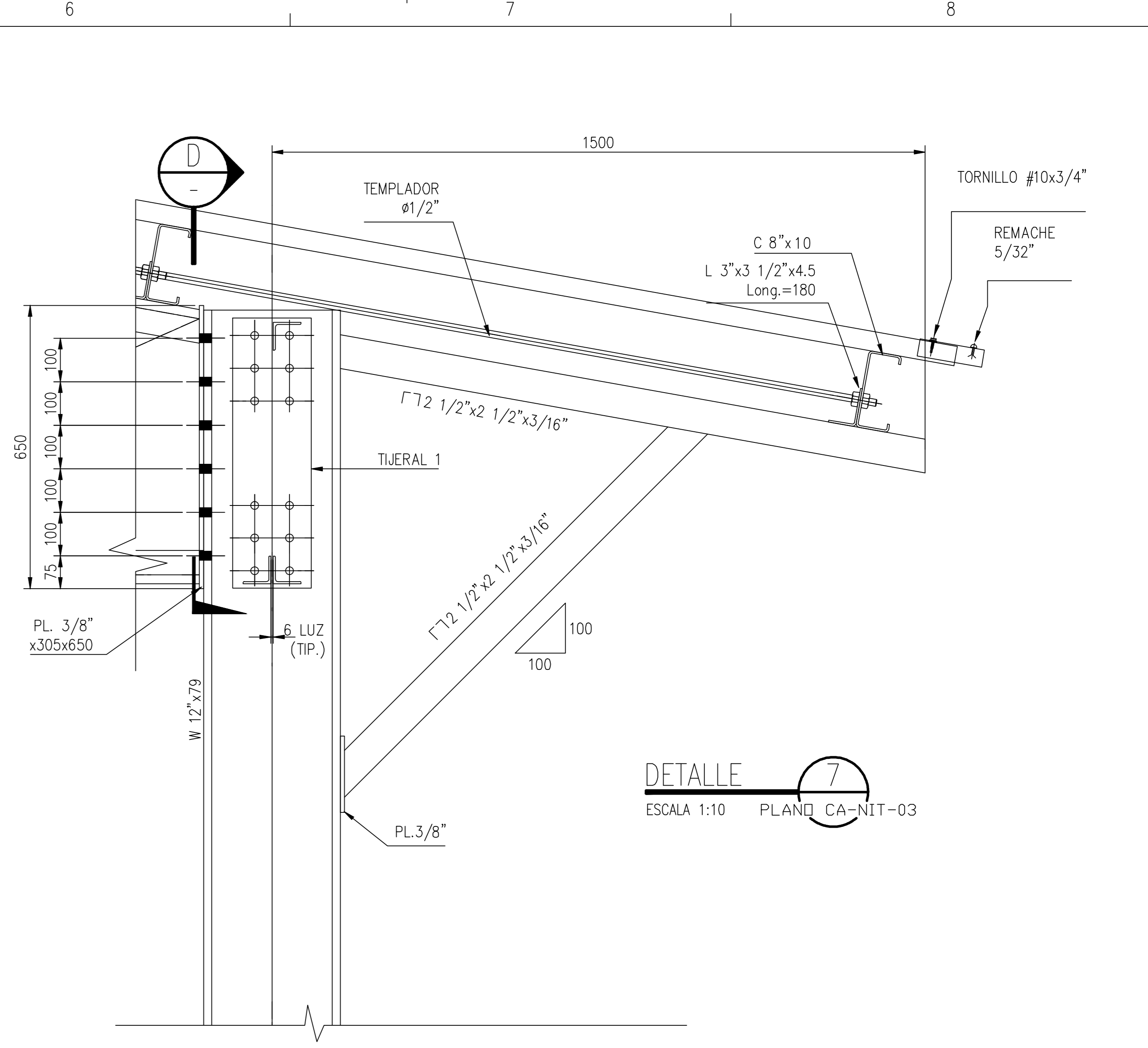
**DETALLE 2**  
ESCALA 1:10 PLANO CA-NIT-02



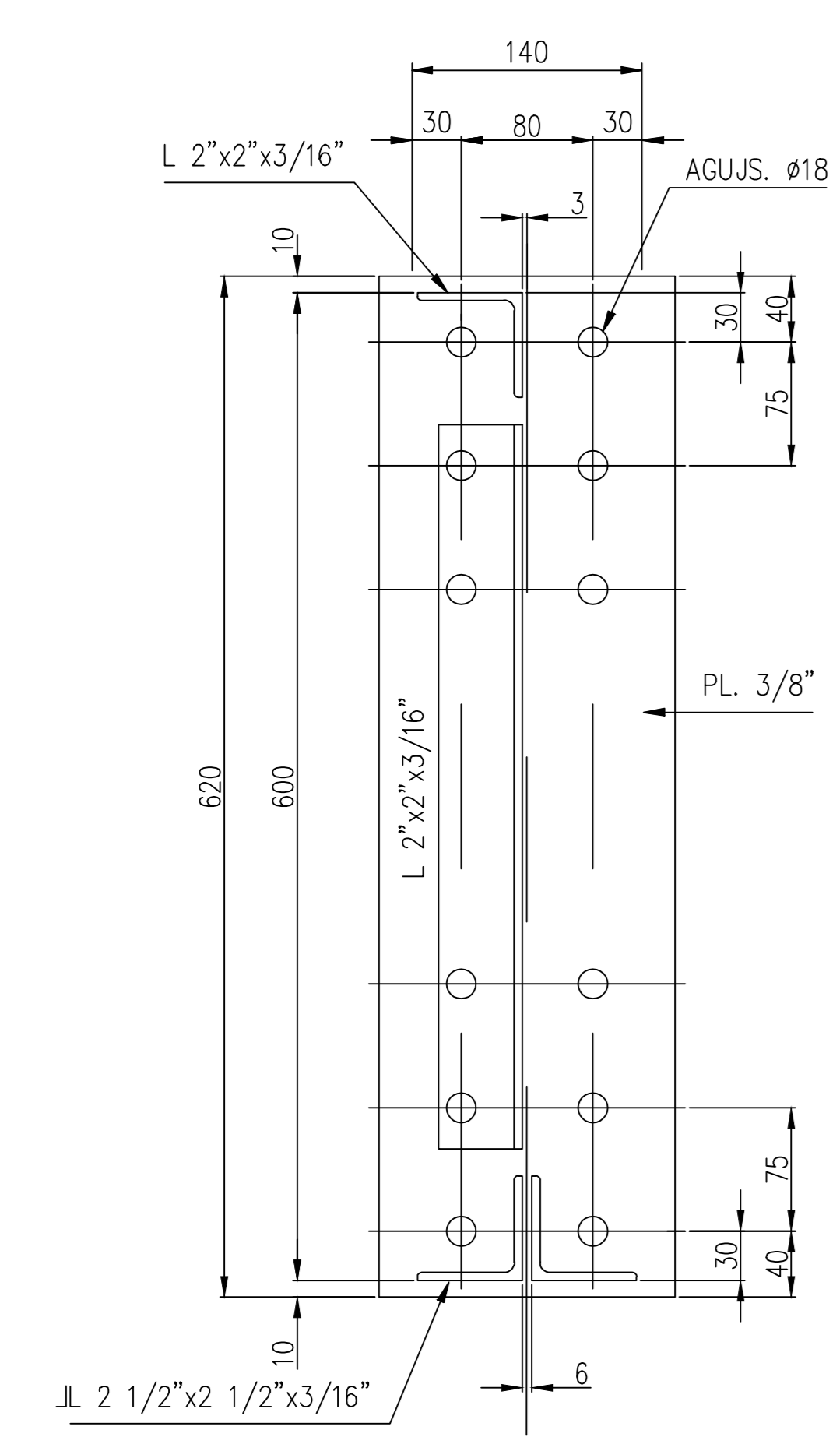
**DETALLE 6**  
ESCALA 1:10 PLANO CA-NIT-03



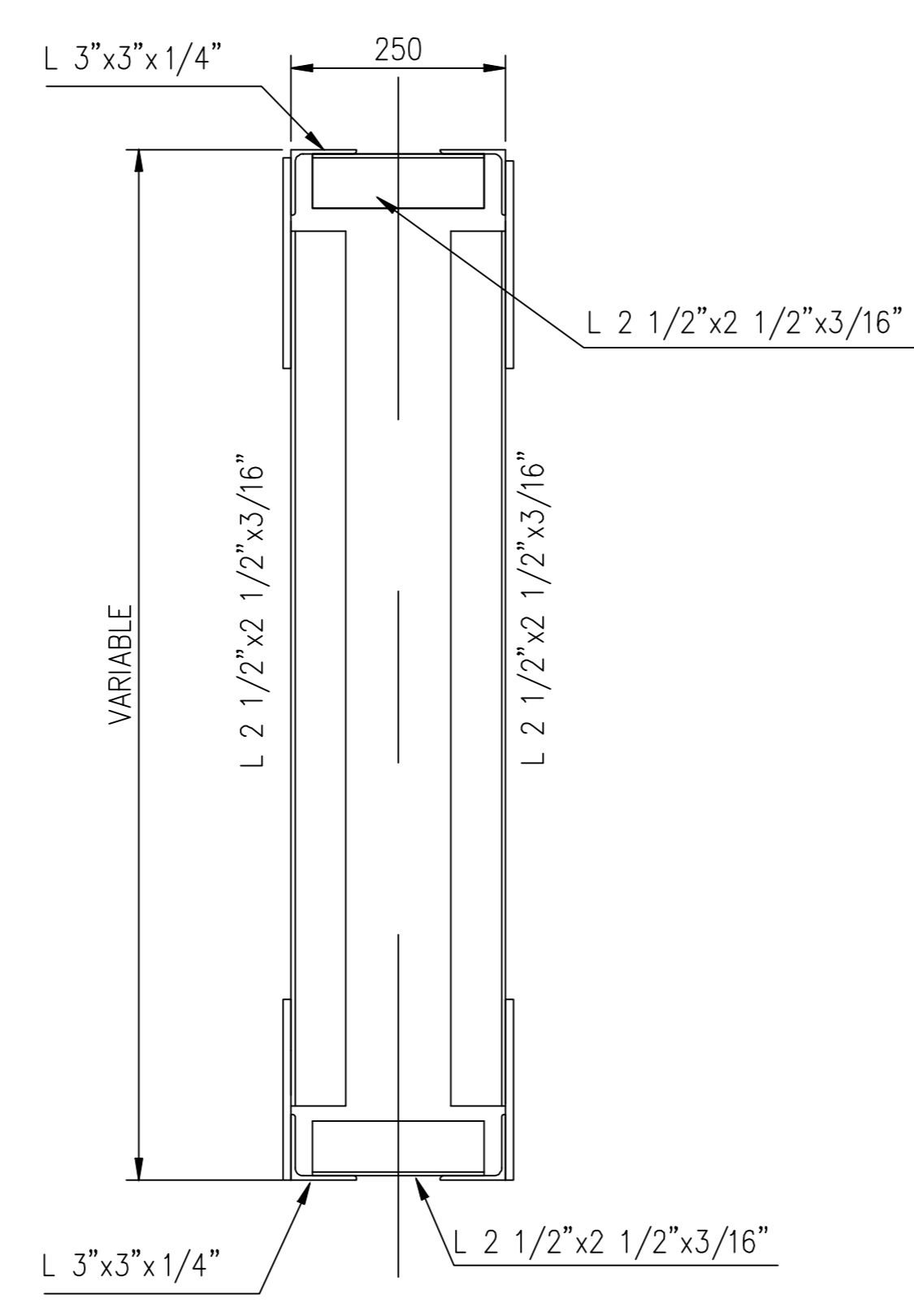
**SECCION A**  
ESC. 1:10



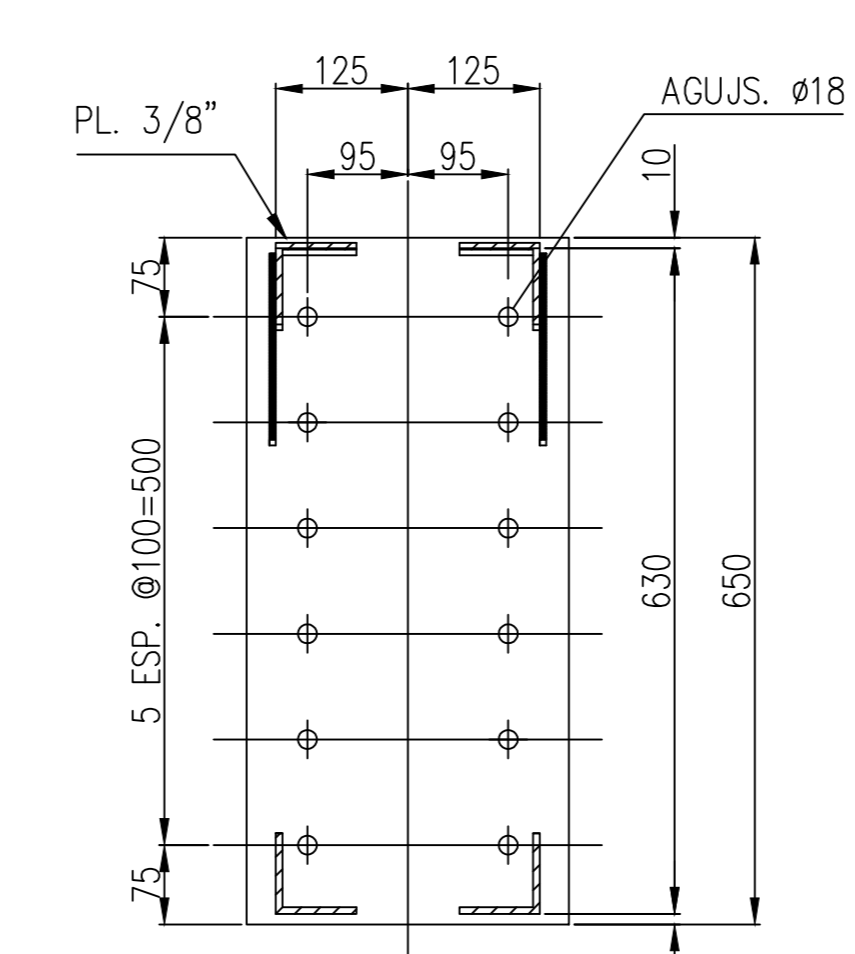
**DETALLE 7**  
ESCALA 1:10 PLANO CA-NIT-03



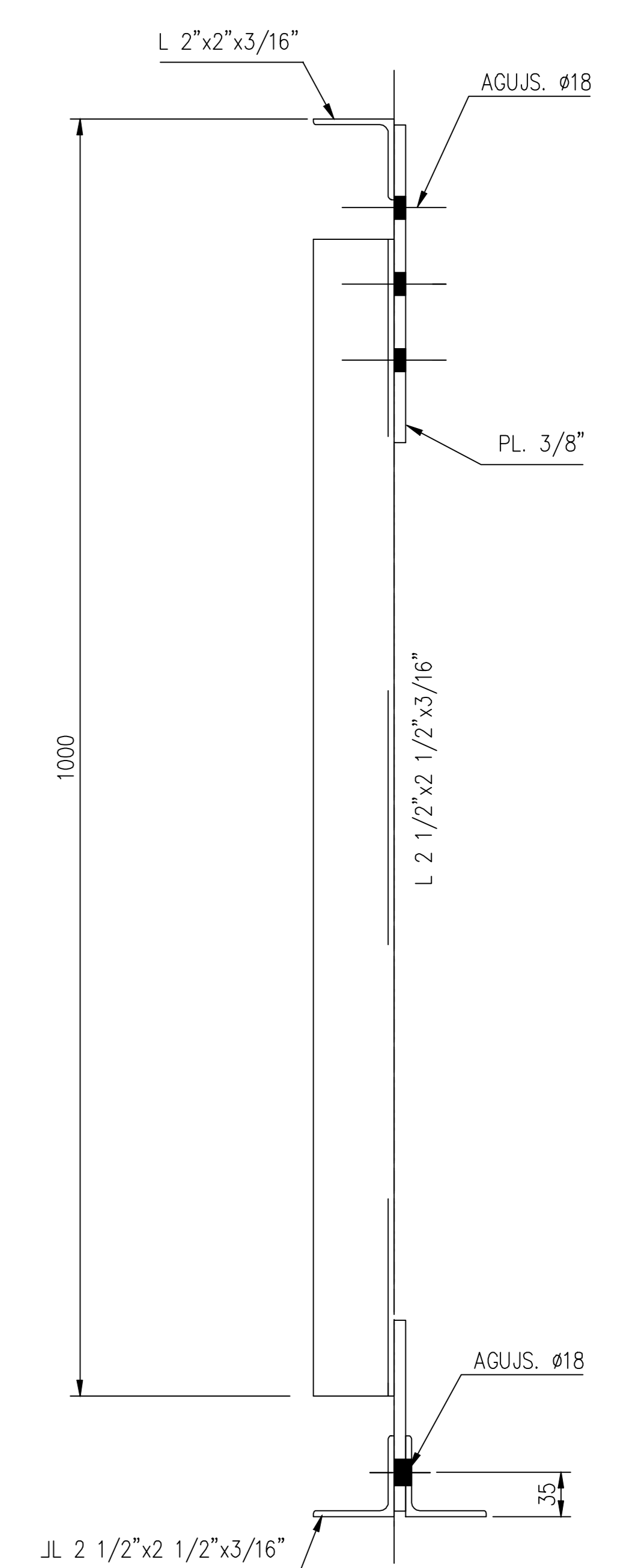
**SECCION A**  
ESCALA 1:5 PLANO CA-NIT-04



**SECCION C**  
ESCALA 1:10 PLANO CA-NIT-04



**SECCION D**  
ESCALA 1:10 PLANO CA-NIT-04



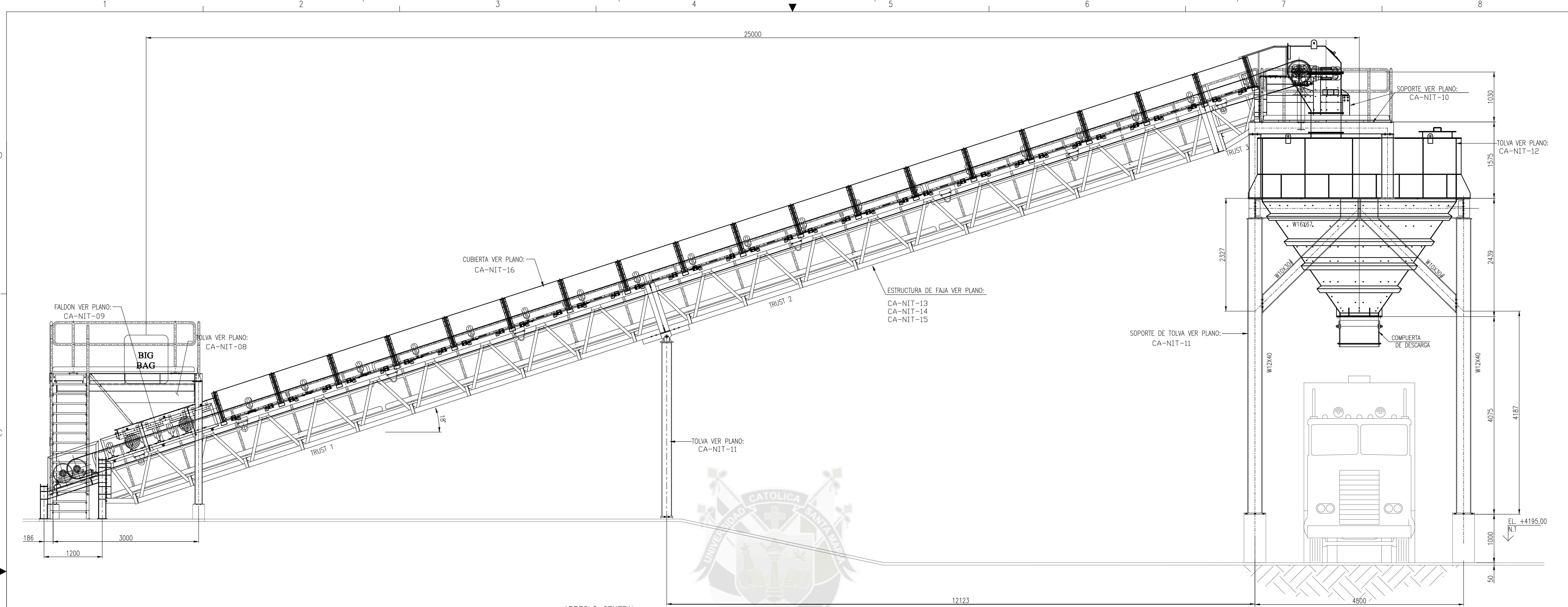
**SECCION B**  
ESCALA 1:5 PLANO CA-NIT-04

NOMBRES		FECHA	TITULO
ELABORÓ	GABRIEL FERNÁNDEZ		CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
REVISÓ	ING. JORGE CASTRO		
ESCALA	IND.	INGENIERIA DE DETALLES - ESTRUCTURA - DETALLES	



PLANO  
CA-NIT-05





ARREGLO GENERAL  
TRANSPORTE NITRATO DE AMONIO  
1:40

DATA SHEET

1. CRITERIO DE DISEÑO .....FAJA 24  
CODIGO:.....

MATERIAL:.....NITRATO DE AMONIO  
DENSIDAD:.....780 Kg/m<sup>3</sup>  
CAPACIDAD:.....50 t/h

2. PROPIEDADES DE FAJA  
ANCHO:.....609.8mm  
VELOCIDAD:.....0.89 m/s  
LONGITUD DE FAJA:.....52 m  
PIW:.....71.5 lb/pulg  
N° DE PLEGUES:.....MINIMO 2

3. ACCIONAMIENTO

POTENCIA MOTOR:.....14.74 hp (11 KW)

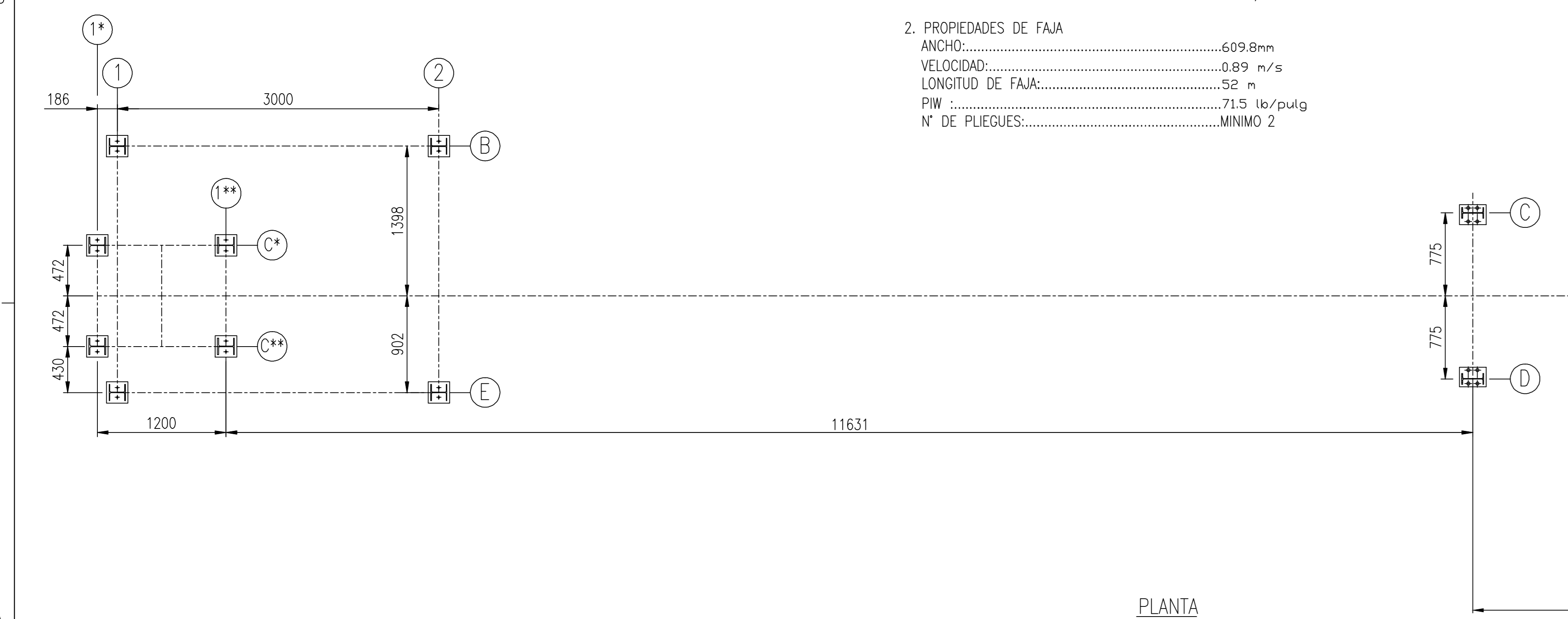
4. POLEAS

POLEA MOTRIZ Ø355.6/660 .....1 pz  
MATERIAL:.....ACERO ASTM A-36  
EJE:.....Ø63.5/Ø50.8mm  
RECUBRIMIENTO:.....SAE 1045  
CAUCHO ANTIABRASIVO  
ESP.3/8", DUREZA 40 Shore A

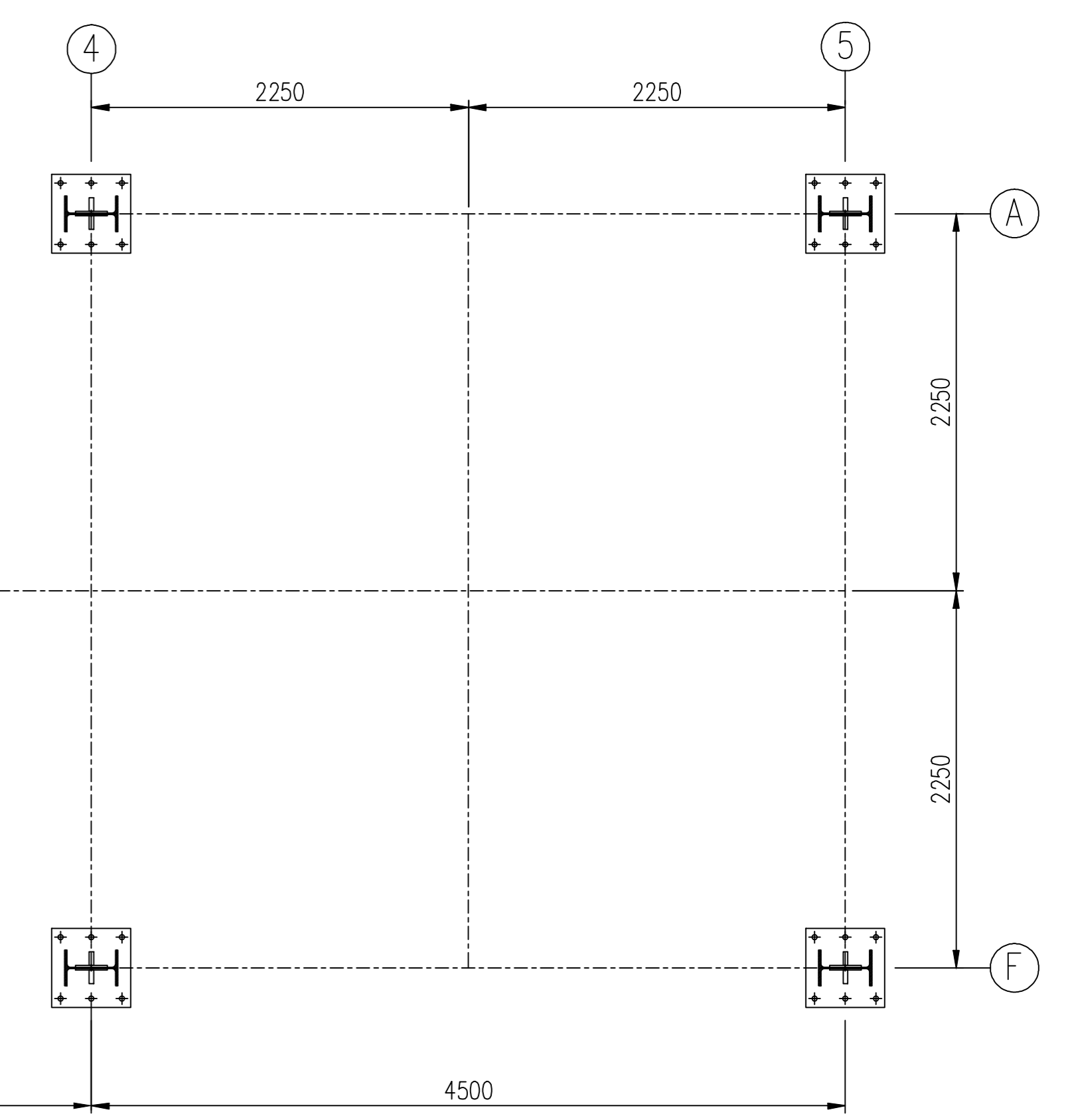
POLEA COLA Ø355.6/660 PARA EJE Ø50.....1 pz  
CHUMACERA SKF CON MANGUITOS DE FIJACION.....2 pz

5. ESTACIONES DE POLINES

CLASIFICACION:.....CEMA C  
DIAMETRO DE POLINES:.....4.5"  
CARGA NORMAL TRIPLE A 35° .....17 pz  
CARGA IMPACTO TRIPLE A 35° .....10 pz  
RETORNO NORMAL SIMPLE:.....09 pz



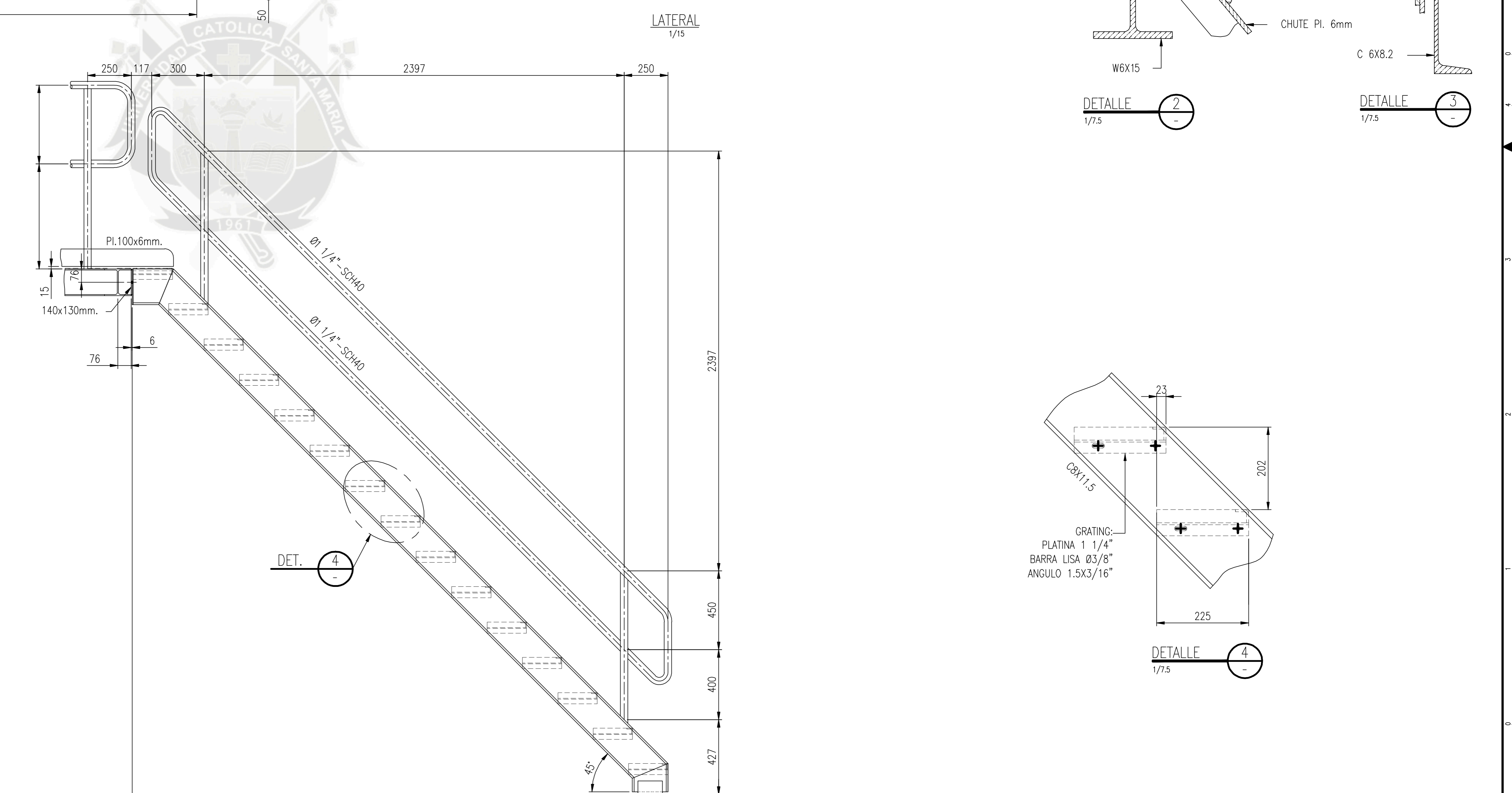
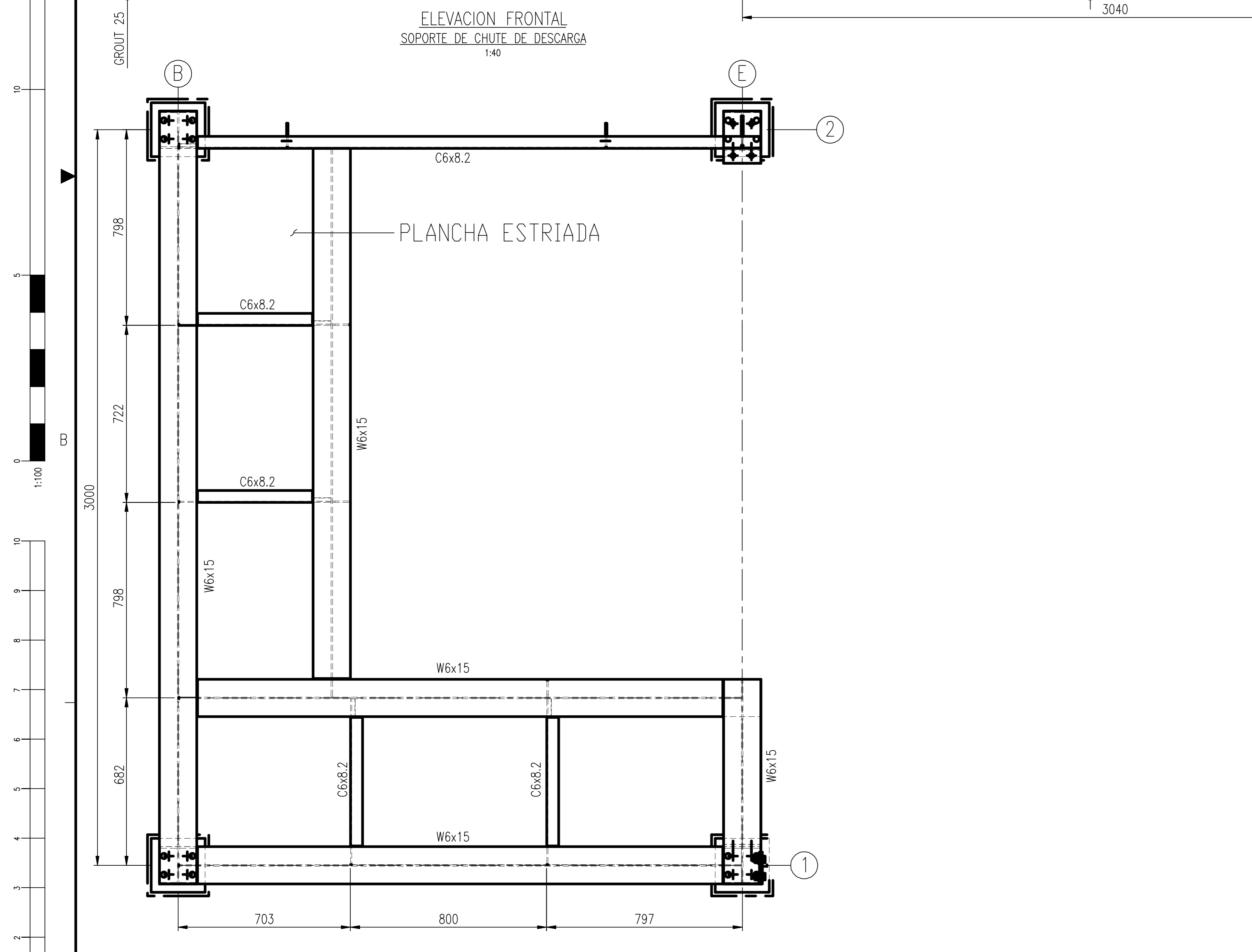
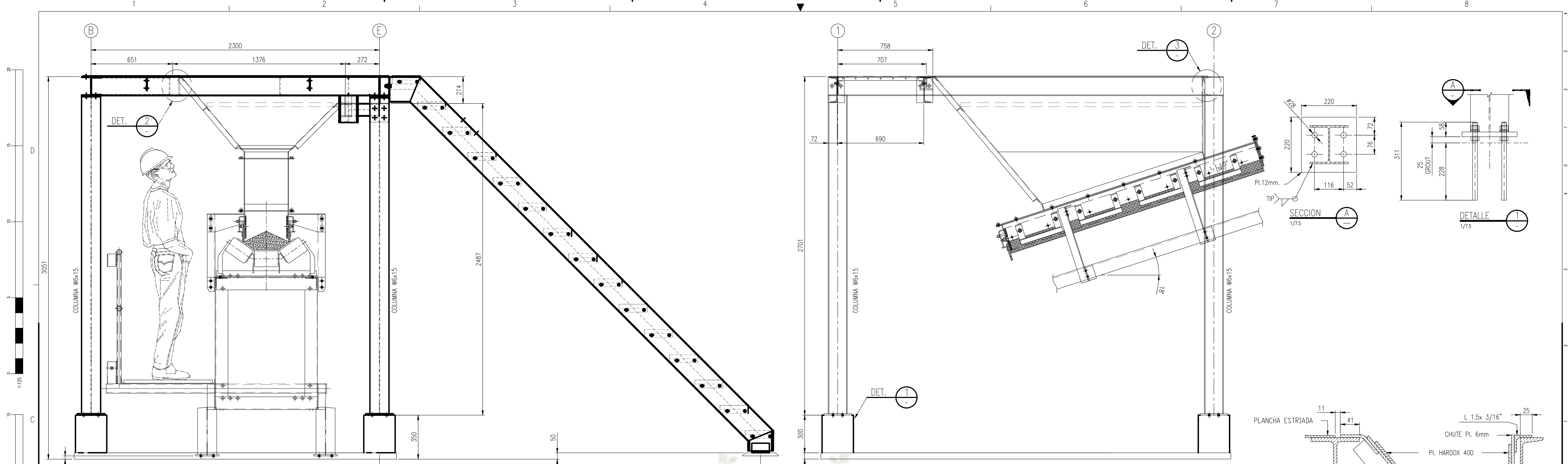
PLANTA  
UBICACION DE PEDESTALES  
1:40




NOMBRES		FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA	IND.		INGENIERIA DE DETALLE ESTRUCTURA FAJA 24"- ARREGLO GENERAL
PLANO			CA-NIT-06



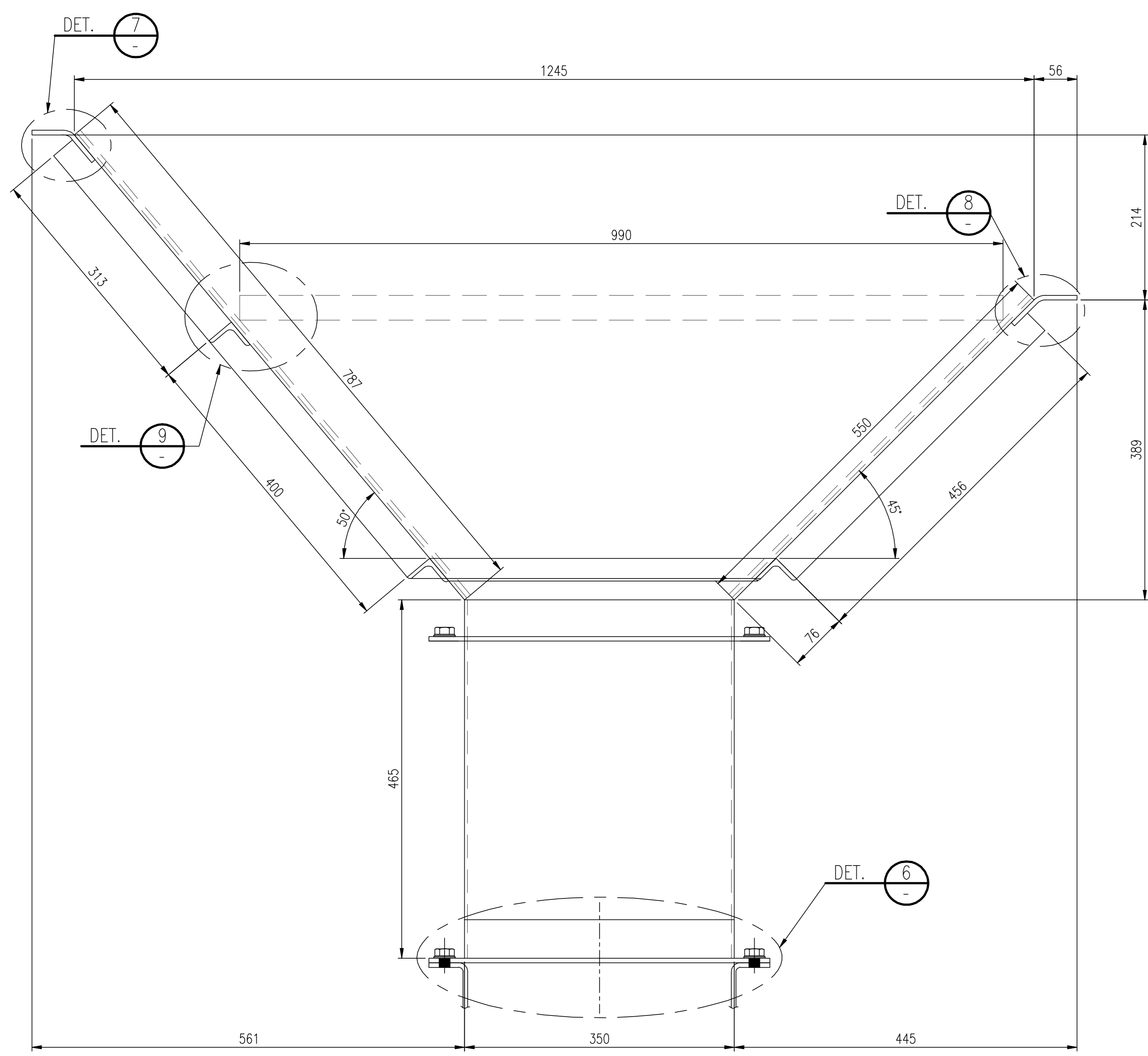




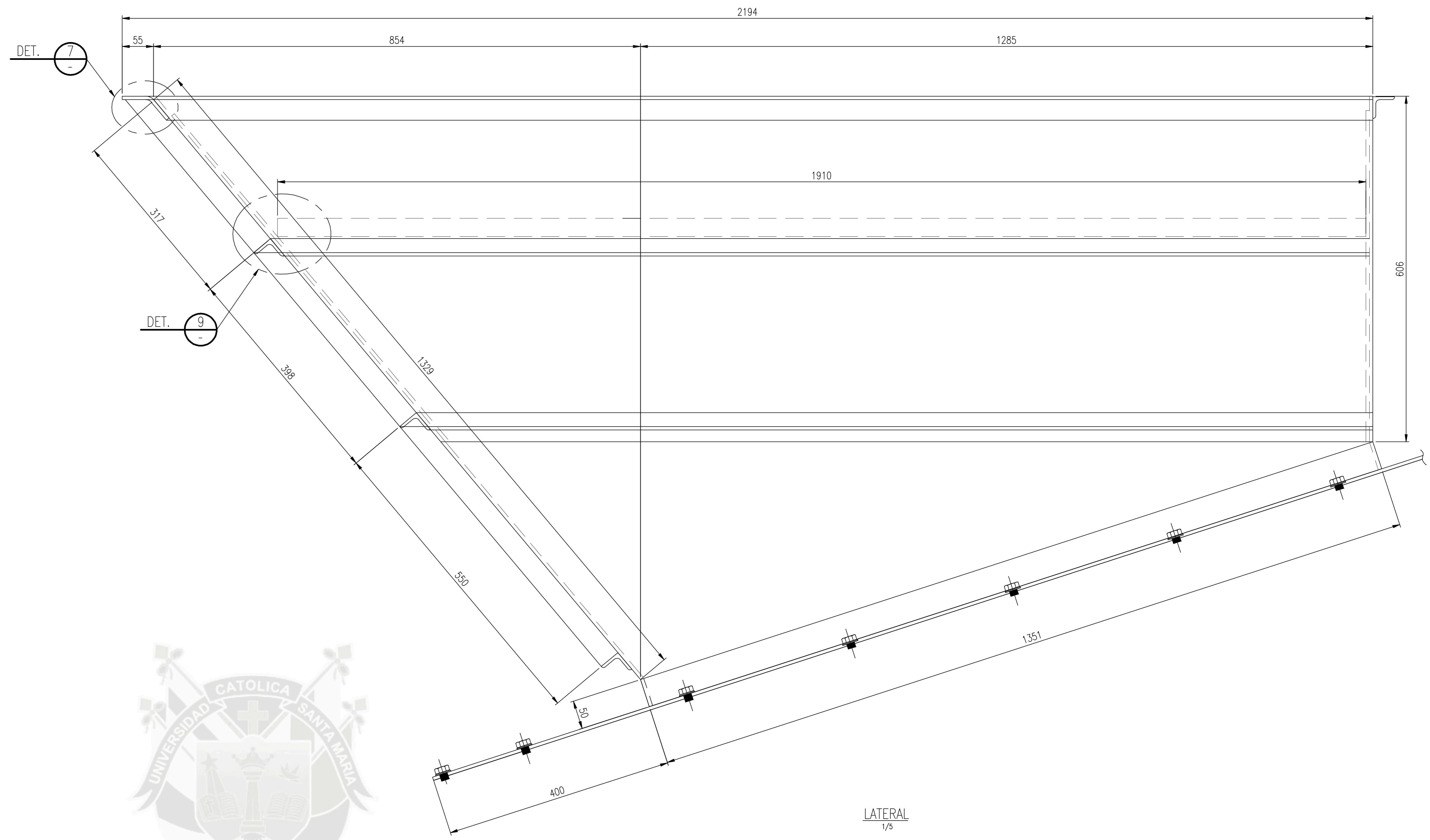
ESCALA METRICA 1:75

	NOMBRES	FECHA	TITULO	 CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
ELABORÓ	Gabriel Fernández			
REVISÓ	Ing. Jorge Castro			
ESCALA IND.	INGENIERIA DE DETALLE -ESTRUCTURA FAJA DE 24" - ESTRUCTURA SOPORTE DE CHUTE		PLANO CA-NIT-07	

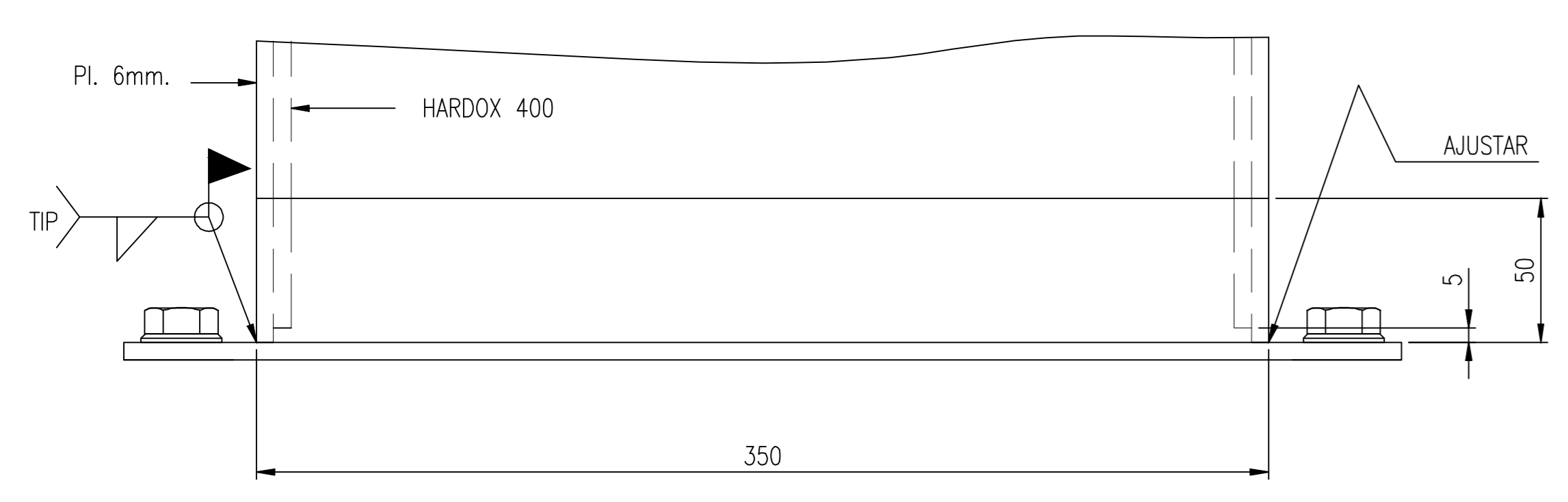




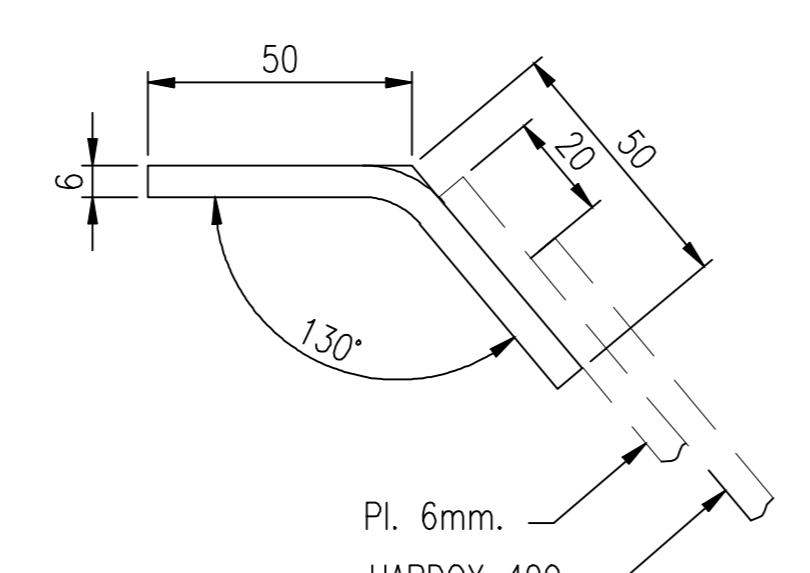
ELEVACION FRONTAL  
SOPORTE DE CHUTE DE DESCARGA  
1/5



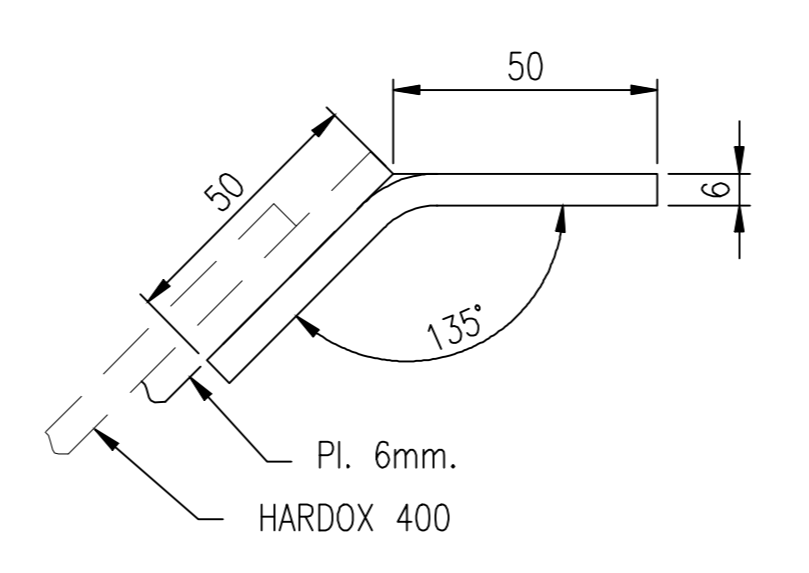
LATERAL  
1/5



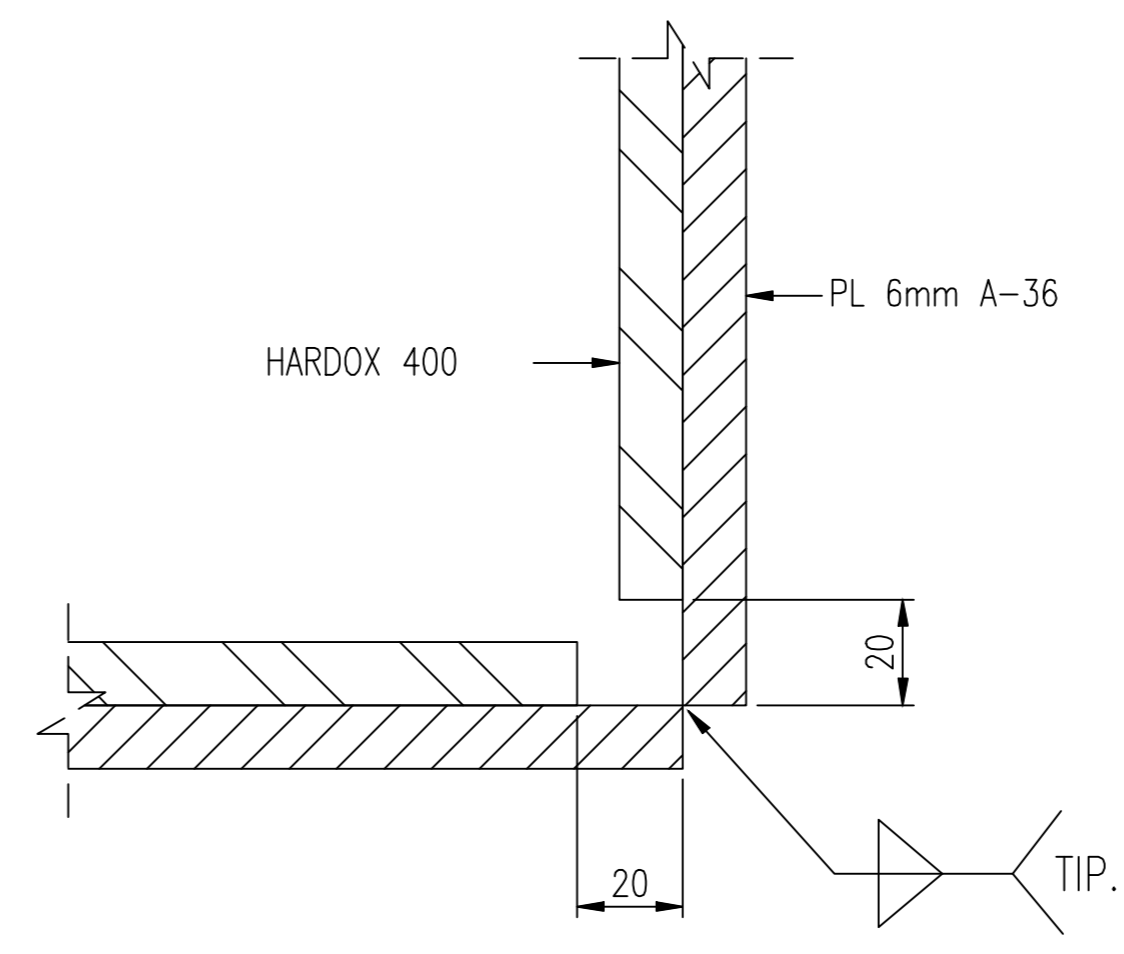
DETALLE 6  
1/25



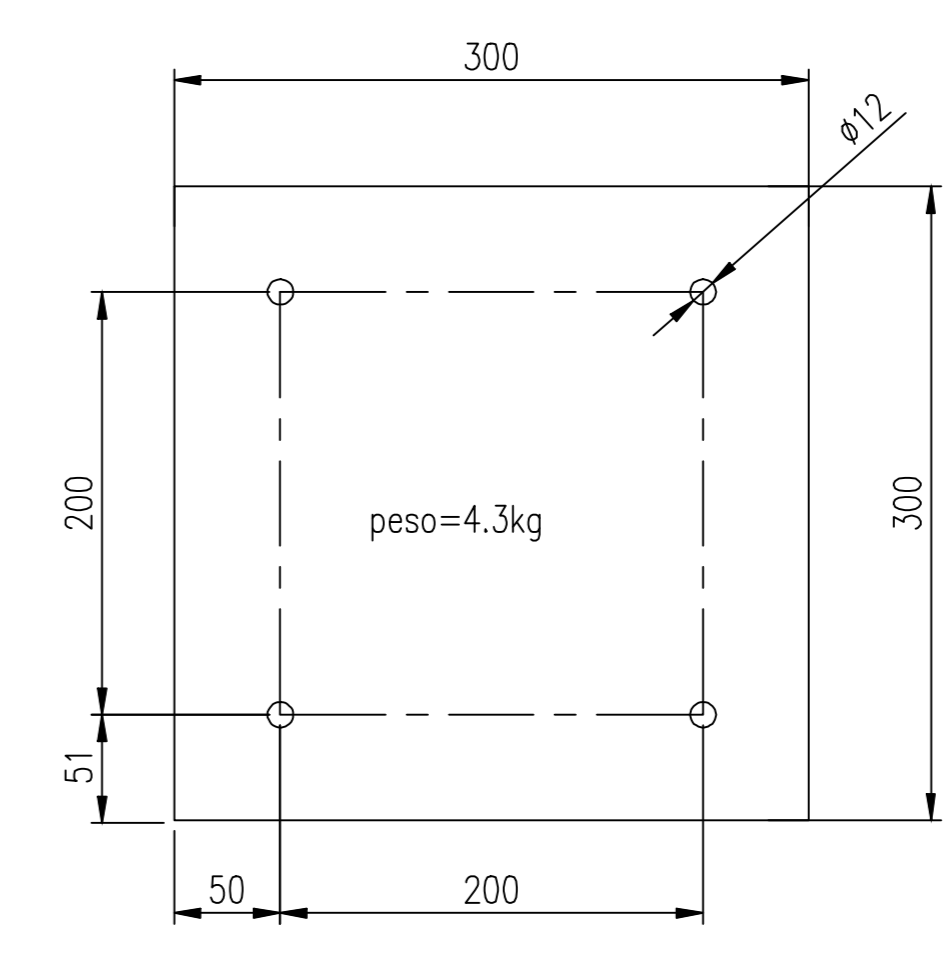
DETALLE 7  
1/2



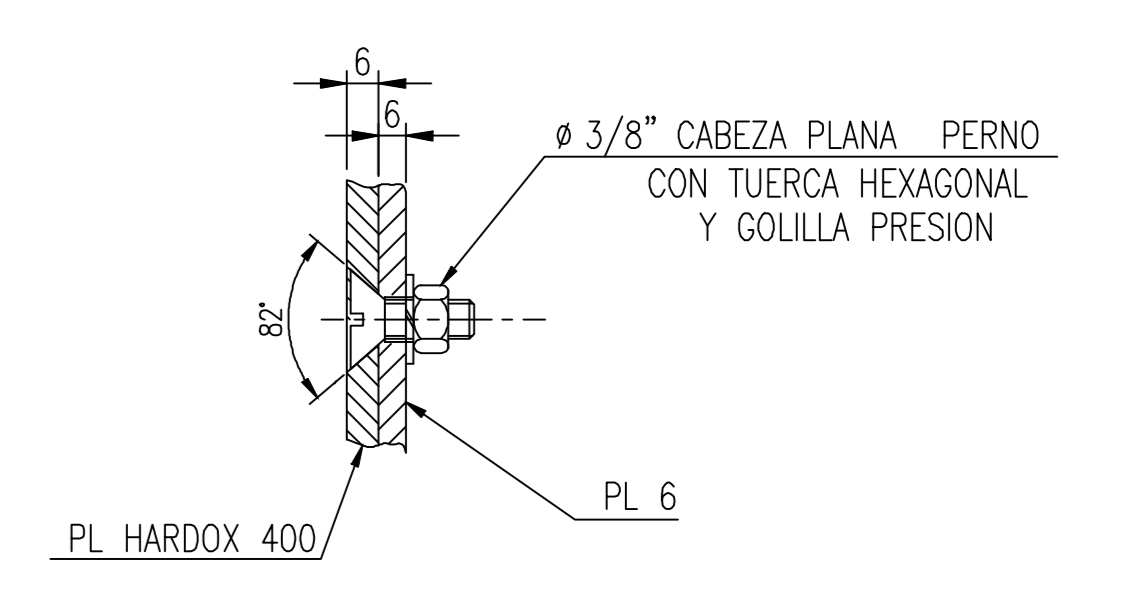
DETALLE 8  
1/2



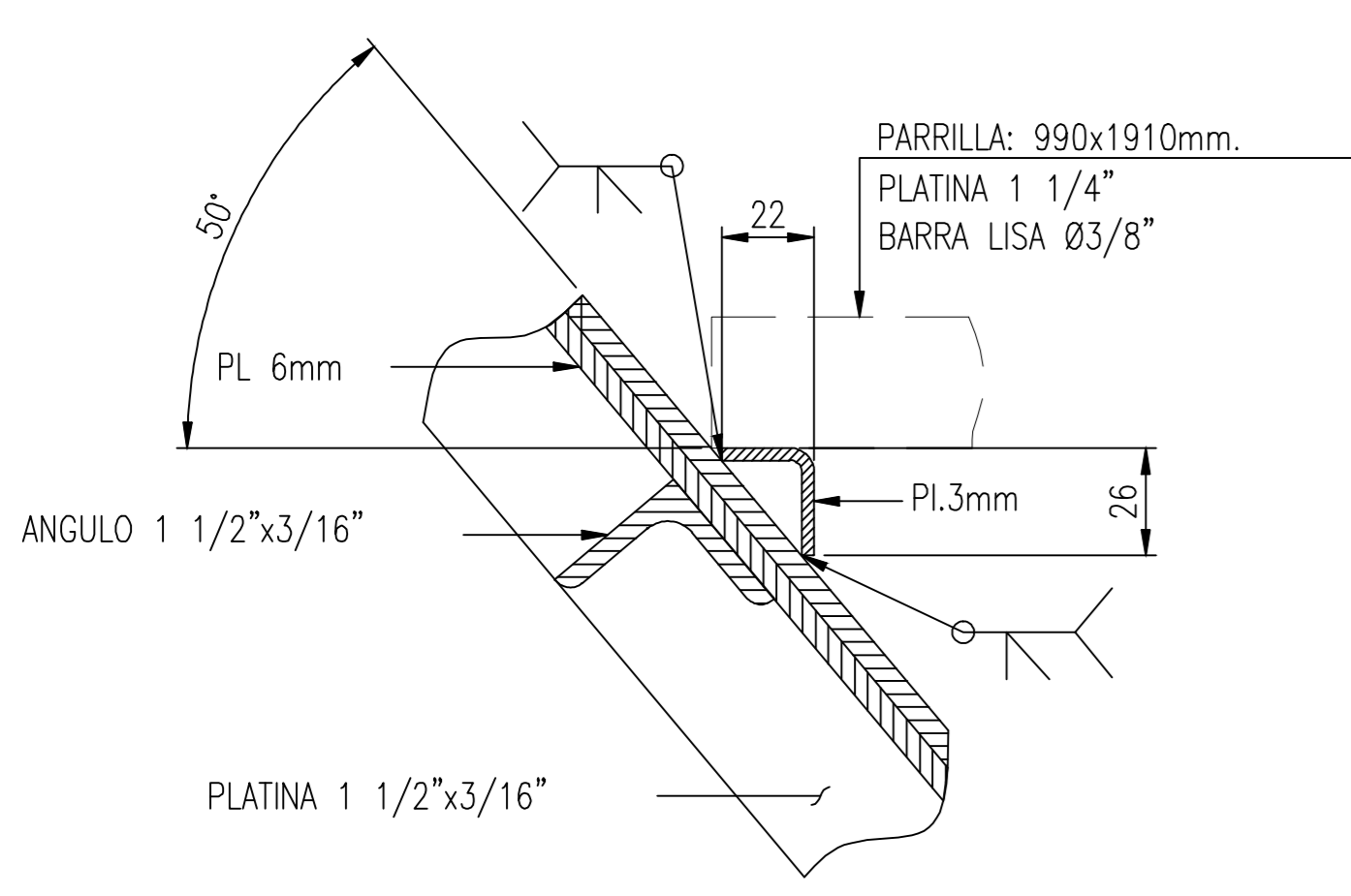
DETALLE TIPICO DE ESQUINAS  
1/2



TAMAÑO TIPICO-PL.HARDOX 6mm.  
1/5

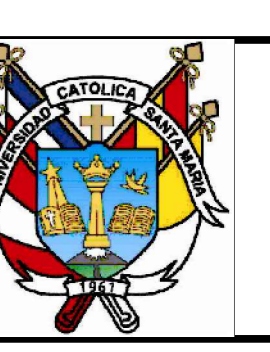


DETALLE DE APERNADO DE HARDOX 400  
1/5



DETALLE 9  
1/25

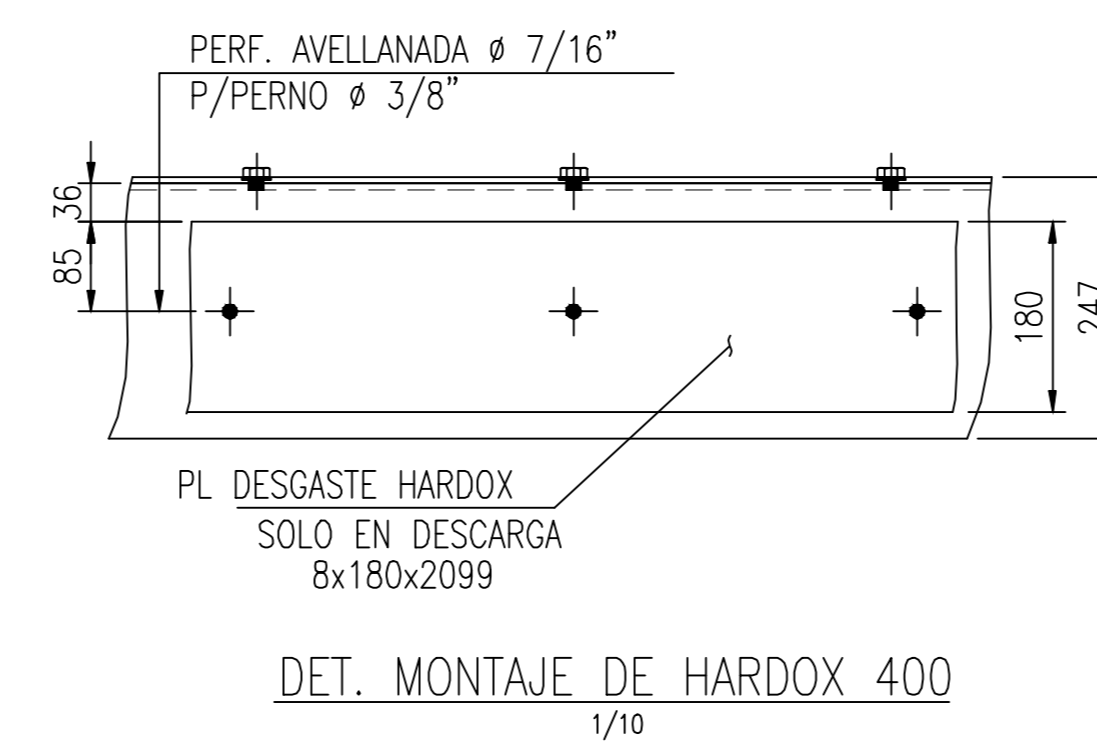
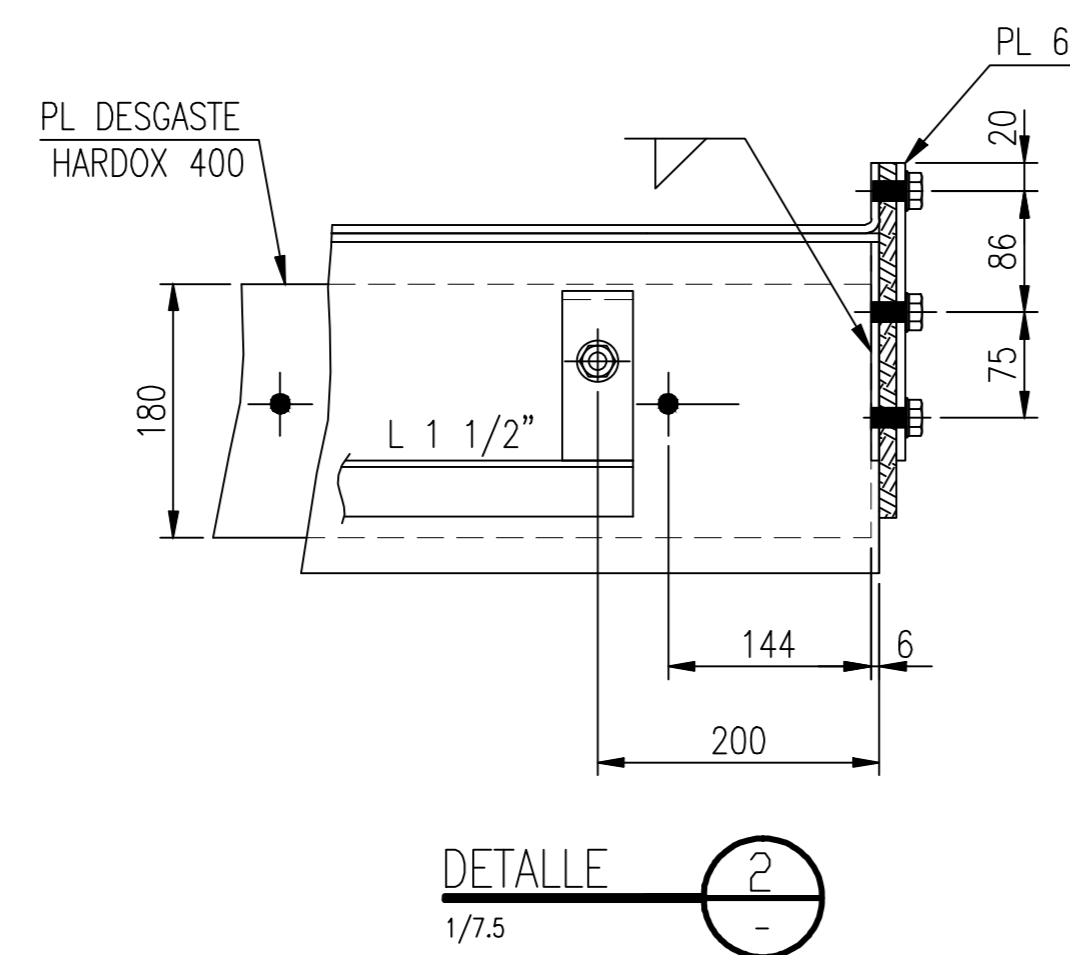
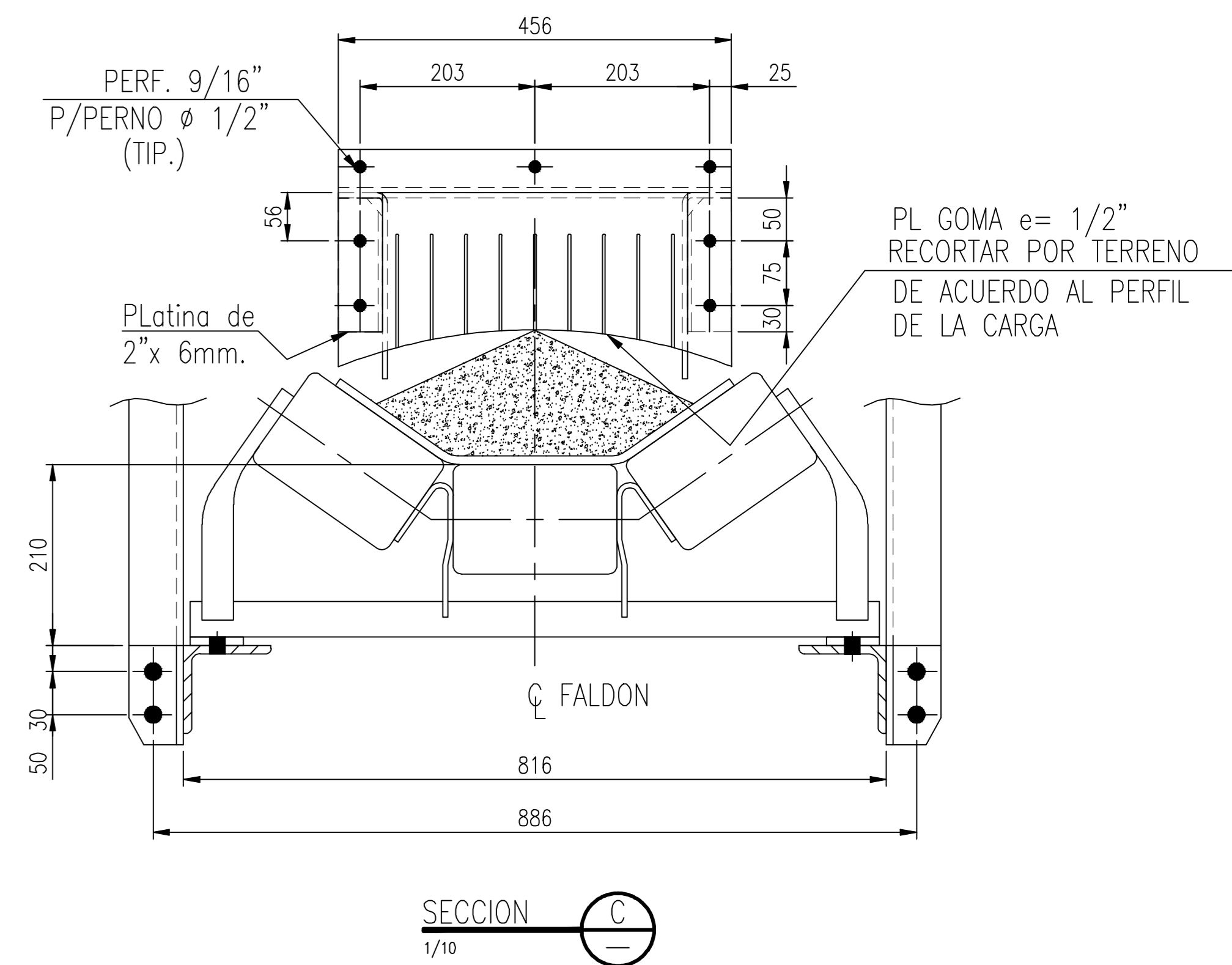
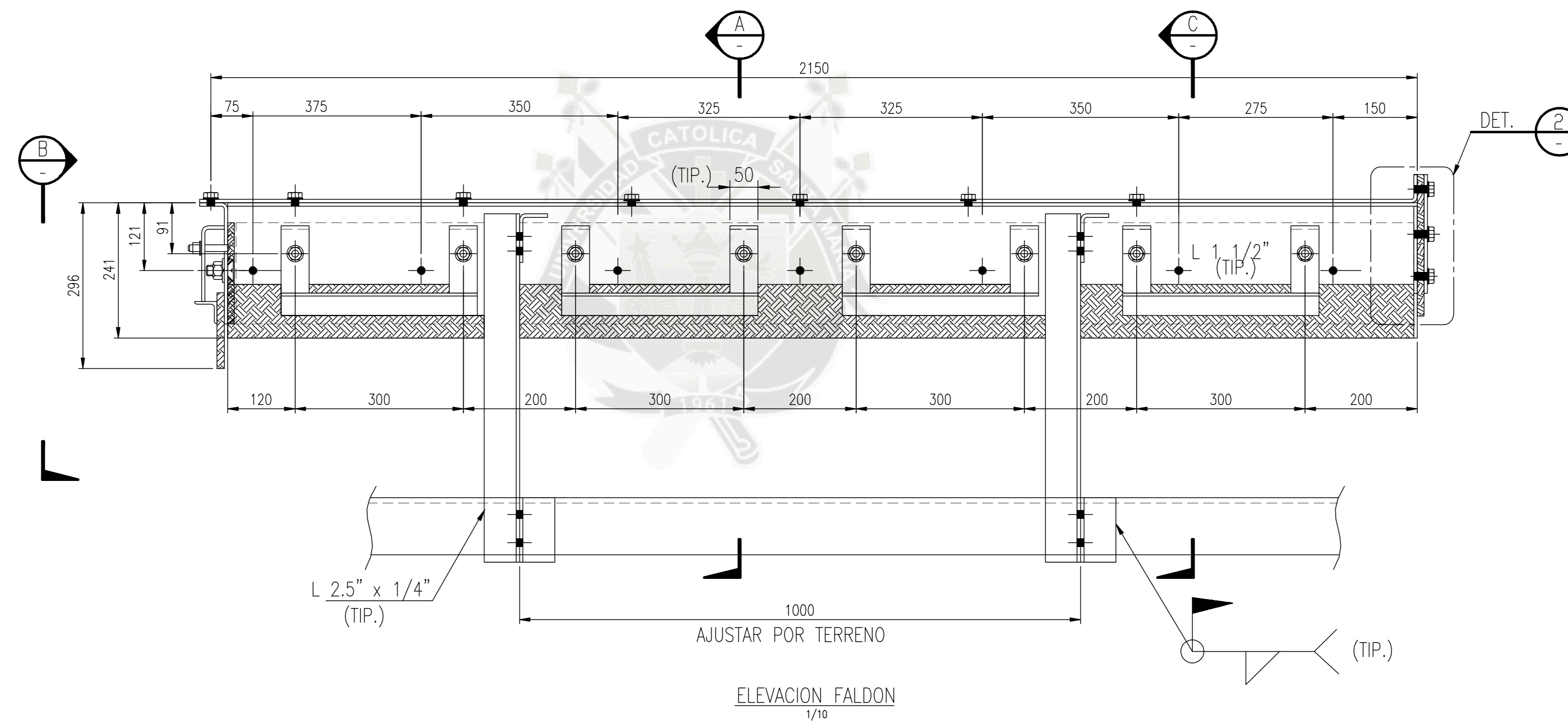
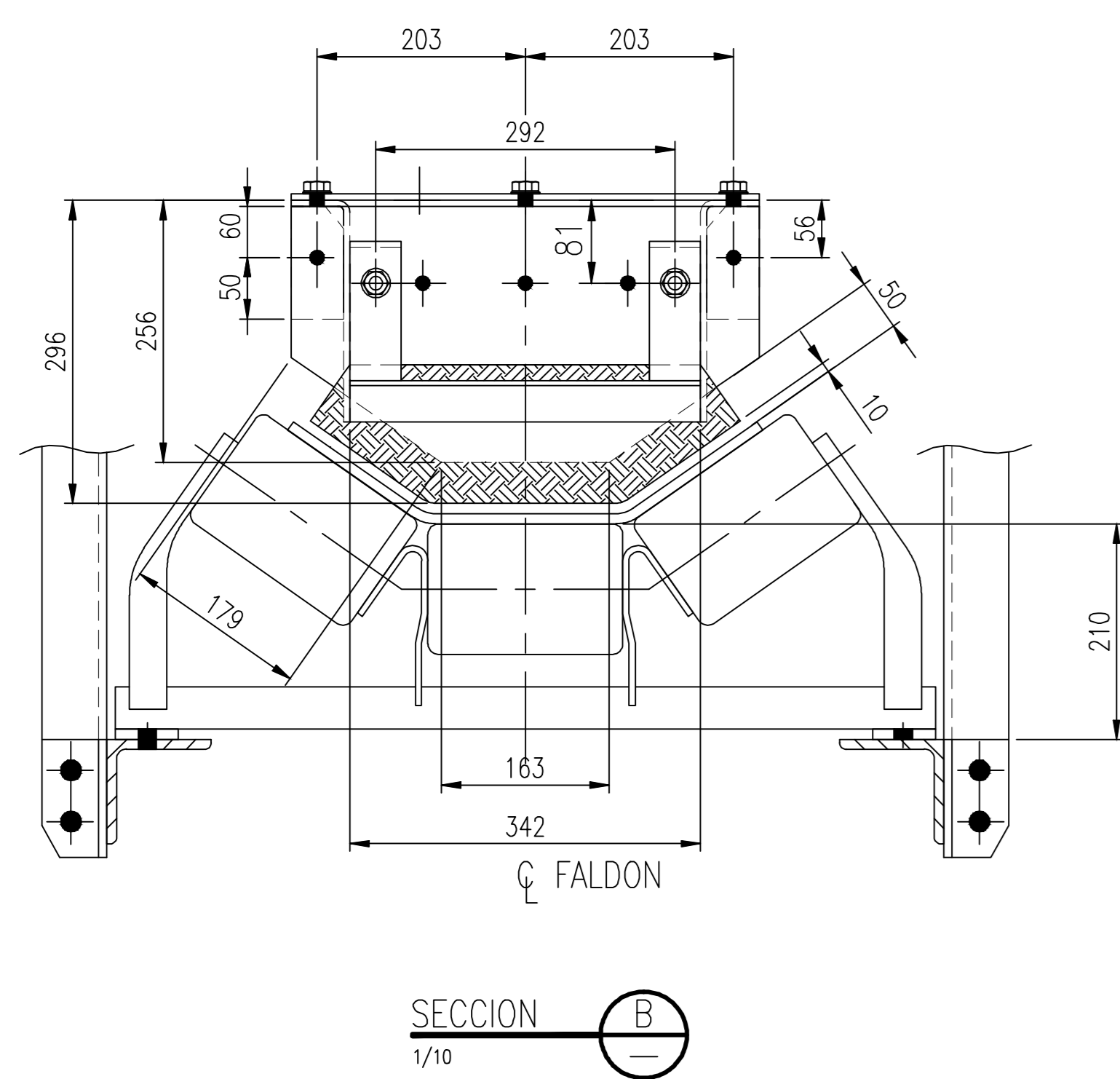
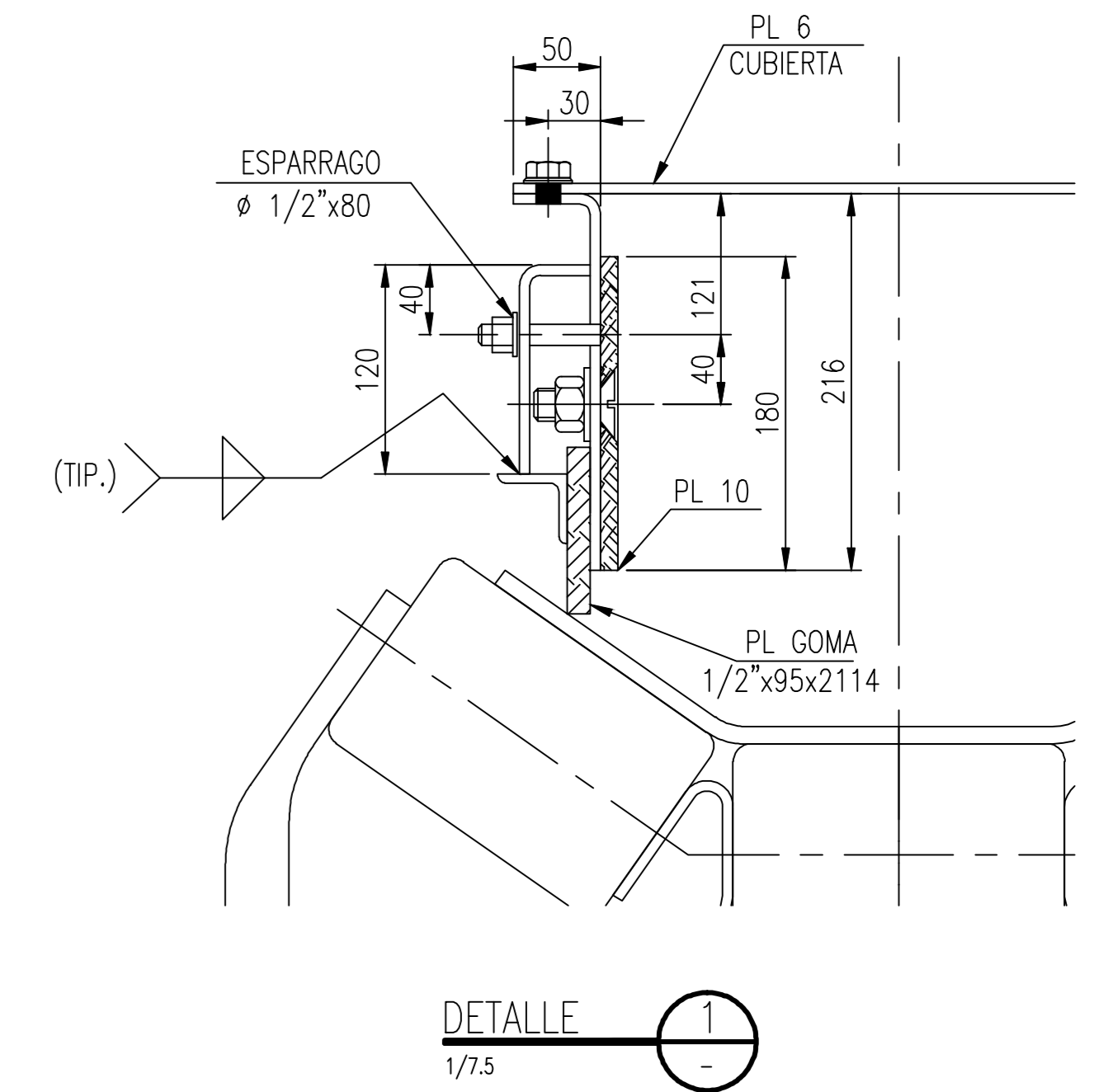
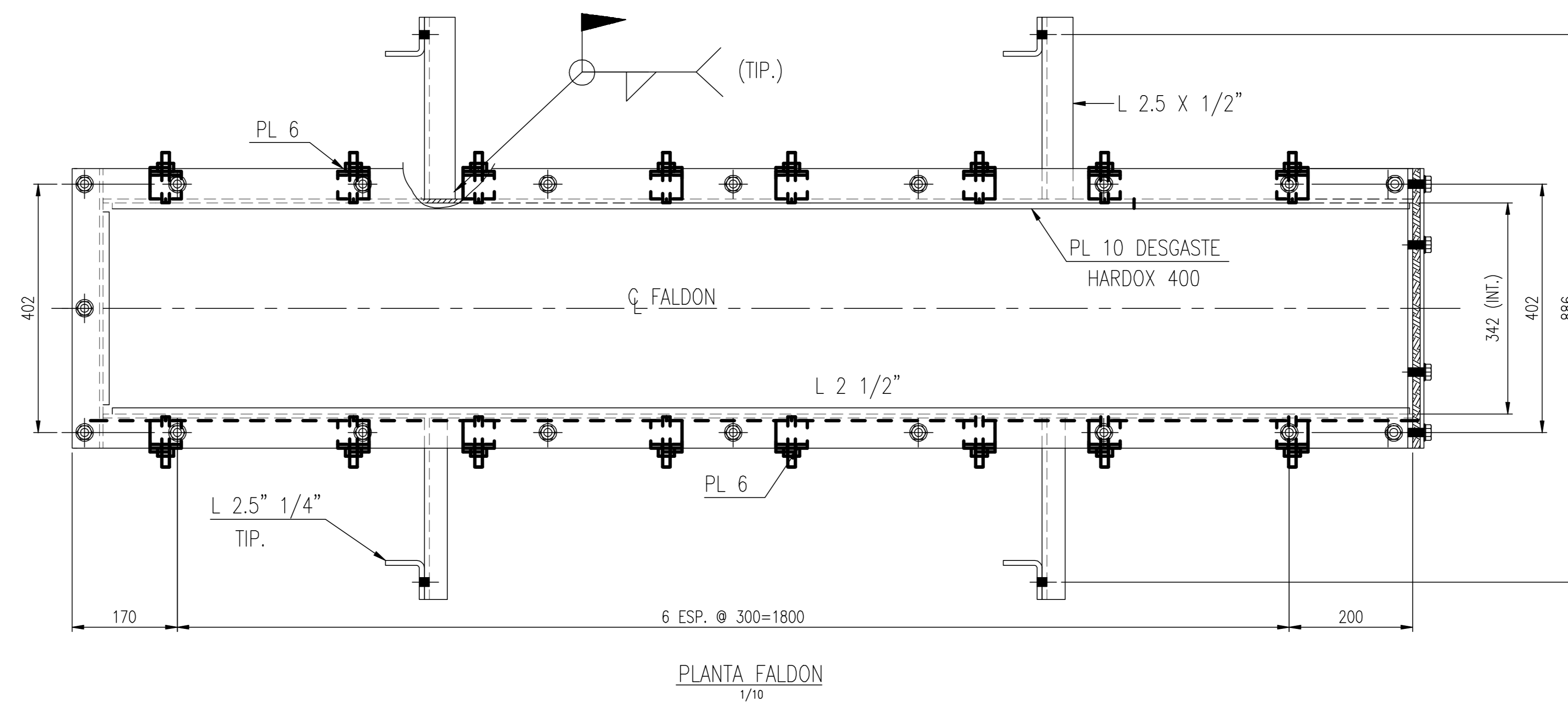
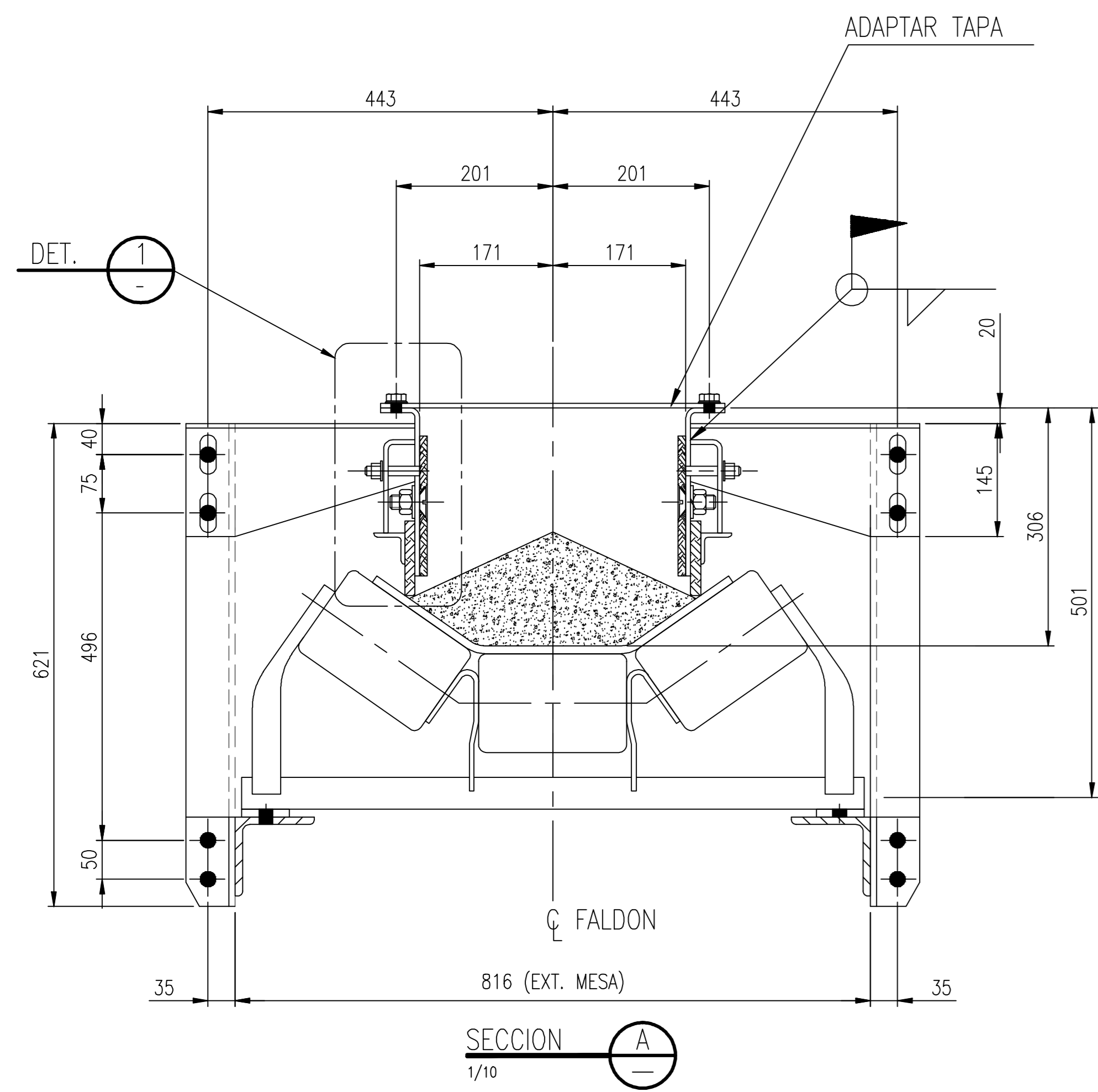
NOMBRES		FECHA	TITULO	PLANO
ELABORÓ	Gabriel Fernández			
REVISÓ	Ing. Jorge Castro			
ESCALA	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURA FAJA 24" - VISTAS Y DETALLES CHUTE DE ALIMENTACIÓN			



ESCALA METRICA 1:25

ESCALA METRICA 1:25

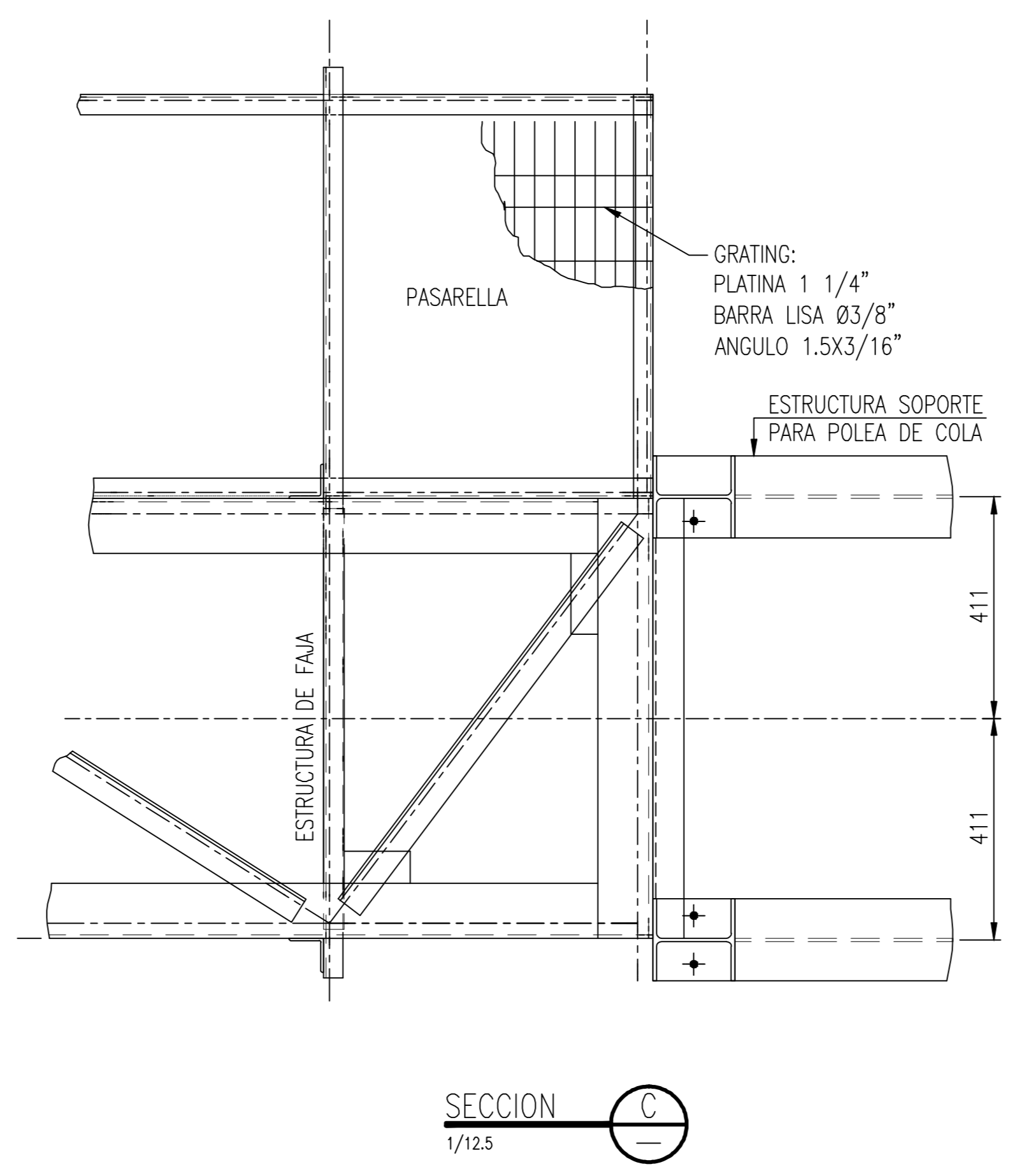
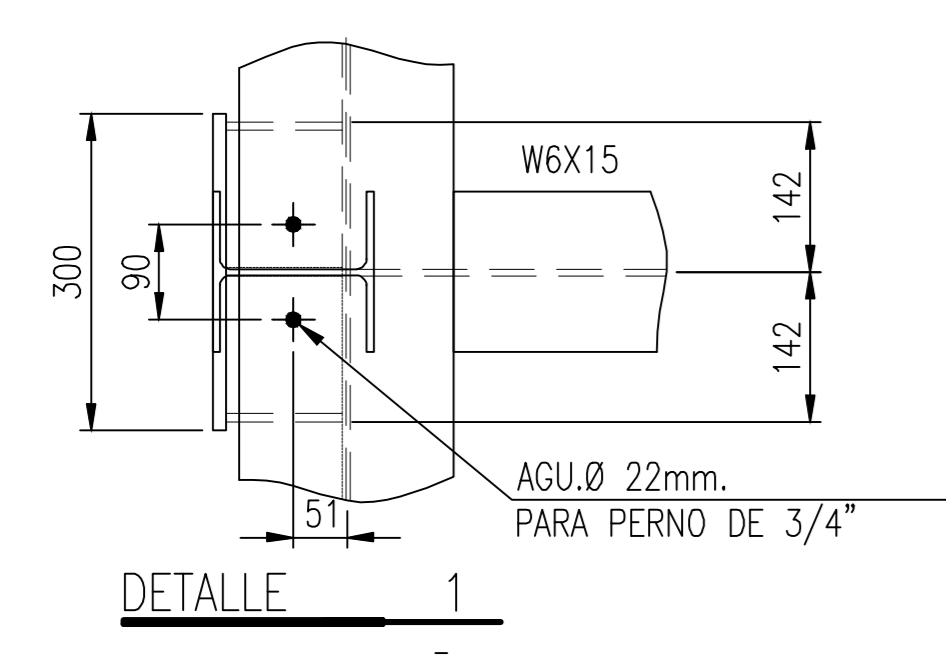
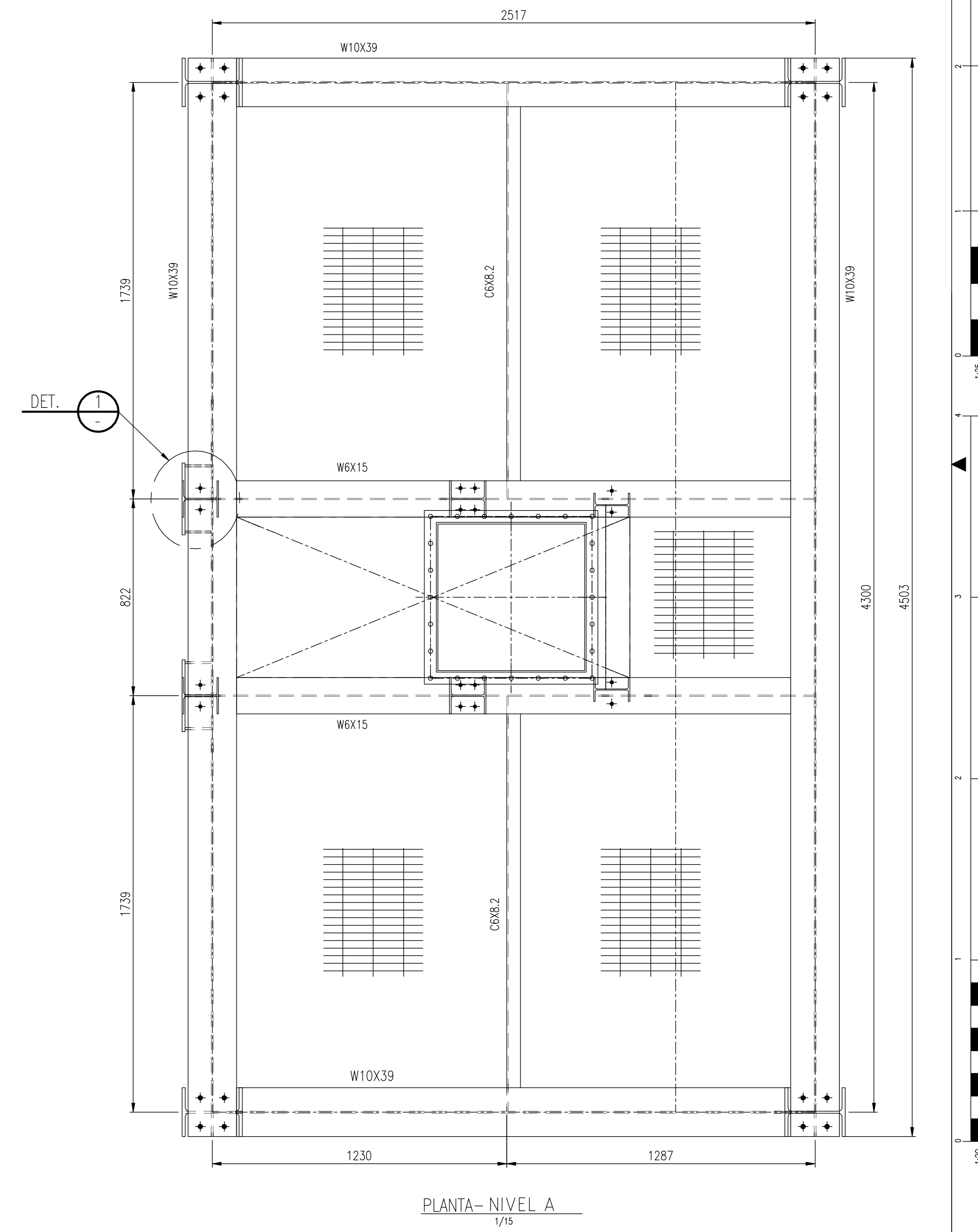
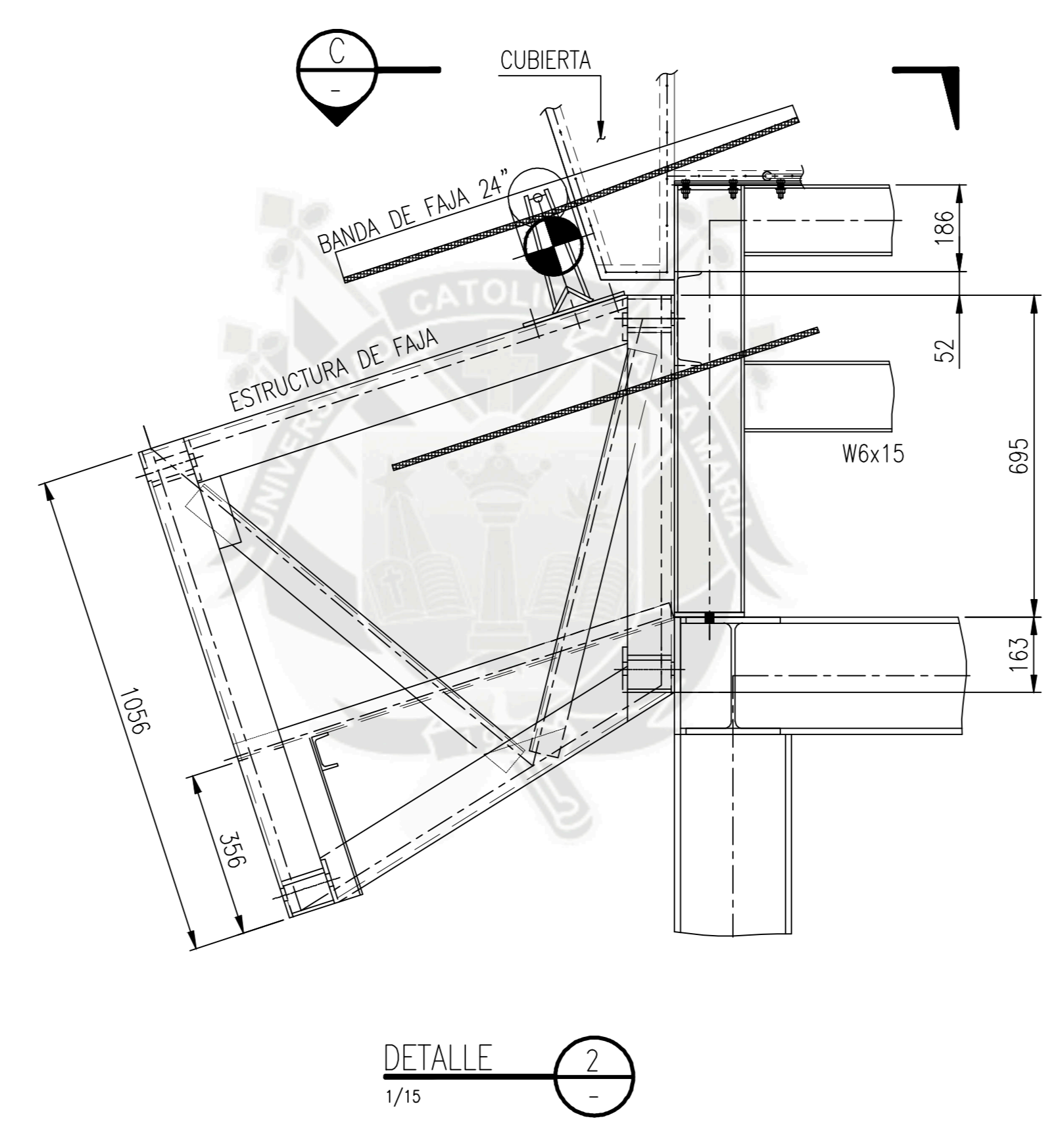
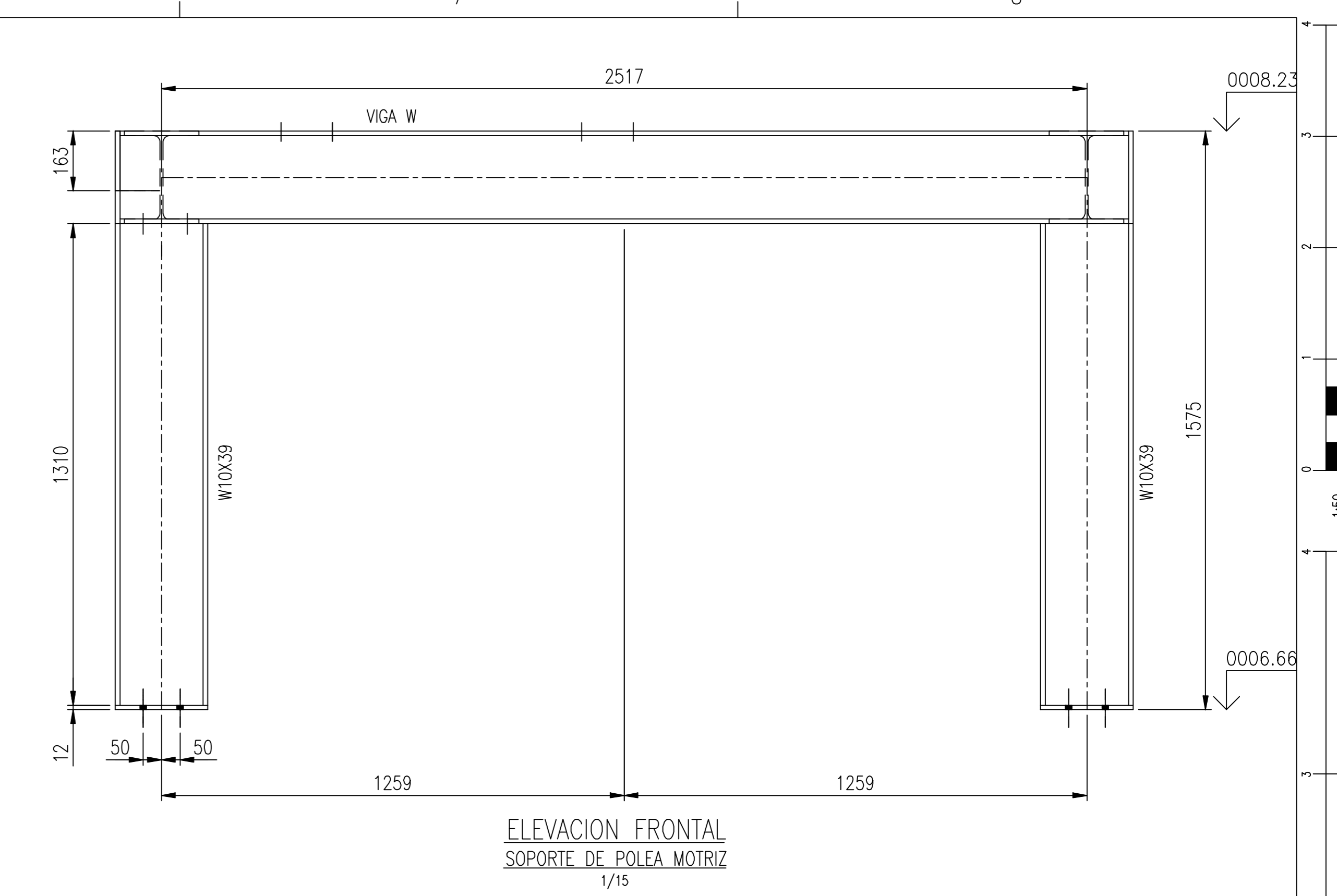
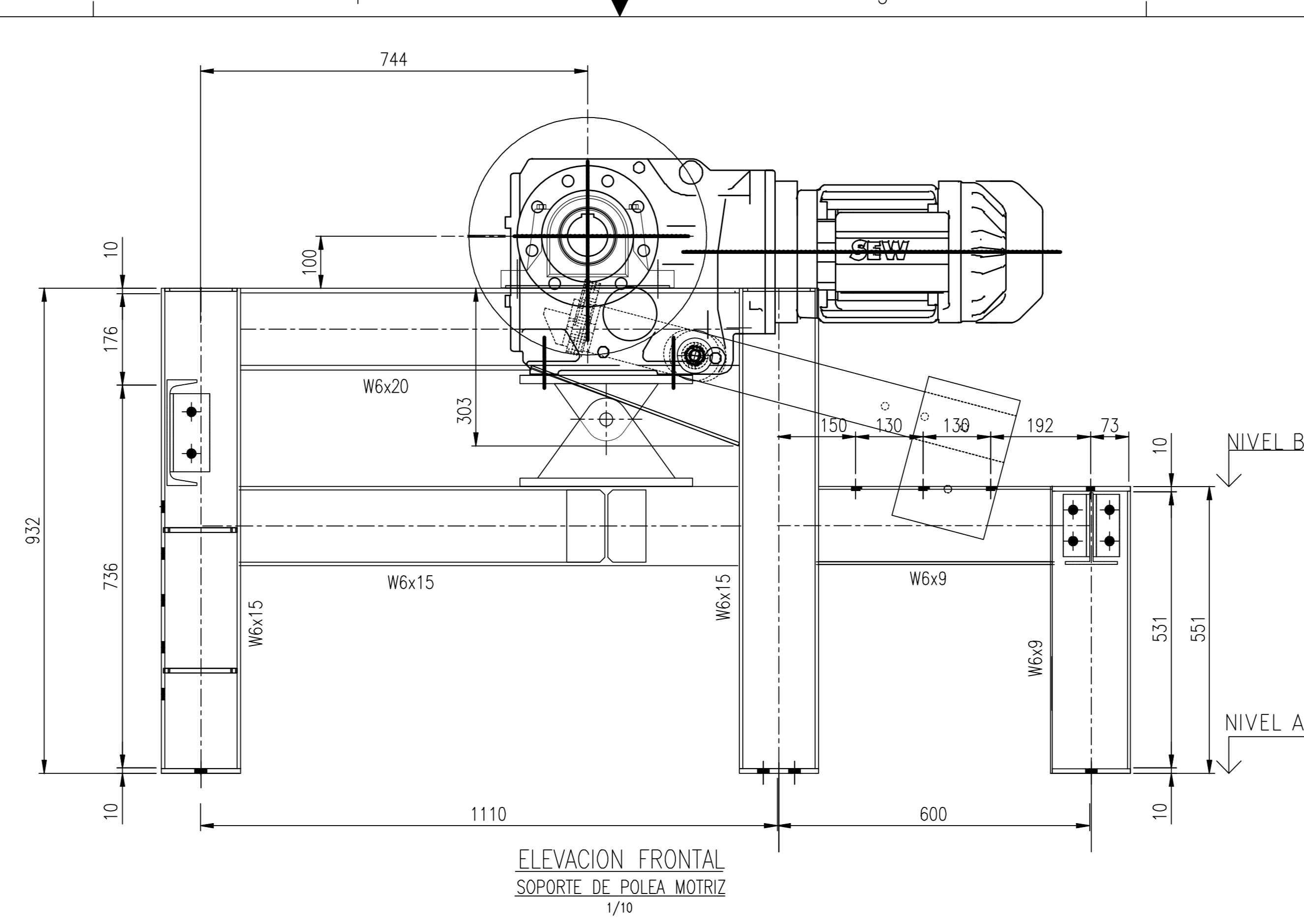
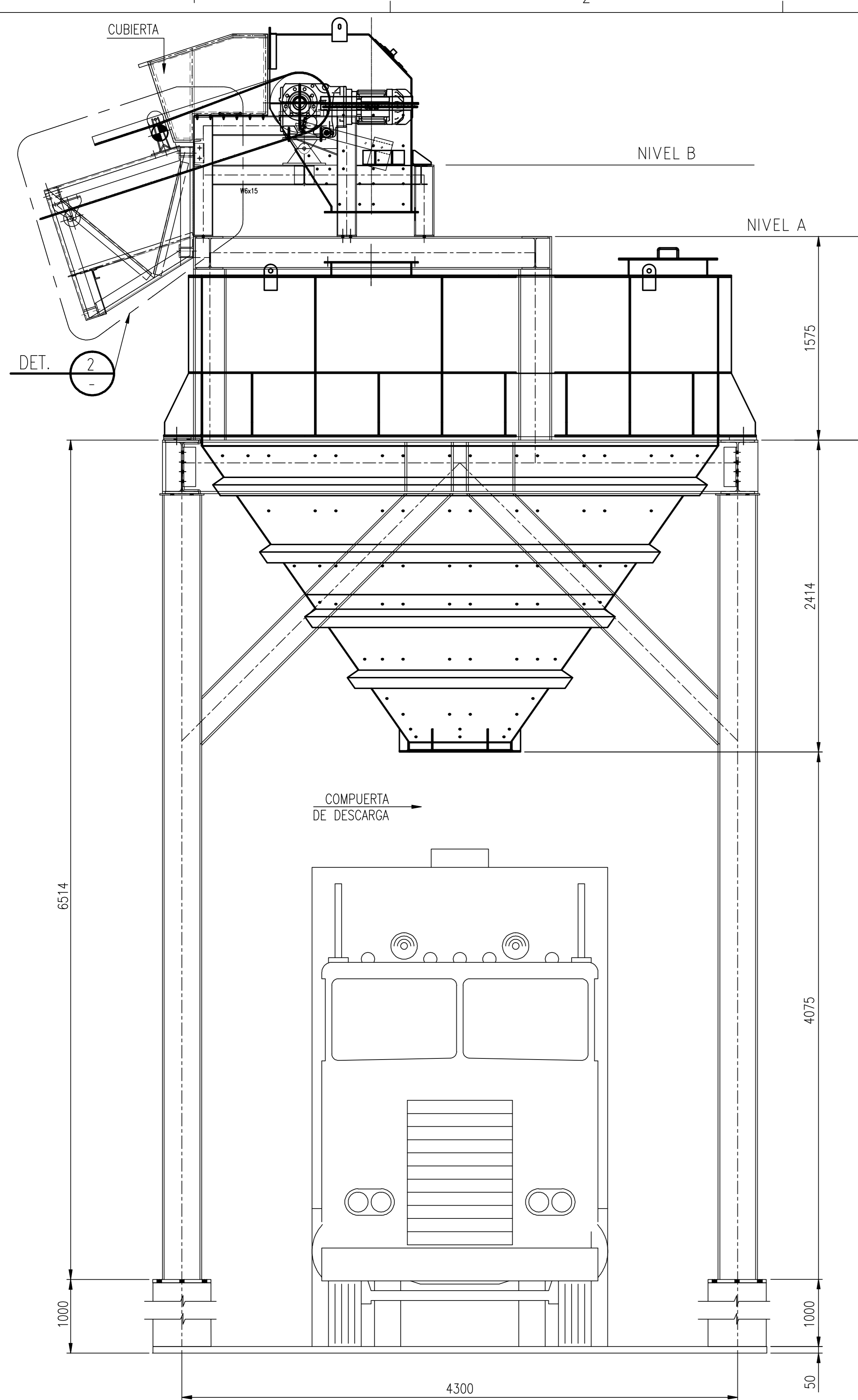




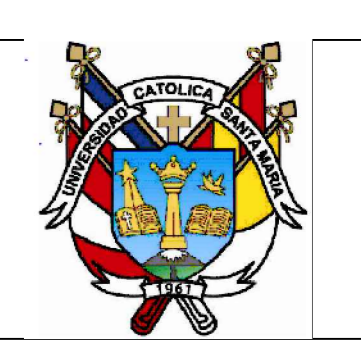
- NOTAS
- 1.- DIMENSIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES EN METROS
  - 2.- LAS COTAS PREVALECN SOBRE EL DIBUJO
  - 3.- PERNOS CALIDAD ASTM-A-307 INCLUYE TUERCAS Y GOLLILLAS
  - 4.- SOLDADURA DE FILETE CONTINUO 6mm, ELECTRODO E70XX, SEGUN NORMA A.W.S.

	NOMBRES	FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA	IND.	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURA FAJA 24" - VISTAS Y DETALLES DE FALDON	
			PLANO CA-NIT-09

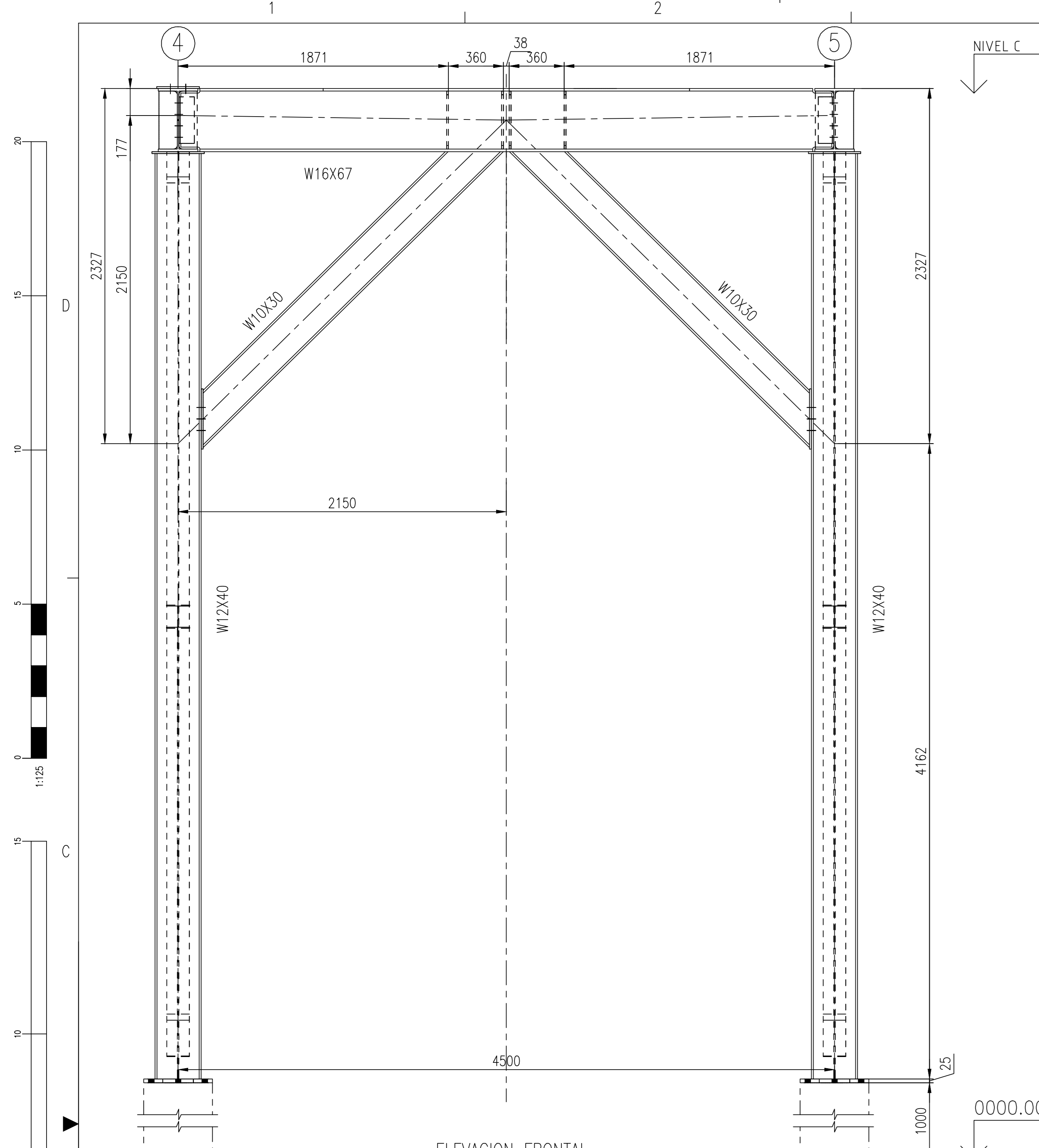




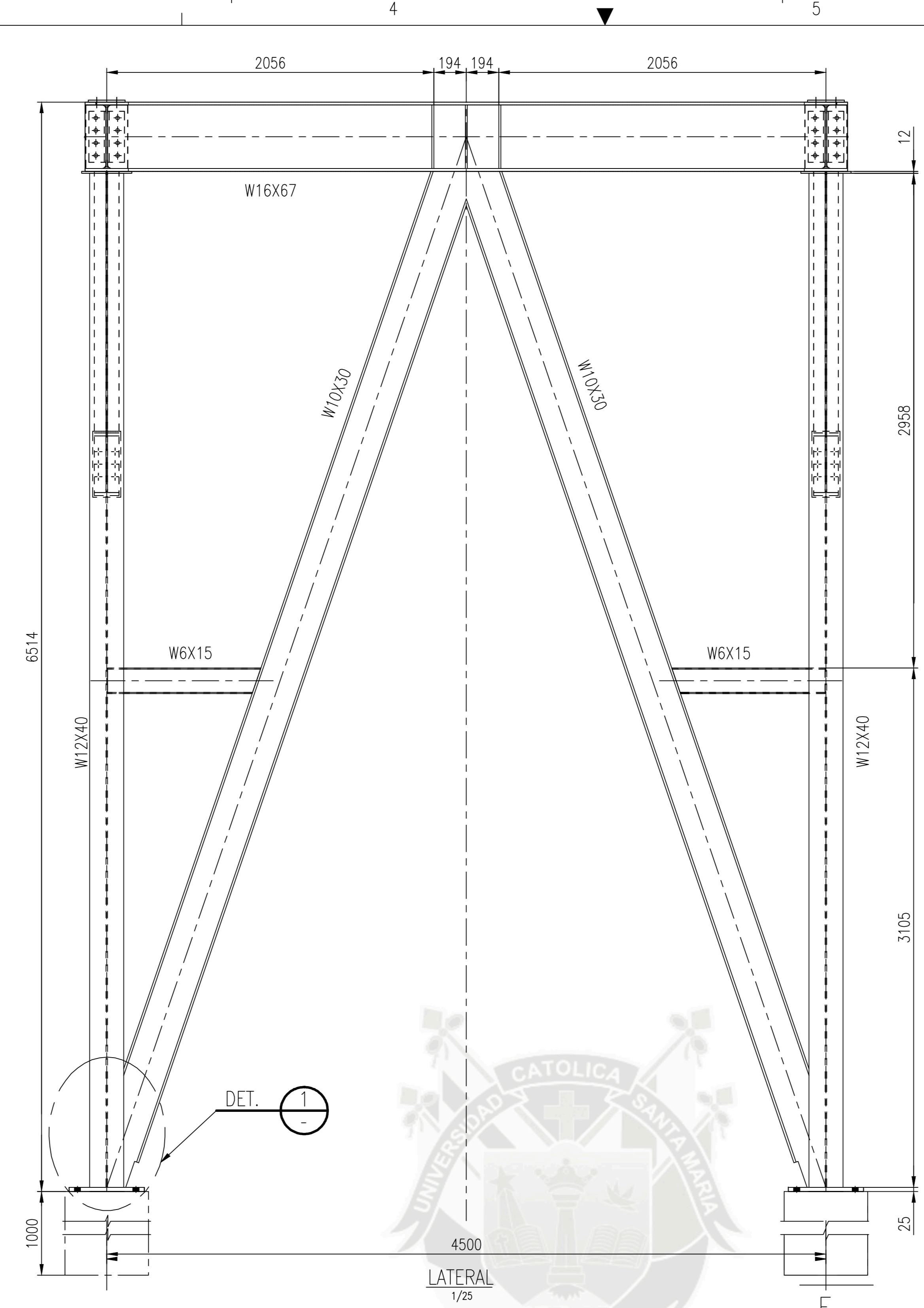
	NOMBRES	FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA	IND.	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURA FAJA 24" - ARREGLOS GENERALES	
			PLANO CA-NIT-10



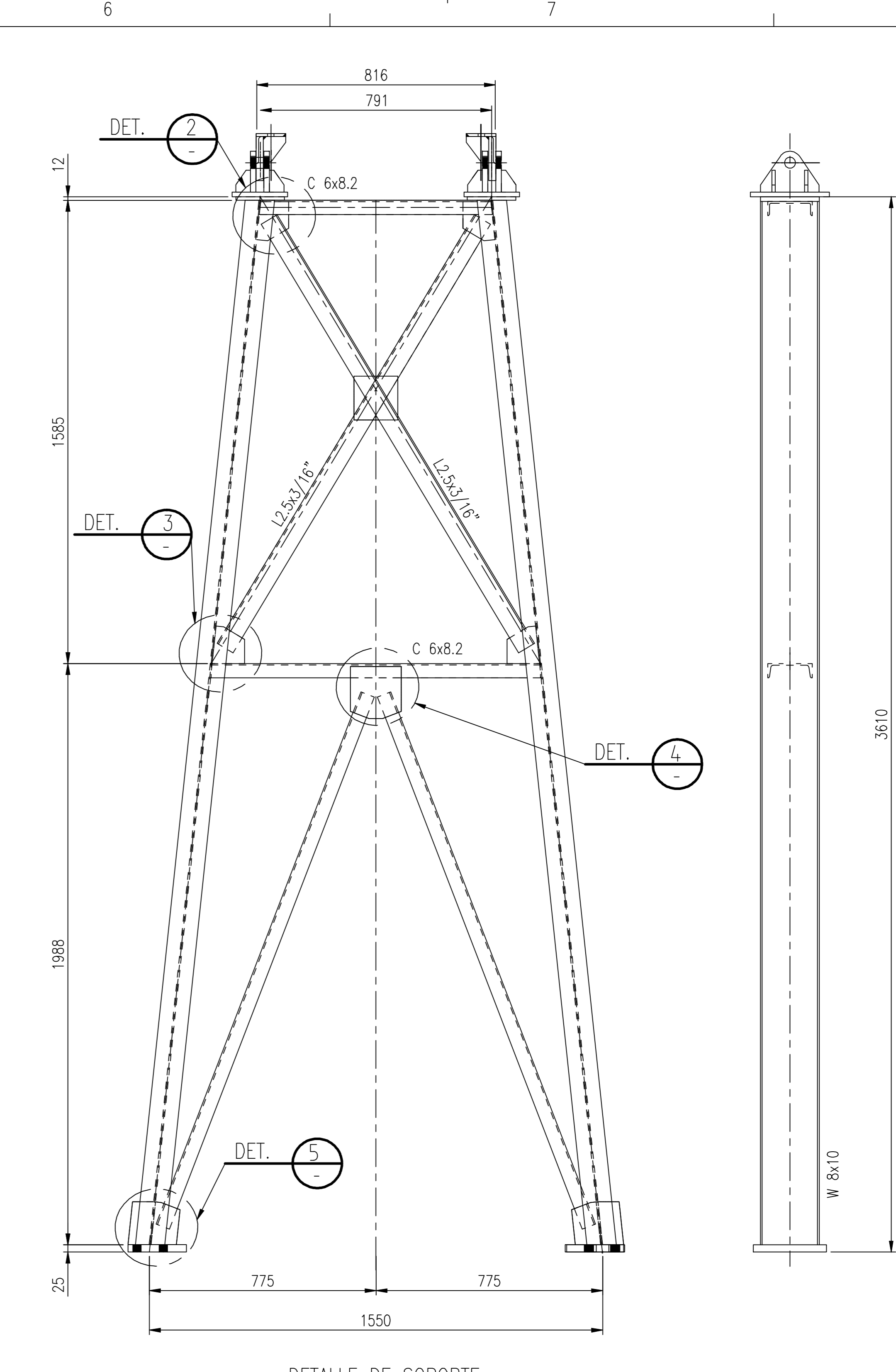




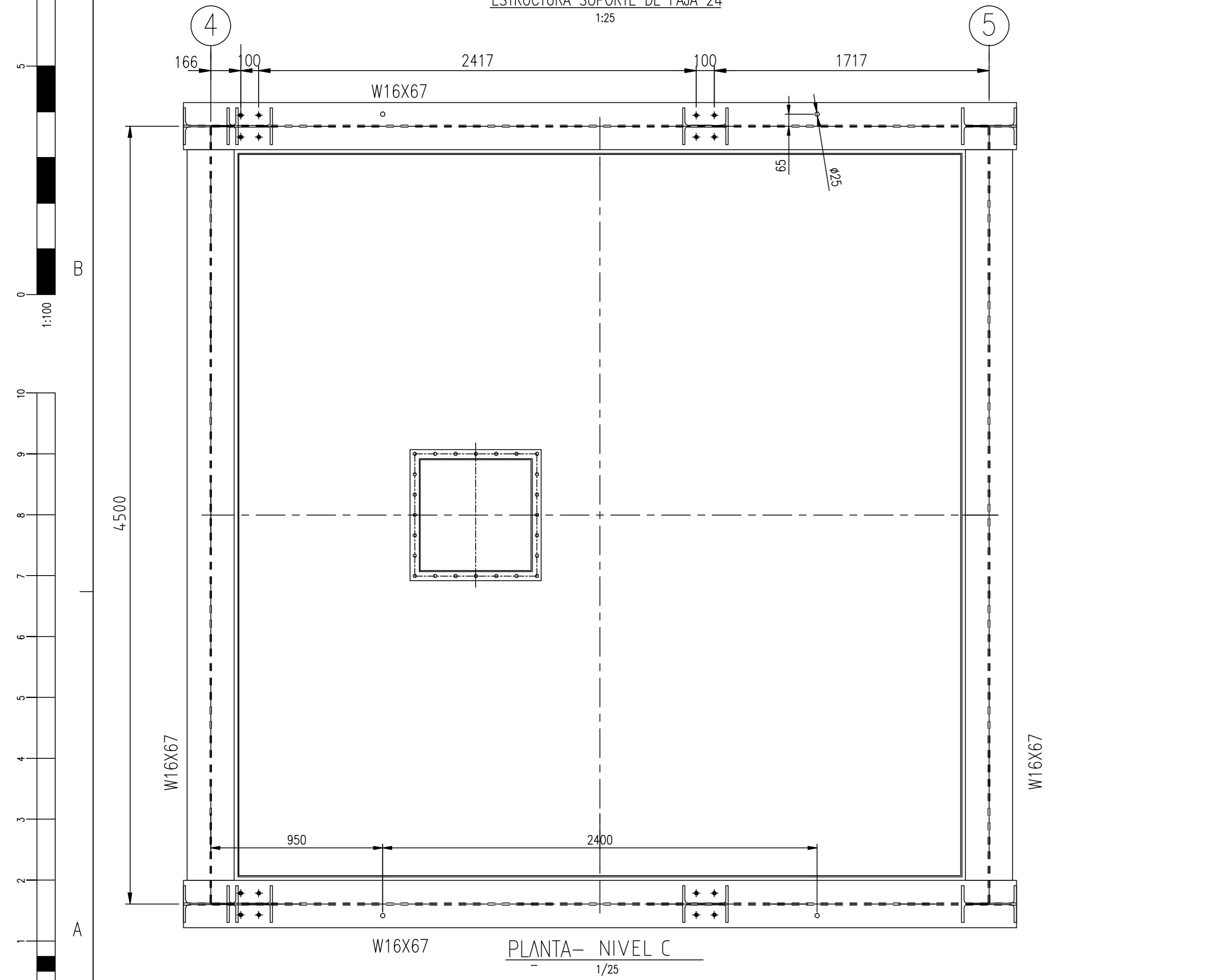
ELEVACION FRONTAL  
ESTRUCTURA SOPORTE DE FAJA 24  
1/25



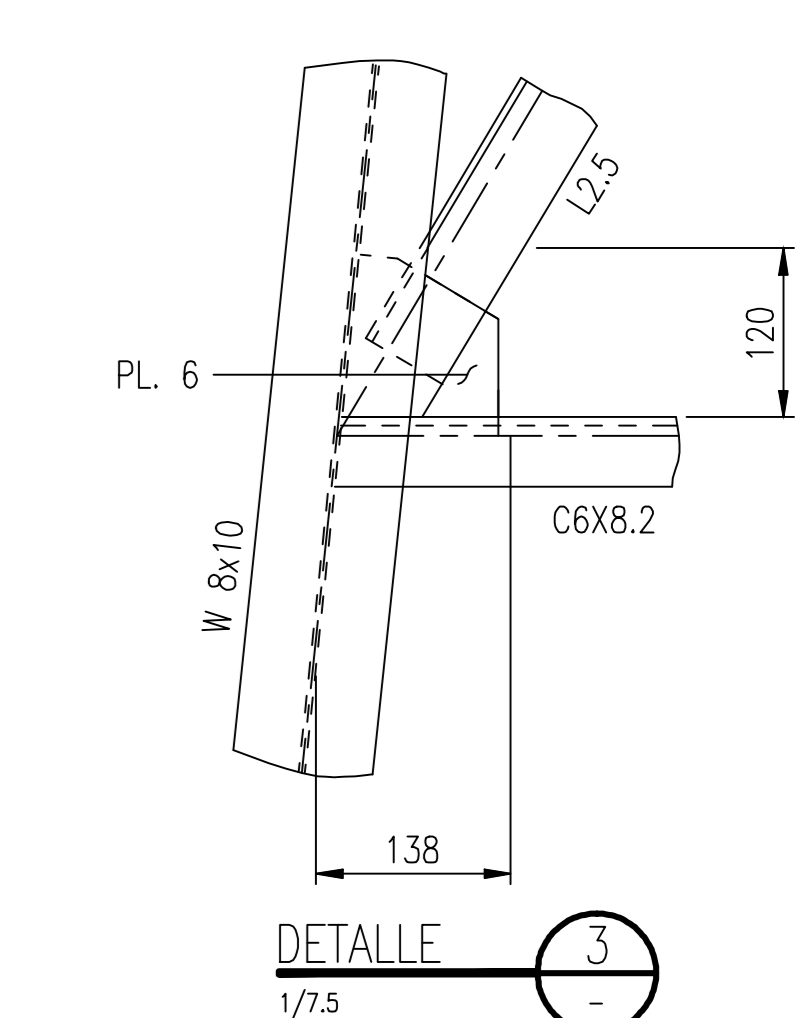
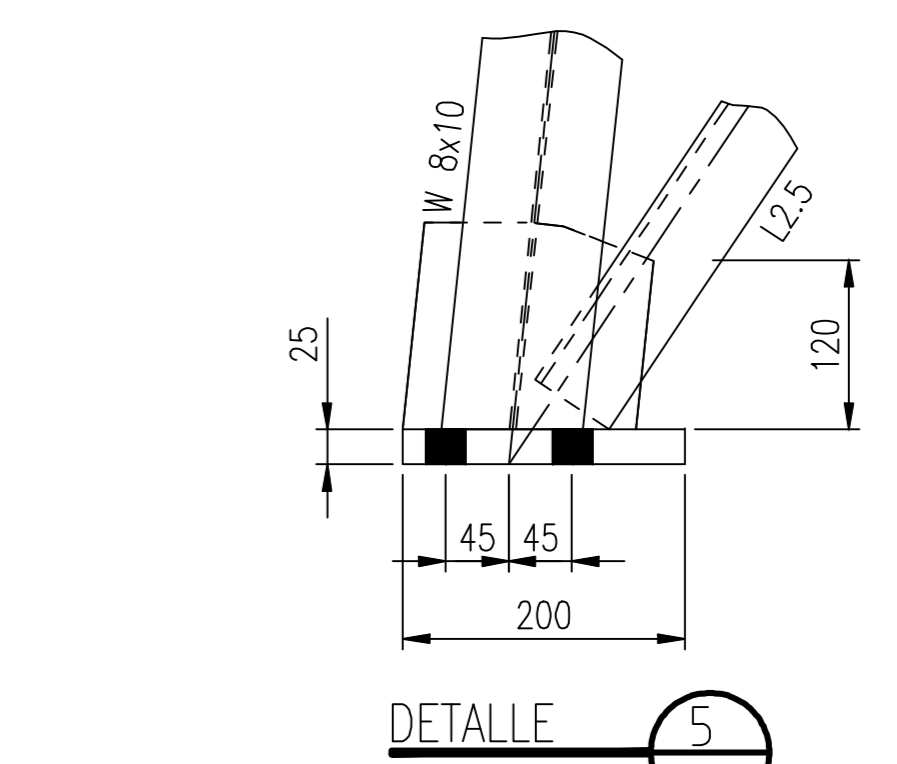
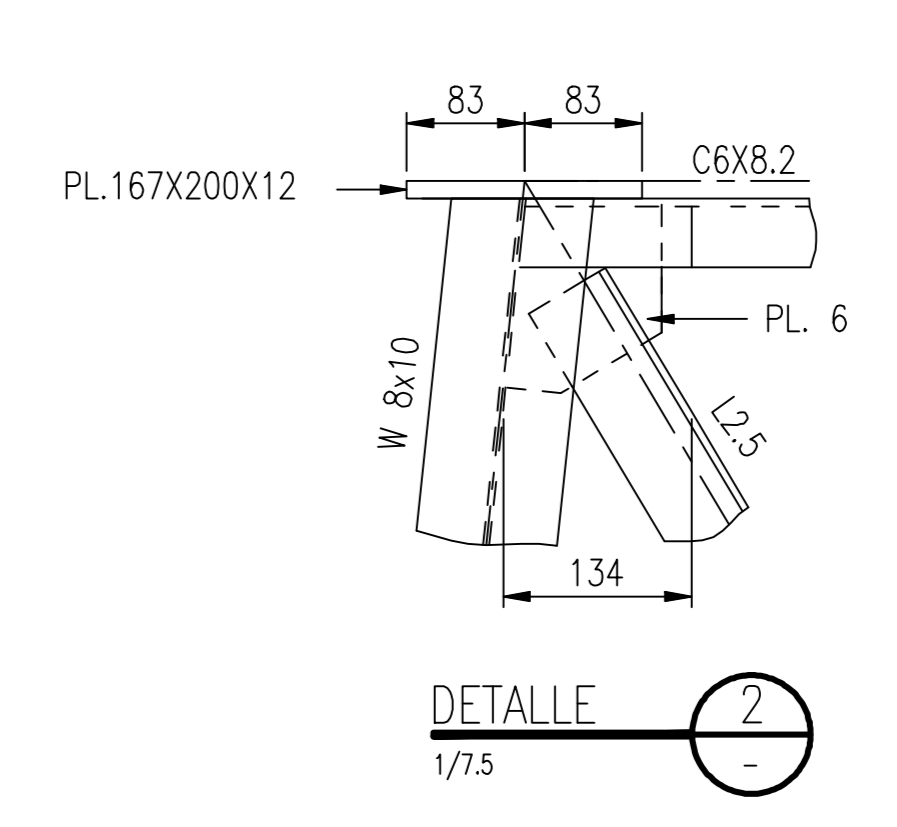
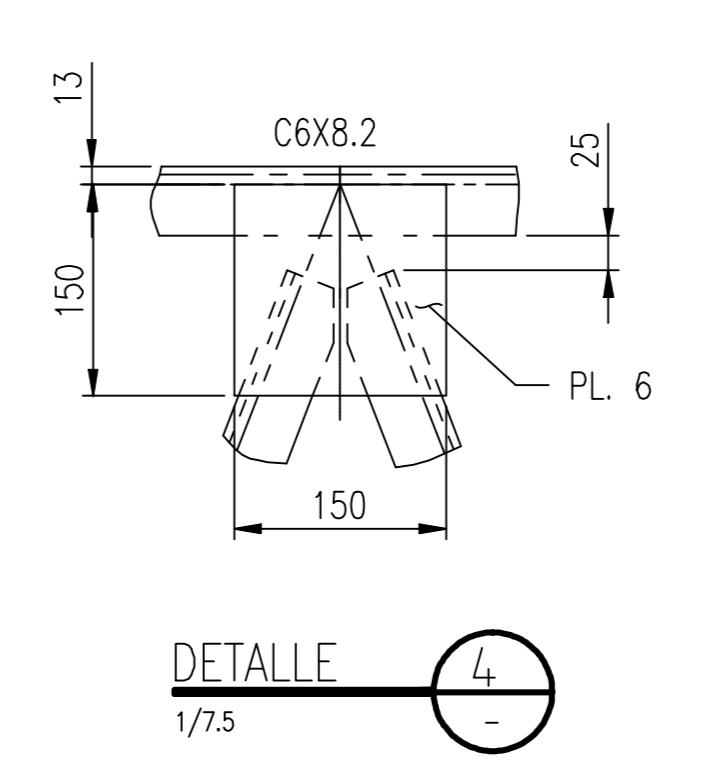
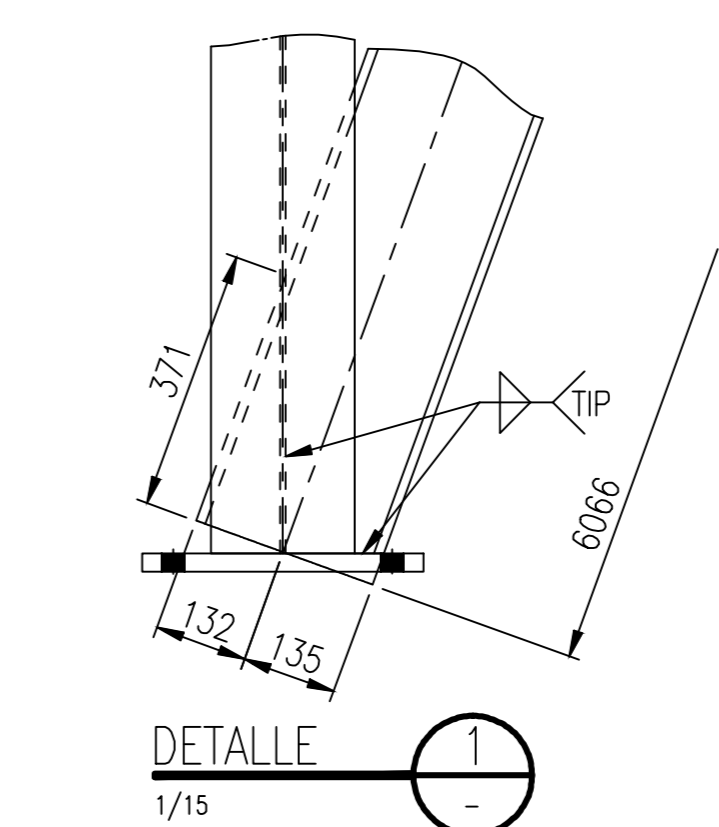
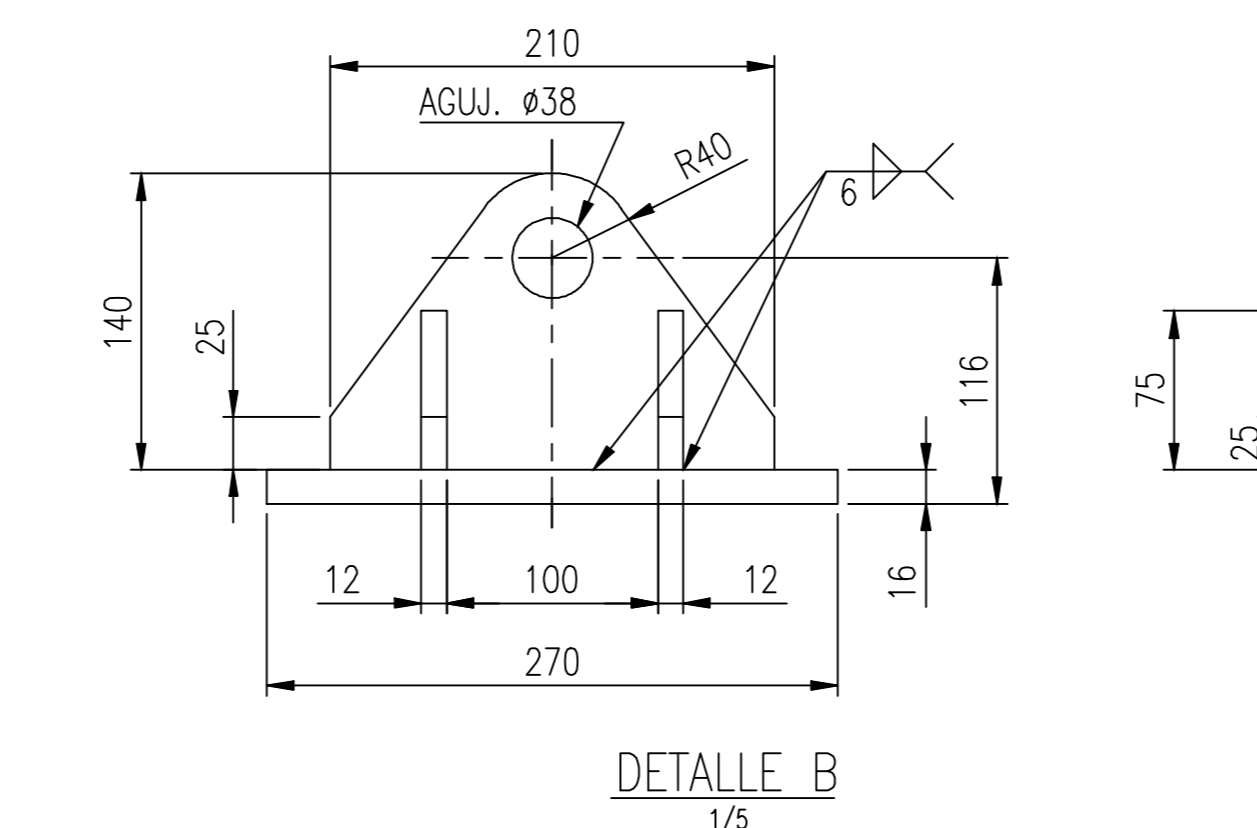
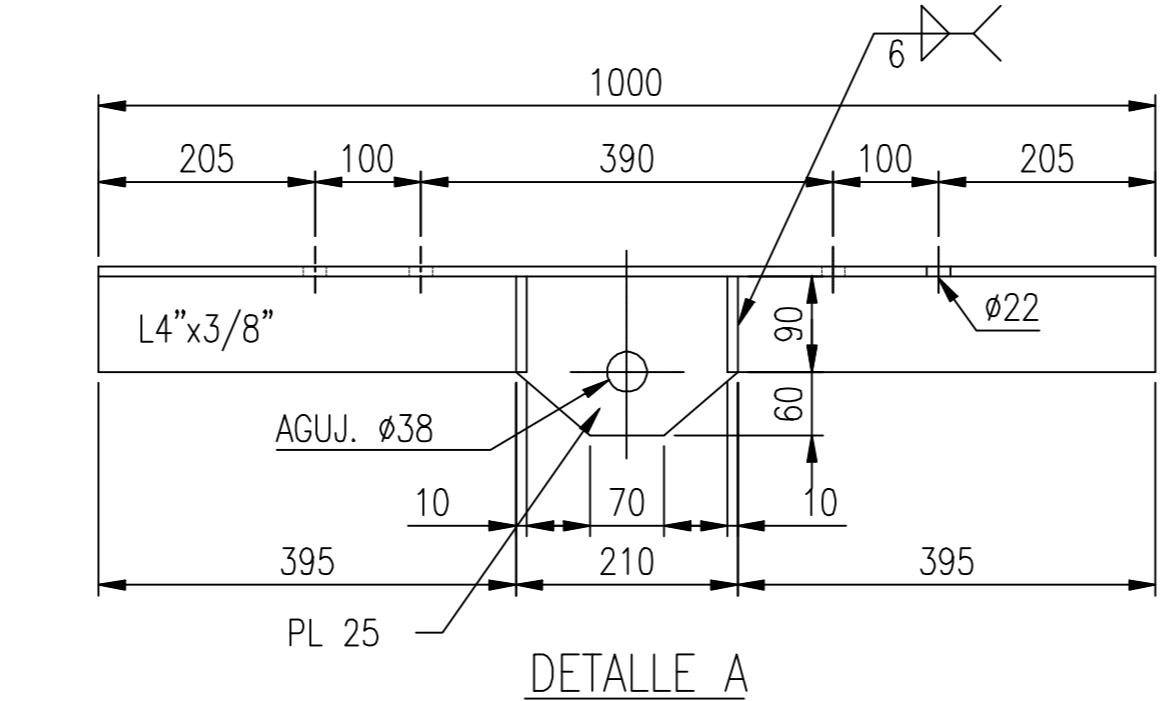
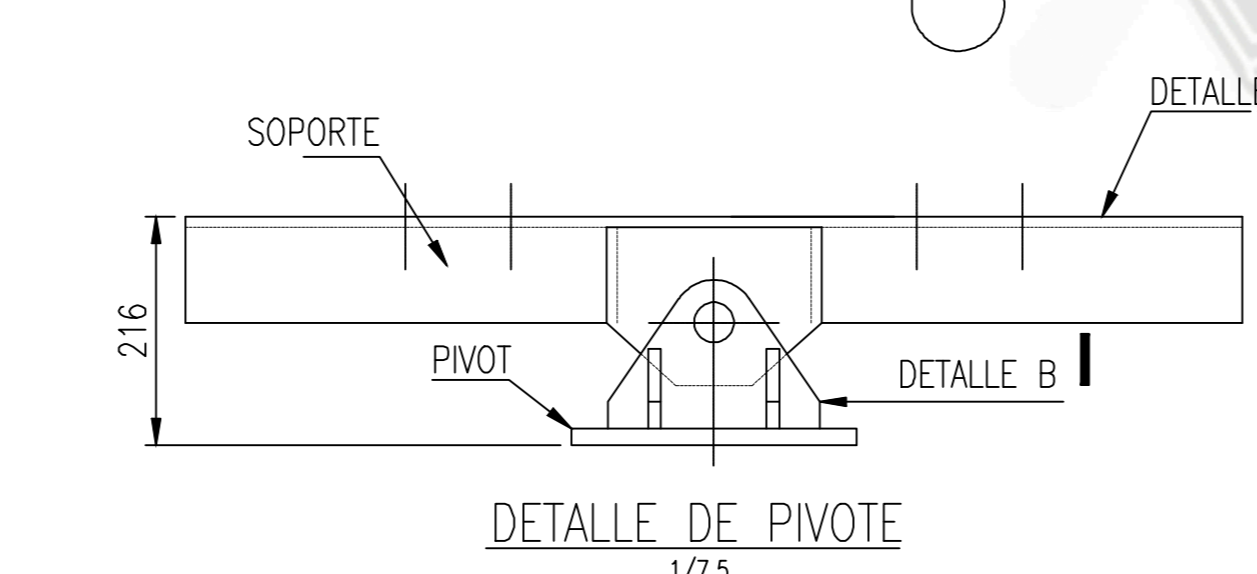
LATERAL  
1/25



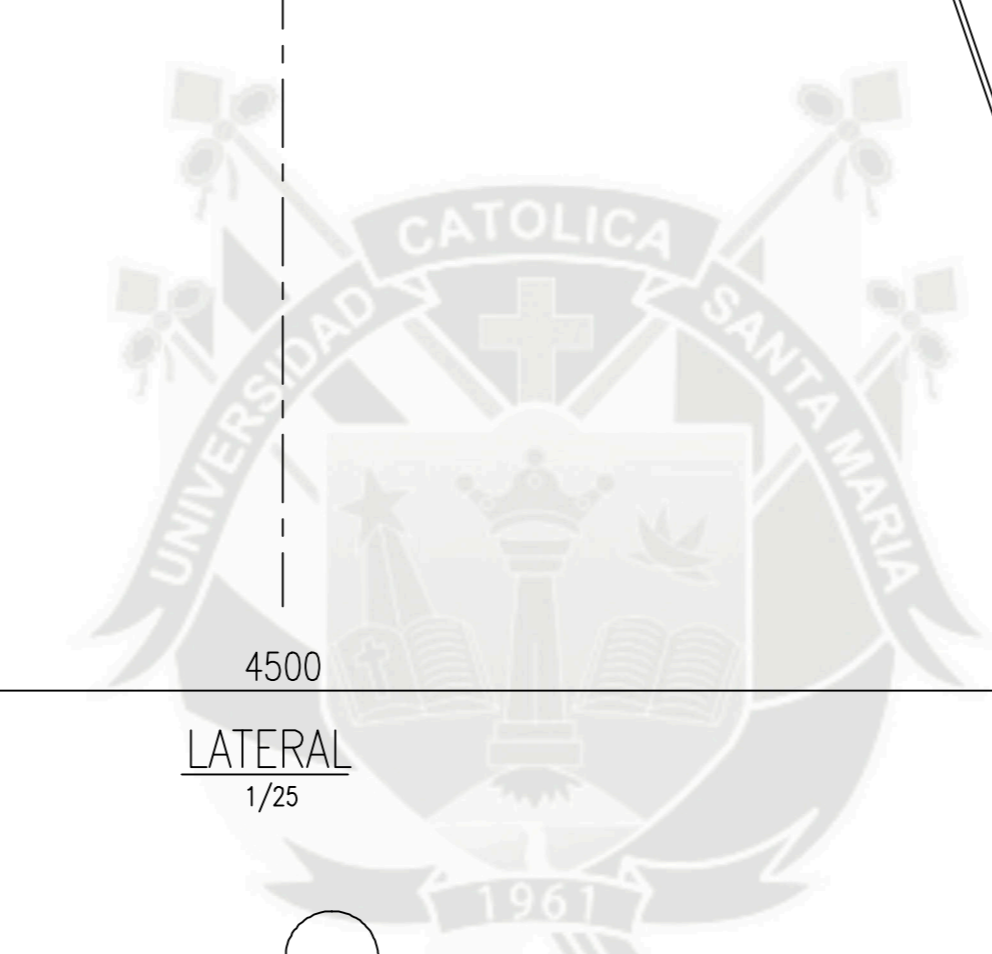
DETALLE DE SOPORTE  
1/15



PLANTA - NIVEL C  
1/25



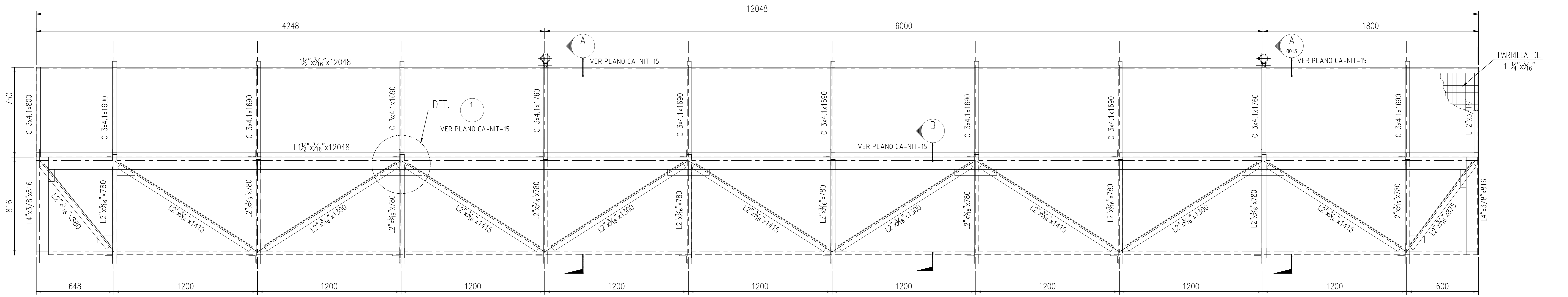
NOMBRES		FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA	IND.	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURA FAJA 24" - SOPORTE TOLVA DE DESCARGA	
			PLANO CA-NIT-11





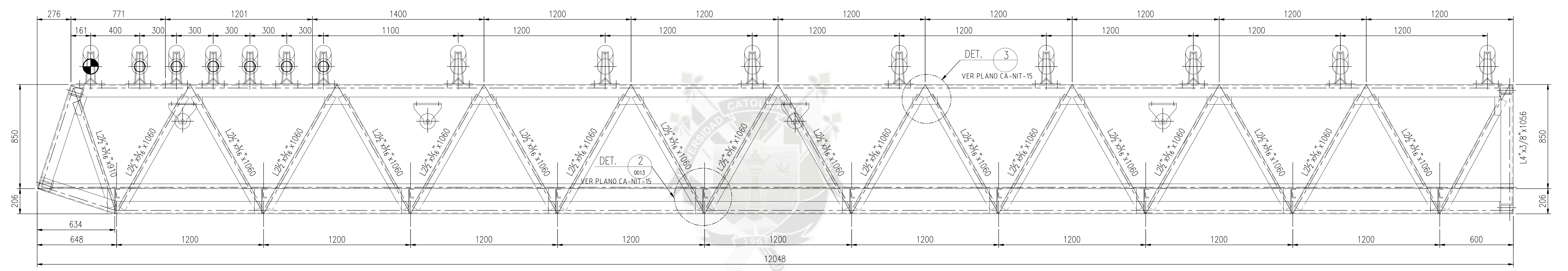




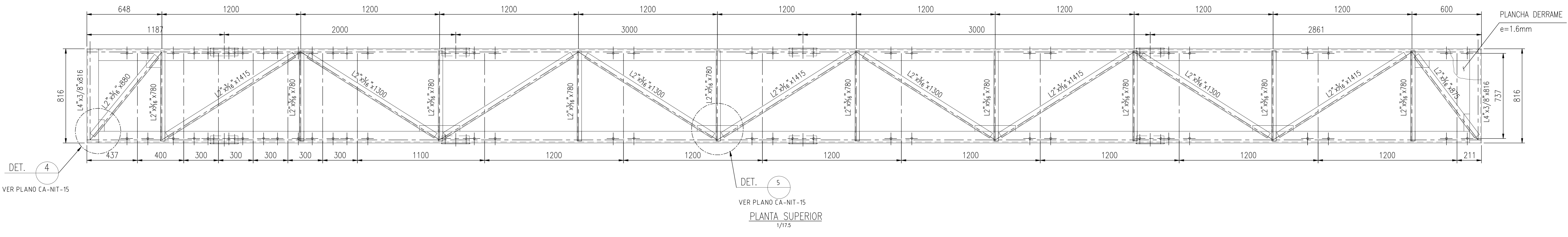


PLANTA INFERIOR  
1/175

DIRECCION DE FLUJO DEL MATERIAL

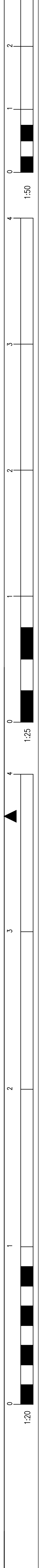
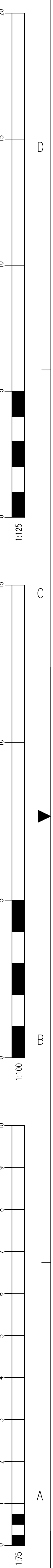


ELEVACION FRONTAL  
TRUST 1  
1/40

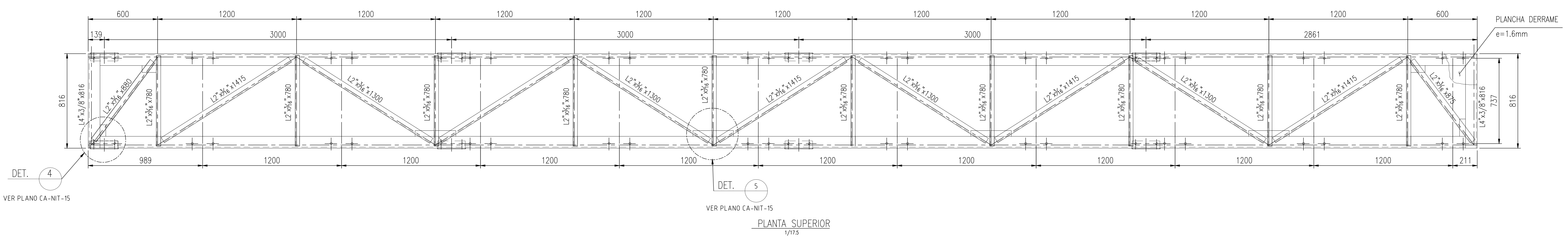
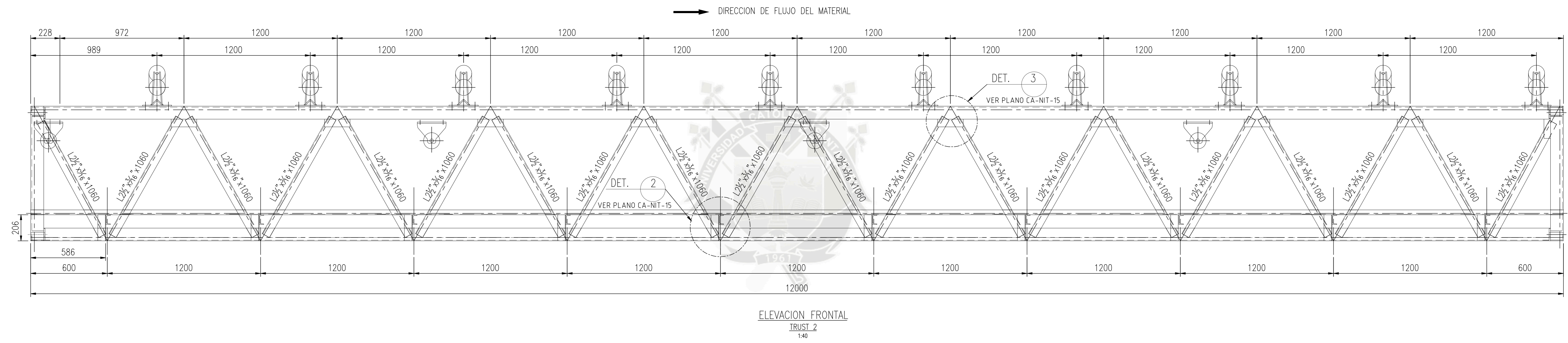
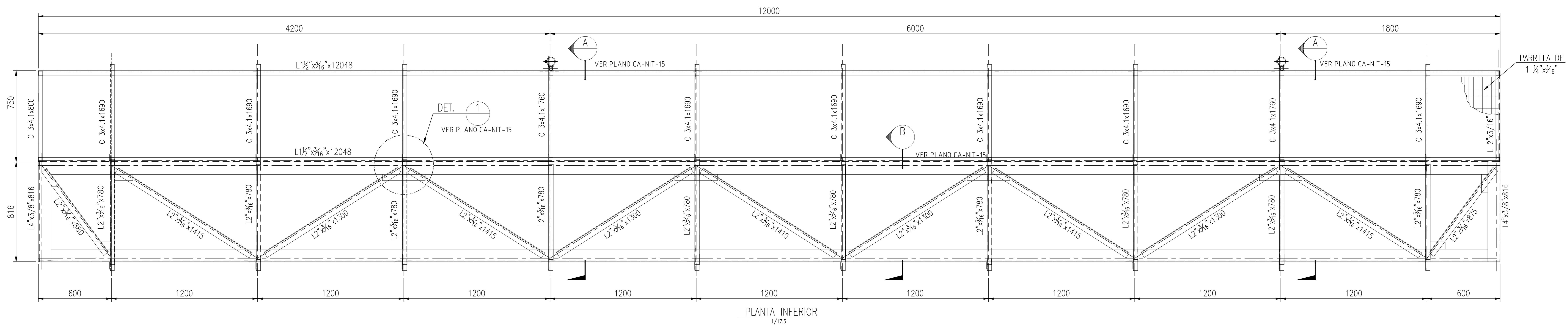


PLANTA SUPERIOR  
1/175


NOMBRES		FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA	IND.	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURA FAJA 24" - TRUST 1	
			PLANO CA-NIT-13





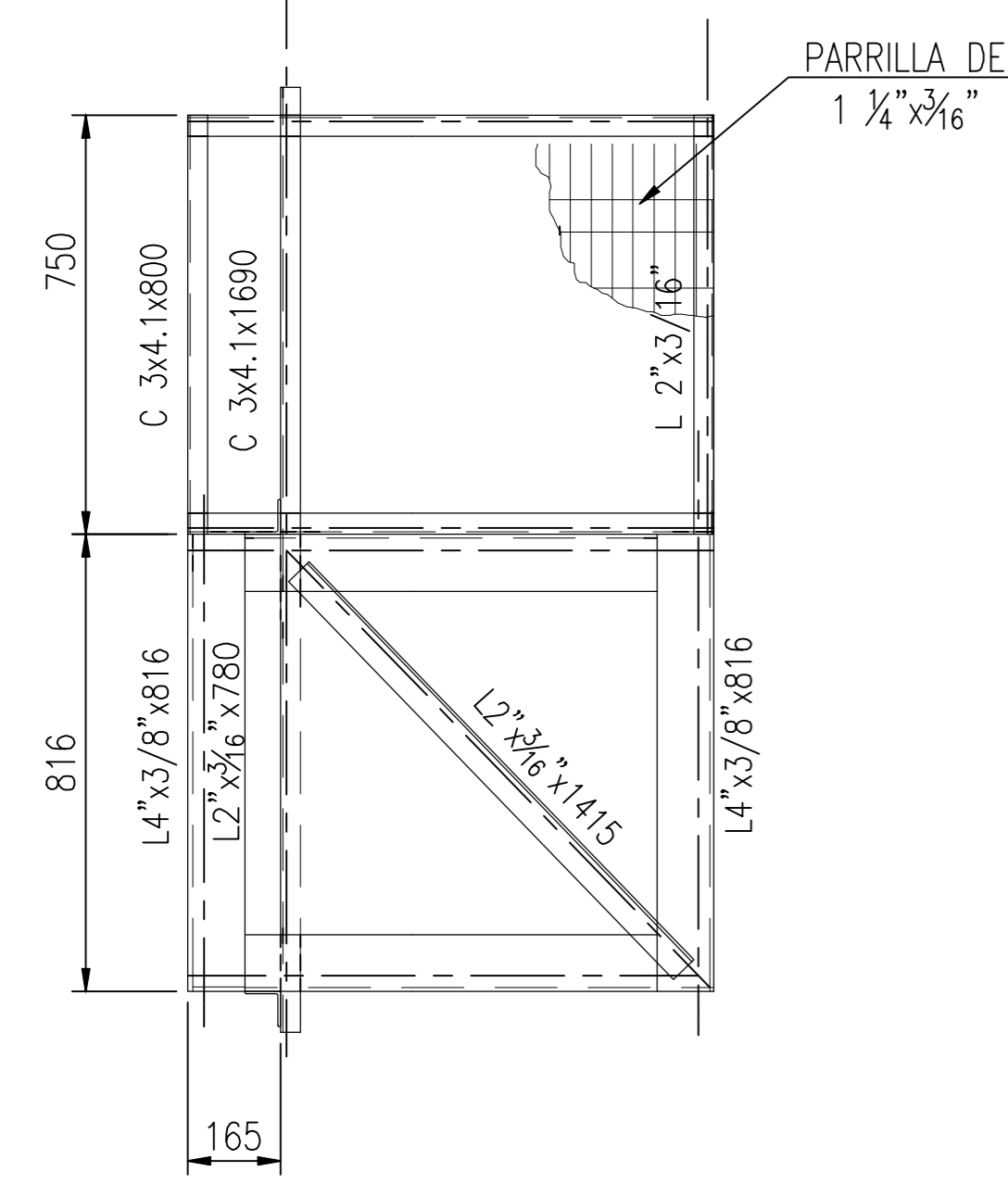


NOMBRES		FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA	IND.	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURA FAJA 24" - TRUSS 2	

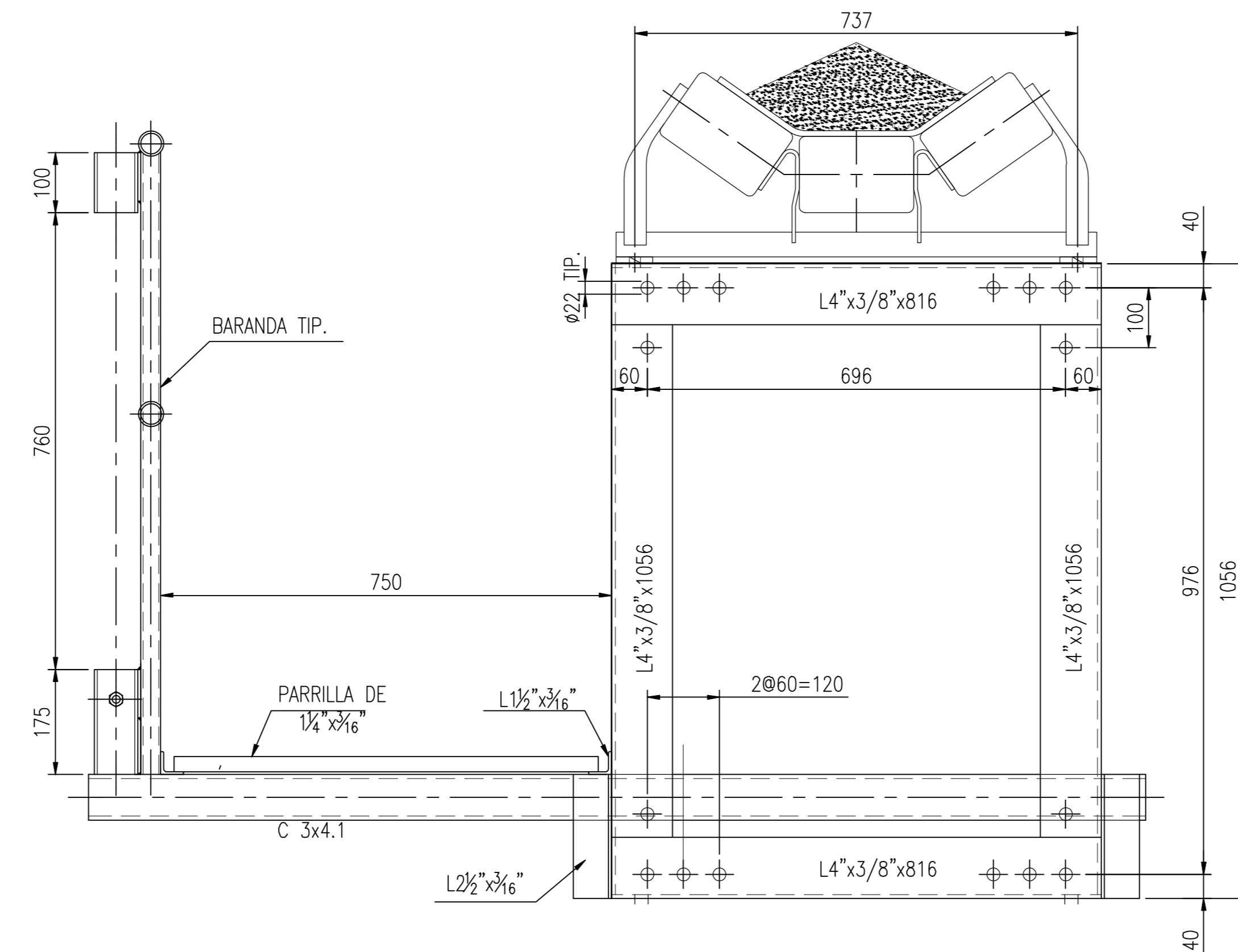


PLANO  
CA-NIT-14

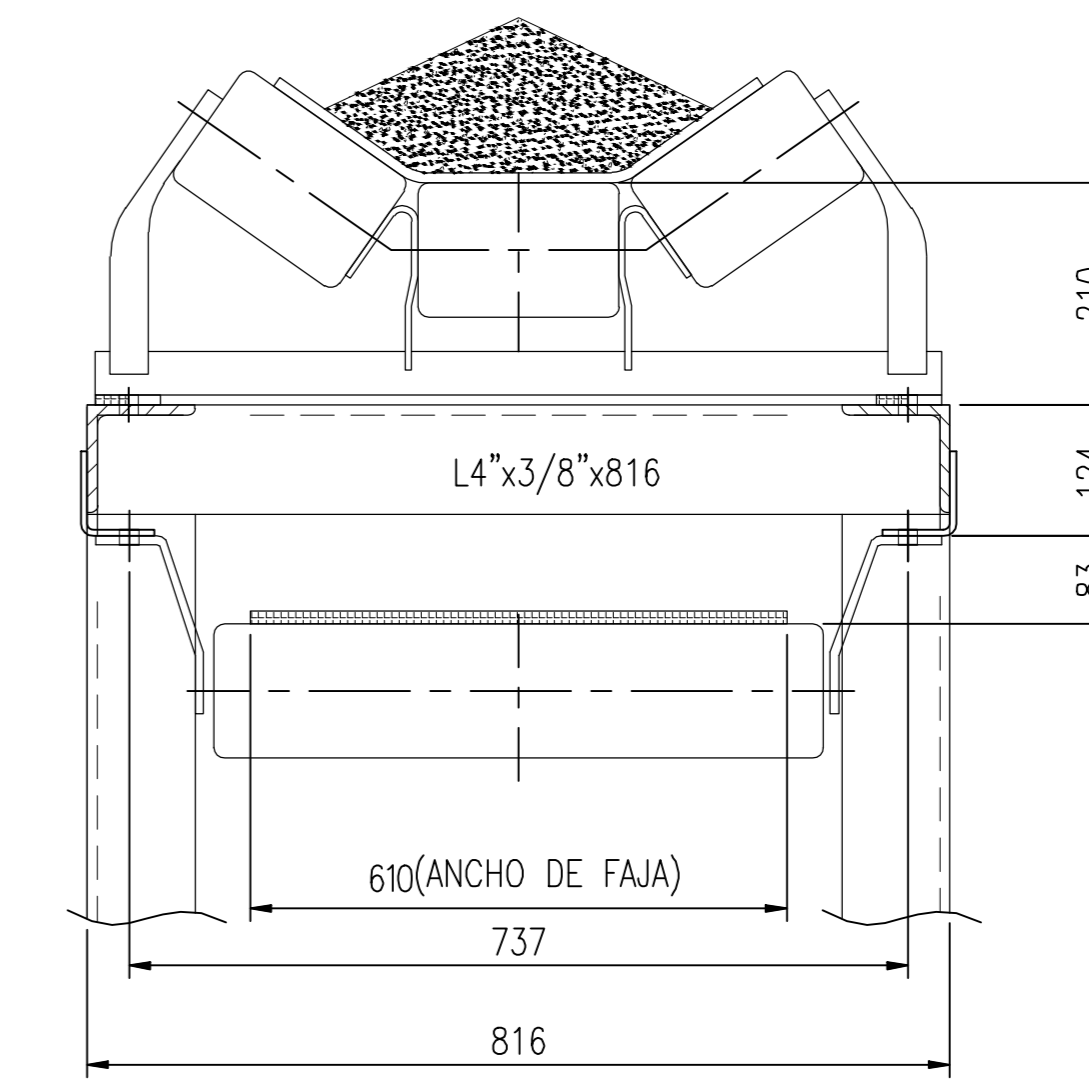




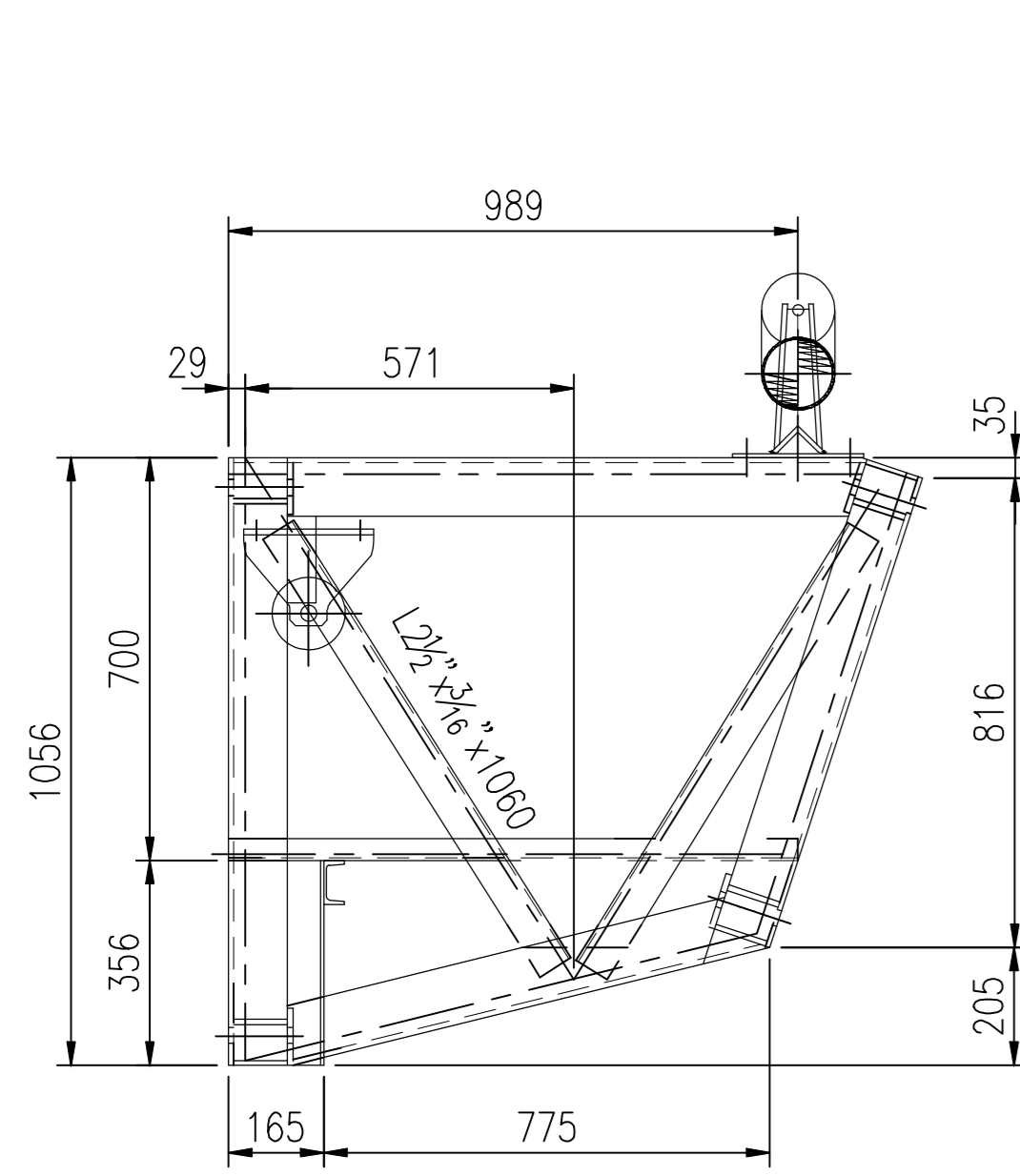
PLANTA INFERIOR  
1/17.5



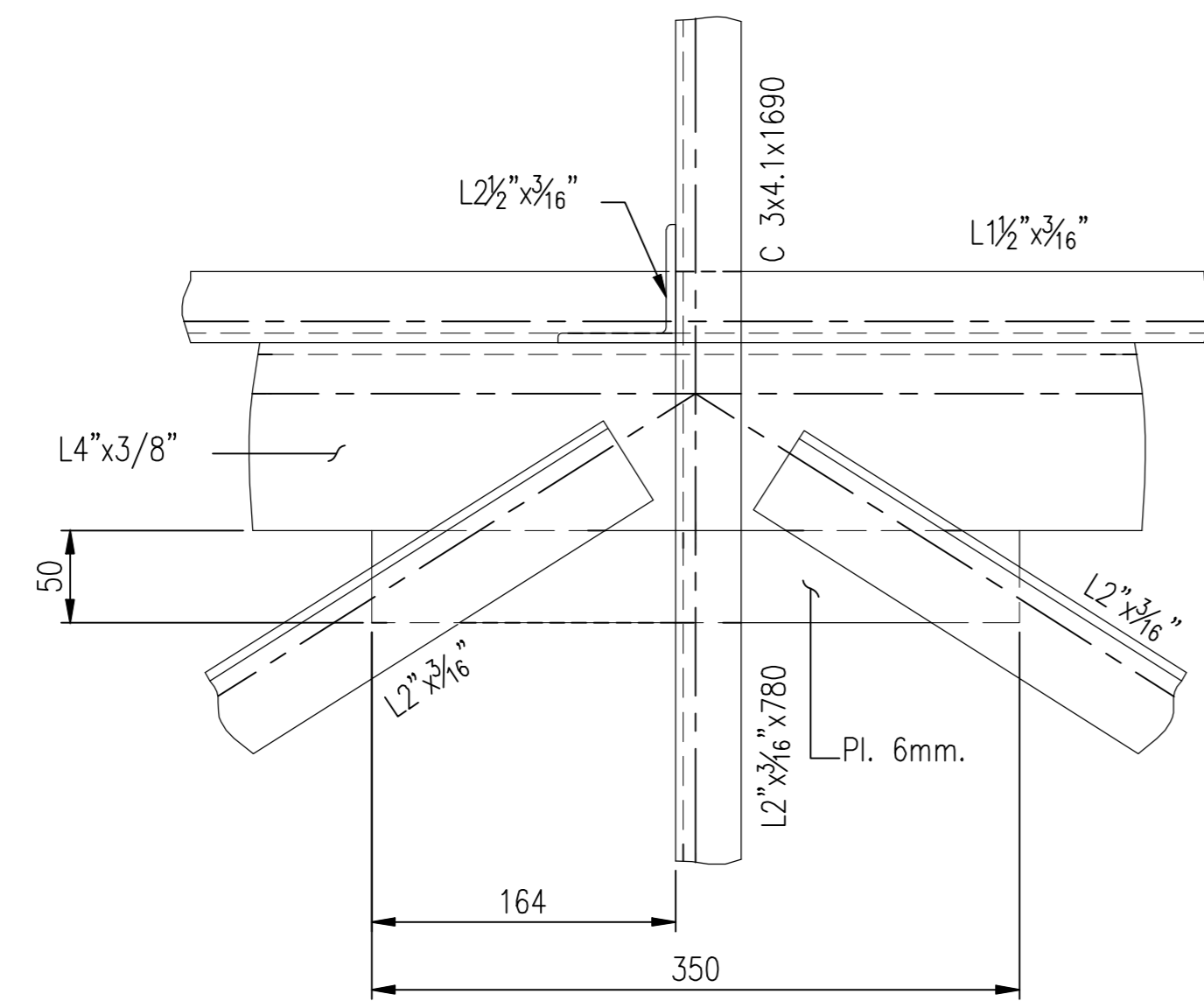
SECCION A  
1/10



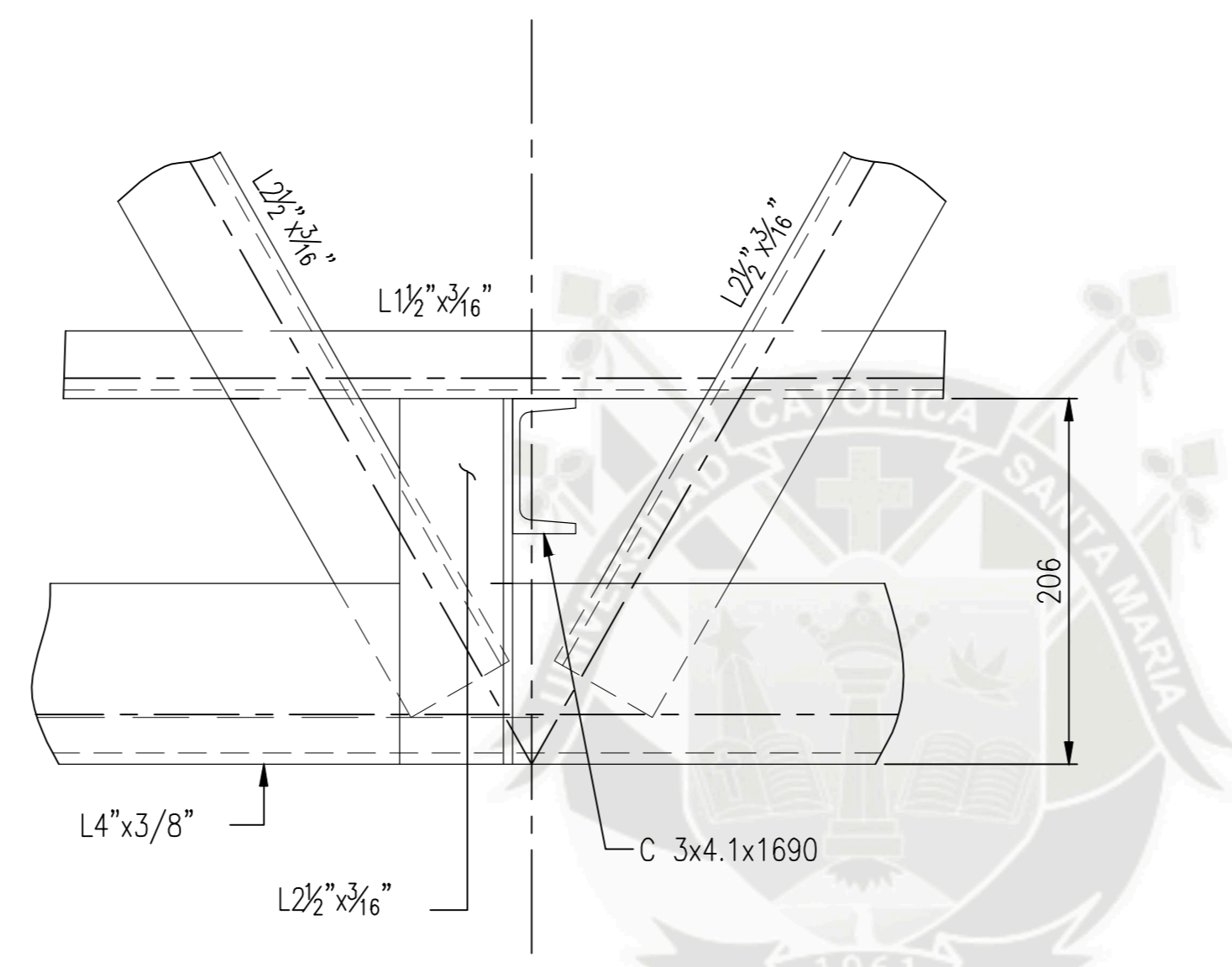
SECCION B  
1/10



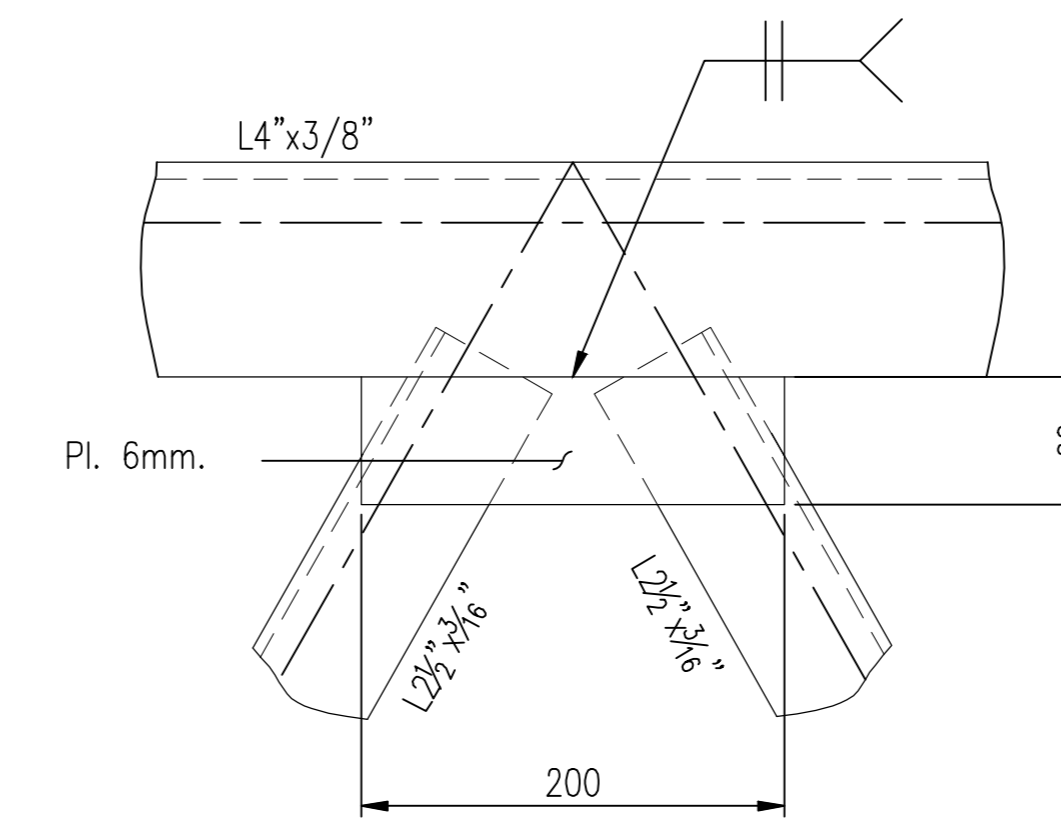
ELEVACION FRONTAL  
TRUSS 3  
1/40



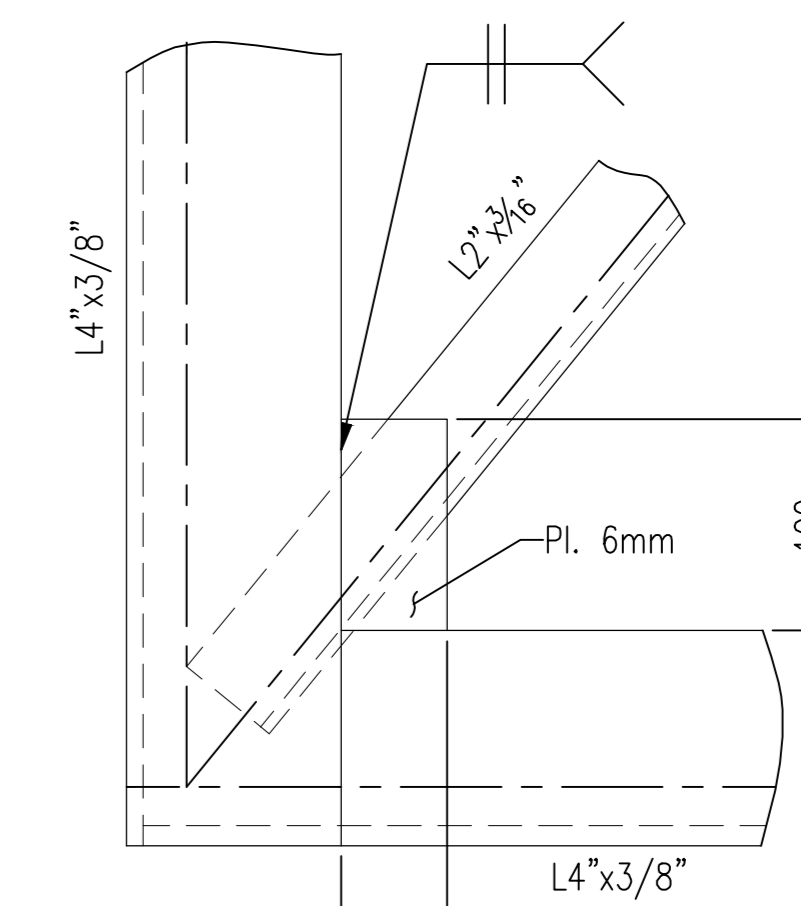
DETALLE 1  
1/5



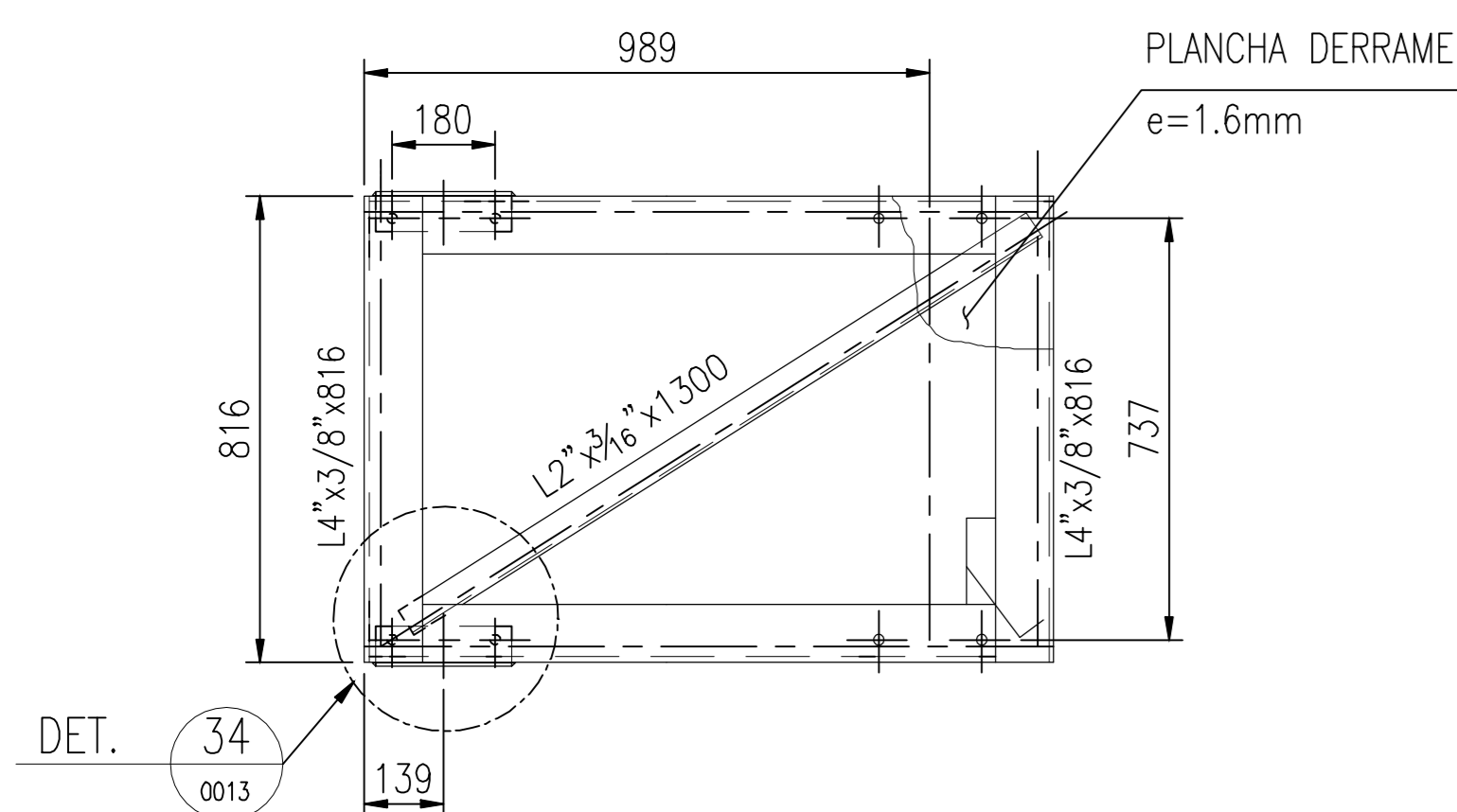
DETALLE 2  
1/5



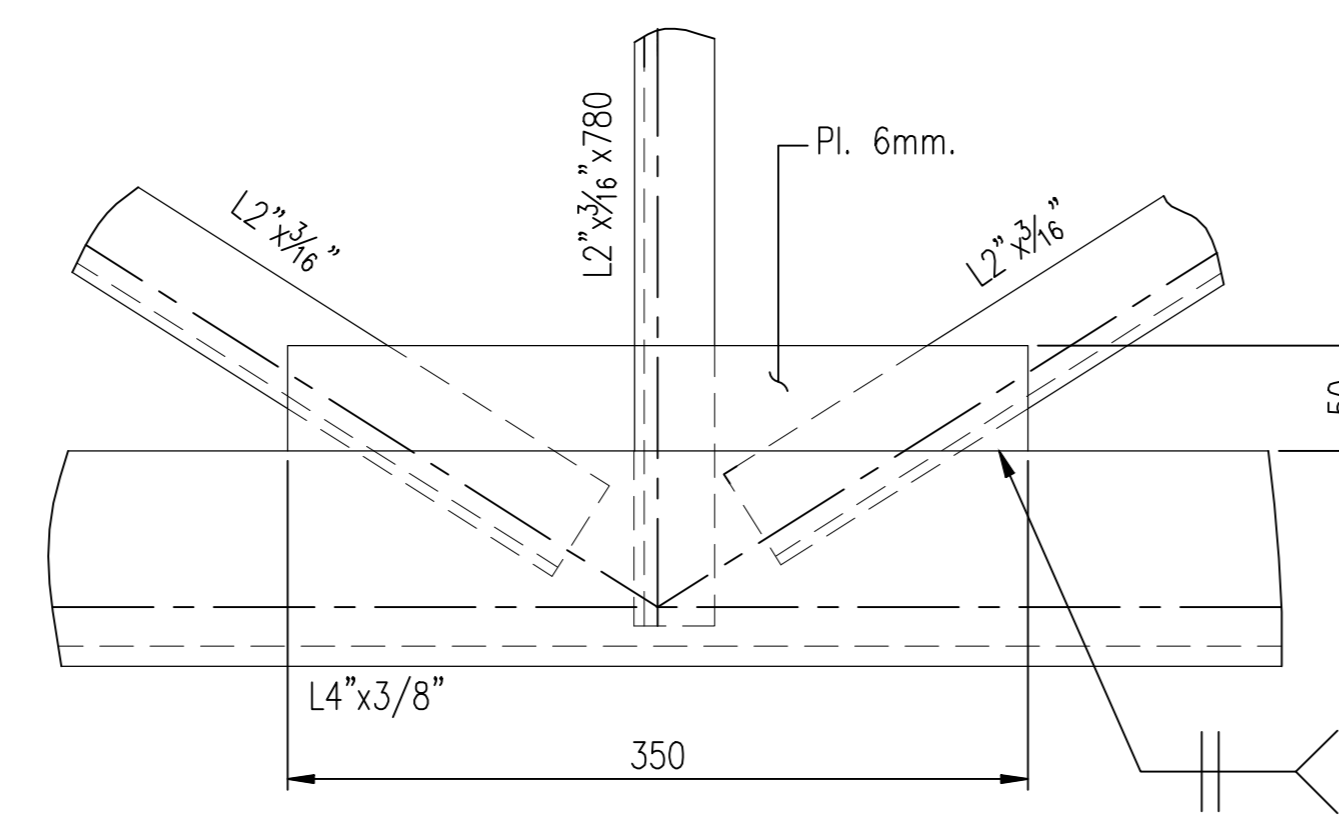
DETALLE 3  
1/5



DETALLE 4  
1/5

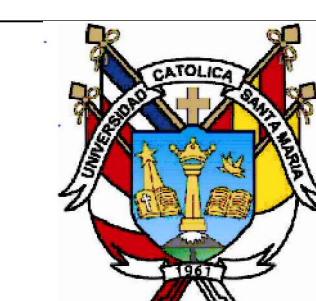


PLANTA SUPERIOR  
1/17.5

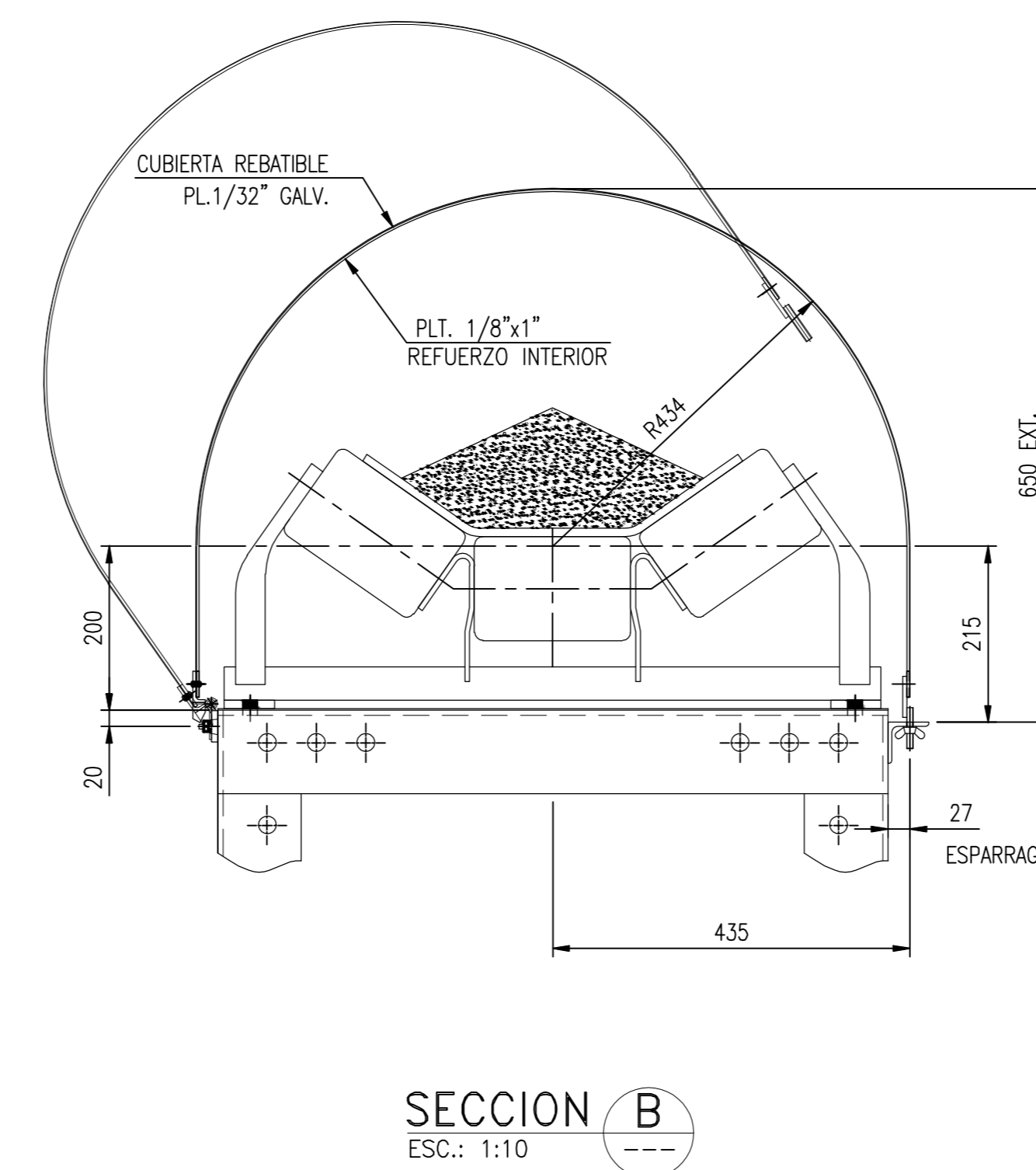
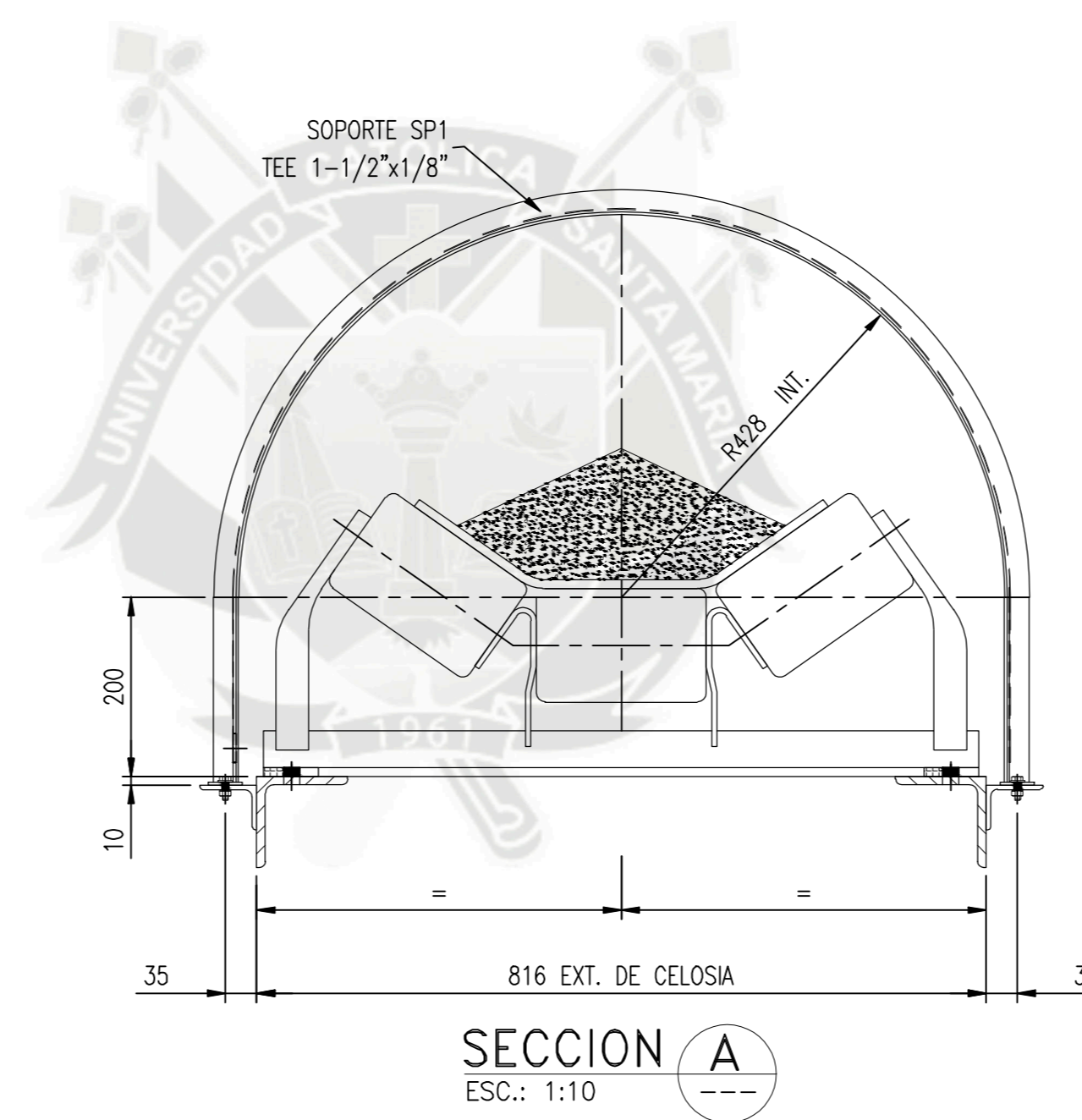
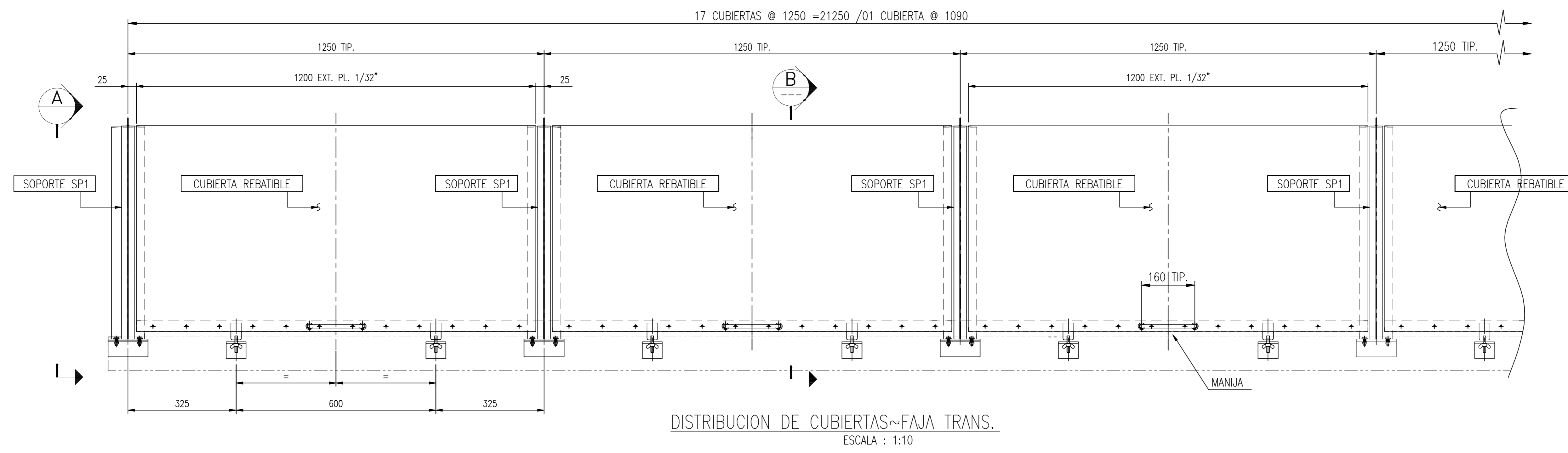


DETALLE 5  
1/5

NOMBRES		FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA IND.	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURA FAJA 24" - TRUSS 3 Y DETALLES		PLANO CA-NIT-15



PLANO  
CA-NIT-15



NOMBRES		FECHA	TITULO
ELABORÓ	Gabriel Fernández		CANCHA DE NITRATOS ANTAPACAY
REVISÓ	Ing. Jorge Castro		
ESCALA	IND.	INGENIERIA DE DETALLE - ESTRUCTURA FAJA 24" - CUBIERTA	
			PLANO CA-NIT-16