



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la**  
**Producción**

“Mejoramiento del Sistema de Transporte de Harina de Crudo en una  
Planta Productora de Cemento”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**  
Examen Complexivo

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Angel Eduardo Chango Jerez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

## AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas, a mis Padres y hermanos, y en especial a mi esposa e hijos que a los que les quite su tiempo para poder terminar la realización de este trabajo.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A ESPOSA

A MIS HIJOS

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

PhD. Jorge Hurel E.  
Vocal

---

Msc. Victor Guadalupe.  
Vocal

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Angel Eduardo Chango Jerez

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo profesional consiste en mejorar el sistema de transporte de harina de crudo materia prima para la producción de Clinker. El material es transportado del molino hasta los silos de almacenamiento por medio de aerodeslizadores; se inyecta aire al sistema de molienda y almacenamiento del producto se por medio de ventiladores axiales, estos gases retornan y es inyectado al molino de carbón. Estos gases de retorno van mezclados con polvo de harina de crudo lo cual ocasiona problemas entre ellos, en el ventilador de arranque de gases al molino ya que el aire que inyecta este ventilador son los gases contaminados con crudo, tanto que se encontró polvo en la carcasa del ventilador, además se han generado incrustaciones de coque en las tuberías de combustible a los hornos. Además, por el tiempo de uso los ductos de transporte de retorno de gases tiene fugas en las uniones y dicho material se acumula en las aéreas por donde pasa el sistema. Se realizó un análisis del volumen de gases de entrada y salida del sistema del molino de carbón, se realizó un balance de materia en el sistema, lo que determino una existe una "contaminación por crudo". Se analizó el problema y se generó algunas posibles soluciones:

Dentro del sistema de transporte verificar la capacidad de filtración del producto en el sistema de aerodeslizadores y el polvo recolectado ingresarlo nuevamente al sistema. De las soluciones presentadas fueron descartadas la instalación del filtro de recolección de polvo debido a la ineficiencia, espacio físico y costo de la construcción del mismo.

La otra posible solución sería cambiar la forma del ducto de ingreso de gases al molino, este ducto sería de forma cónica de tal forma que obligue a precipitarse al polvo al hacer el cambio de giro de los gases. De modo tal que pueda ser retirado del sistema por medio de una compuerta. Esta solución tendría una eficiencia del 25%. Otra posible solución es la instalación de ciclones en la línea de gases de ingreso al molino de modo que el polvo recolectado por el ciclón ingresarlo nuevamente al sistema. Esta solución tendría una eficiencia del 73%. El ciclón como soporte y ductos de conexión serán diseñados en base a normas internacionales como nacionales, así como a parámetros y criterios de diseño establecidos en plantas cementeras.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	V
SIMBOLOGIAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE PLANOS .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	16
CAPÍTULO 1 .....	2
1. EVALUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CRUDO .....	2
1.1. Identificación y Planteamiento del Problema .....	2
1.2. Objetivos del Proyecto.....	2
1.3. Alcance del Proyecto .....	3
CAPÍTULO 2 .....	4
2. CÁLCULO ESTRUCTURAL Y DISEÑO MECANICO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN .....	2
2.1. Cálculo Diseño de Estructura de Falsa.....	4
2.2. Normas Técnicas Aplicadas .....	4
2.3. Analisis Previas al Diseño .....	5



2.4 .Planteamiento Estructural.....	4
2.5.Determinación de Cargas .....	11
2.6.Diseño Mecanico del Ciclón. ....	22
2.7.Diseño Mecanico del Tornillo Sinfin.....	23
2.8.Diseño de Ductos de conexión .....	25
CAPÍTULO 3.....	30
3. ANALISIS GLOBAL DEL SISTEMA.....	30
3.1.Combinaciones de Carga .....	30
3.2.Análisis Estructural .....	31
3.3.Eficiencia del Ciclón.....	31
CAPÍTULO 4 .....	33
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
4.1.Conclusiones .....	33
4.2.Recomendaciones .....	34
APÉNDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

## ABREVIATURAS

A.P.I	American petroleum institute
A.S.M.E	American society of mechanical engineers
AWS	American Welding Steel
A.I.S.C	American institute of steel construction.
U.B.C	Uniform building code 1997
L.R.F.D.	Load and resistance factor design specification for structural steel building
A.S.C.E	American society of civil engineers
N.E.C	Norma Ecuatoriana de la Construcción
ASTM	American Steel Testing Material
H.P	Horse Power
$\text{g/m}^3$	Gramos por metro cúbico
mbar	Milibar
Kl.	Factor dimensional lineal.
Ka.	Relación de altura de entrada y diámetro de ciclón
Kb.	Relación en la base de entrada y diámetro de ciclón

$\text{kg/m}^2$	Kilogramos por metro cuadrado
$q_z$	Presión de la velocidad del viento
$K_d$	Factor de direccionalidad del viento
$K_z$	Coeficiente de exposición de la presión de la velocidad del viento
$K_{zt}$	Factor topográfico
$I$	Factor de importancia
$V$	Velocidad
$\text{m/s}$	Metro por segundo
$V$	Velocidad

## SIMBOLOGIAS

%	Porcentaje
$\Delta P$	Variación de presión
$\mu m$	Micrómetros

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1: Sitio planeado para la ubicación del Ciclón de Recuperación Crudo y Puntos de Conexión .....	5
Figura 2: Interferencia Ciclón con Estructura Actual de Soporte de Codos Precipitación .....	6
Figura 3: Estructura Falsa para Desmontaje de Ductos .....	7
Figura 4: Estructuras de Soporte de Líneas de Ductos. ....	8
Figura 5: Edificio Actual. ....	9
Figura 6: Edificio Actual Reforzado.....	10
Figura 7: Plataformas y Escaleras de Mantenimiento.....	10
Figura 8: Estructura Falsa para Montaje de Ciclón y líneas de Ductos.....	14
Figura 9: Espectro Sísmico Estructuras de Soportes.....	16
Figura 10: Estructura de Soporte #1 .....	18
Figura 11: Espectro Sísmico Estructuras de Soportes.....	20
Figura 12: Estructura de Soporte #2 .....	20
Figura 13: Estructura de Soporte #3 .....	22
Figura 14: Dimensiones Ciclón de Recolección.....	26
Figura 15: Ubicación Ventilador Axial .....	29
Figura 16: Línea de Ductos Conexión Ventilador Axial a Ciclón .....	29

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Factores para Generación de Espectro Sismico Estructura Falsa .....	15
Tabla 2 Factores para Generación de Espectro Sismico Soportes.....	19
Tabla 3 Factores para Generación de Espectro Sismico Soportes.....	24
Tabla 4 Factores para Diseño de Ciclón .....	24
Tabla 5 Eficiencia del Ciclón .....	25
Tabla 6 Diseño de Tornillo Sinfín .....	27

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	PLANO DE UBICACIÓN ESTRUCTURAS -DUCTOS DE CONEXIÓN DE CICLONDISPOSICIÓN GENERAL DEL PROYECTO
PLANO 2	PLANO DE UBICACIÓN ESTRUCTURAS SOPORTE #1 - DETALLE GENERAL
PLANO 3	PLANO DE UBICACIÓN ESTRUCTURAS SOPORTE #2 - DETALLE GENERAL
PLANO 4	PLANO DE UBICACIÓN ESTRUCTURAS SOPORTE #3 - DETALLE GENERAL
PLANO 5	PLANO DE UBICACIÓN ESTRUCTURASREFORZAMIENTO EDIFICIO EXISTENTE DISPOSICION GENERAL 1
PLANO 6	PLANO DE UBICACIÓN ESTRUCTURAS REFORZAMIENTO EDIFICIO EXISTENTE DISPOSICIÓN GENERAL 2
PLANO 7	PLATAFORMAS DE MANTENIMIENTO VALVULA ROTATORIA - TORNILLO TRANSPORTADOR DETALLE GENERAL
PLANO 8	PLATAFORMAS DE MANTENIMIENTO VALVULA ROTATORIA - TORNILLO TRANSPORTADORDETALLE CONSTRUCCIÓN PASAMANOS
PLANO 9	DUCTO CONEXIÓN CICLON CON VENTILADORPLANO GENERAL
PLANO 10	DETALLE GENERAL POSIBLE UBICACIÓN DEL PROYECTO
PLANO 11	PLANO GENERAL TORNILLO SIN FIN
PLANO 12	DUCTO CICLÓN DE SEPARADOR DE CRUDODETALLE GENERAL

# INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles alternativos en el mundo actual ha tomado gran importancia en los últimos años. Debido al alto nivel de polución en las ciudades más industrializadas del mundo.

En las plantas cementeras el proceso de trituración de las materias primas como son el yeso, arcilla roja, caliza entre otros, los cuales al ser triturados se transforma en un polvo fino al cual se lo denomina "HARINA CRUDA O HARINA DE CRUDO", dicho material es sometido a altas temperaturas para luego ser llevado a un horno rotatorio y ser convertido en CLINKER el cual es el elemento principal para la fabricación de cemento. En las plantas cementeras optimizan el proceso de inyección de aire al sistema de trituración y transporte, los gases que provienen de la planta de trituración de harina cruda, se inyectan al molino de carbón, al hacer uso del mismo provoca inconvenientes ya que estos gases re-circulantes van mezclados con partículas de harina cruda.



# CAPÍTULO 1

## 1. EVALUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE CRUDO

### 1.1 Identificación y Planteamiento del Problema

Se han identificado las siguientes observaciones:

- a) Variaciones en las balanzas de los quemadores de los hornos.
- b) La planta sufre de frecuentes taponamientos en los ductos de entrada de combustible a los quemadores de ambos hornos debido a incrustaciones de coque.
- c) Se encuentran problemas en el arranque del ventilador de entrada de gases al molino, a causa de acumulación de polvo del horno dentro de la carcasa del ventilador, en periodos de parada largos del molino.
- d) Acumulación de harina de crudo en zonas por donde pasa la línea de tubería de gases de retorno e ingreso al molino de carbón.

### 1.2 Objetivos del Proyecto

Cálculo y diseño un sistema de recuperación de material de harina de crudo mediante la implementación de un ciclón e

instalado en la línea de gases de entrada al molino para enviar aire limpio al ventilador de arranque.

### **1.3 Alcance del Proyecto**

Dentro del diseño mecánico para la recuperación de harina de crudo está contemplado un CICLÓN de recirculación de aire, el cual tendrá una boca de entrada de 1400x1000mm, una salida de gases de diámetro 1500mm; además se diseñará todas las líneas de ductos para la conexión del ciclón con la línea actual de entrada de gases al ventilador del edificio del molino de carbón. Además deberá contar con una válvula de guillotina para regular la descarga del material recuperado; además la descarga del material recuperado contará con una válvula rotatoria. El material recuperado en el ciclón debe ser llevado a una línea de transporte de crudo por medio de un tornillo sin fin. El diseño de las juntas de expansión y la válvula rotatorias no está contemplado en el alcance de este informe.

# CAPÍTULO 2

## 2. CÁLCULO ESTRUCTURAL Y DISEÑO MECANICO DEL SISTEMA DE RECOLECCION

### 2.1. Restricciones del Proyecto

Debido a que la línea de producción y transporte de harina de crudo no se detendrá para la instalación del nuevo sistema de recuperación, se debe diseñar este sistema de modo tal que pueda ser instalado sin interrumpir la línea de producción, es decir, hasta antes de llegar a los puntos de conexión de entrada y salida del sistema actual. Además el diseño debe estar acorde con los parámetros establecidos por parámetros y requerimientos propios de la planta cementera.

### 2.2. Normas Técnicas Aplicadas

- Norma ASTM / AISI, Selección de materiales a emplear.
- AWS A5.1 “Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding”
- AWS D1.1 “Structural Welding Code – Steel”
- AISC: AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION.
- UBC: UNIFORM BUILDING CODE 1997
- LRFD: LOAD AND RESISTANCE FACTOR DESIGN SPECIFICATION FOR STRUCTURAL STEEL BUILDING

- ANSI/ASCE 7-95: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS: Minimum Design Loads for Buildings and other Structures.
- NEC-11 PELIGRO SISMICO Y REQUISITOS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE.

### 2.3. Analisis Preliminar Al Diseño

Previo al diseño del nuevo sistema de recuperación de crudo, se realizó un recorrido a las instalaciones donde se va a ubicar el ciclón, y se efectuó un levantamiento de planos del edificio metálico existente así como las líneas de ducto de aire.

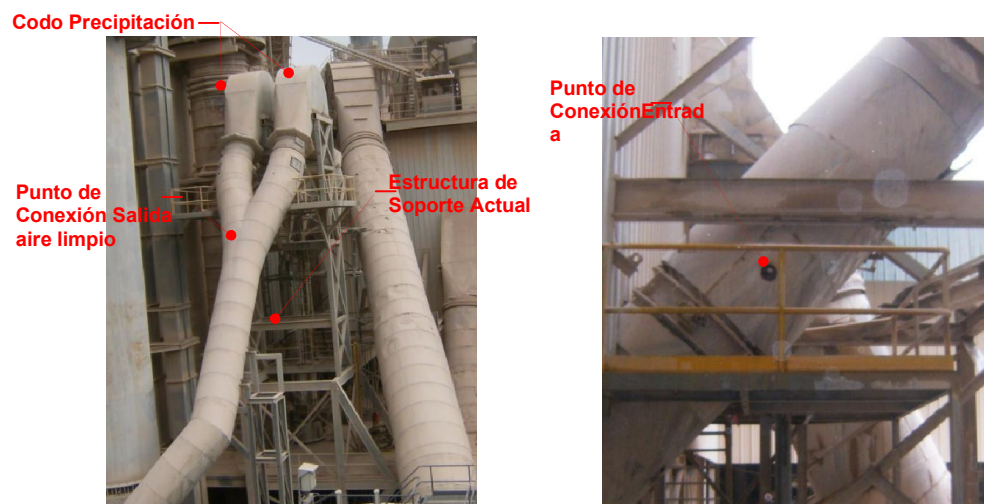


Fig. 1. Sitio planeado para la ubicación del Ciclón de Recuperación Crudo y Puntos de Conexión.

Con esto se plantea ver los posibles obstáculos para la ubicación del ciclón y ductos que se conectan al ciclón. En los anexos

adjuntos se puede apreciar la ubicación del ciclón con los ductos de gases de entrada al ventilador del molino de carbón.

## 2.4. Planteamiento Estructural

### ESTRUCTURA FALSA O TEMPORAL

Debido a que dentro de las restricciones del diseño se estableció que todos los elementos del sistema puedan ser montados sin interferir con los equipos de producción de crudo, se ha considerado la construcción de una **ESTRUCTURA FALSA O TEMPORAL** con la cual se pueda reemplazar la estructura de soporte de los ductos, de esta forma se lograría montar el ciclón y otros elementos sin ningún tipo de interferencia. El problema descrito anteriormente se lo puede apreciar en la siguiente figura.

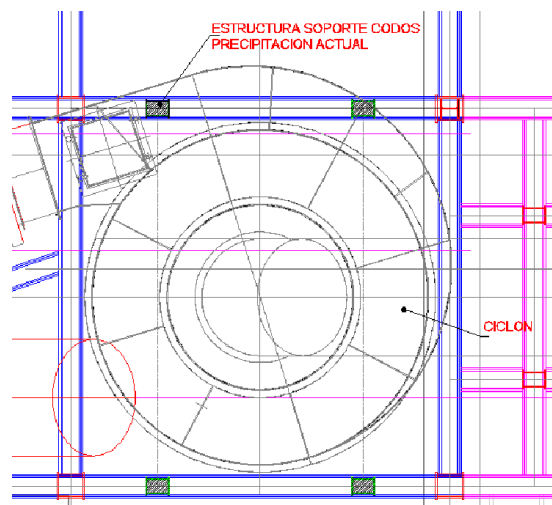


Fig.2. Interferencia Ciclón con Estructura Actual de Soporte de Codos Precipitación

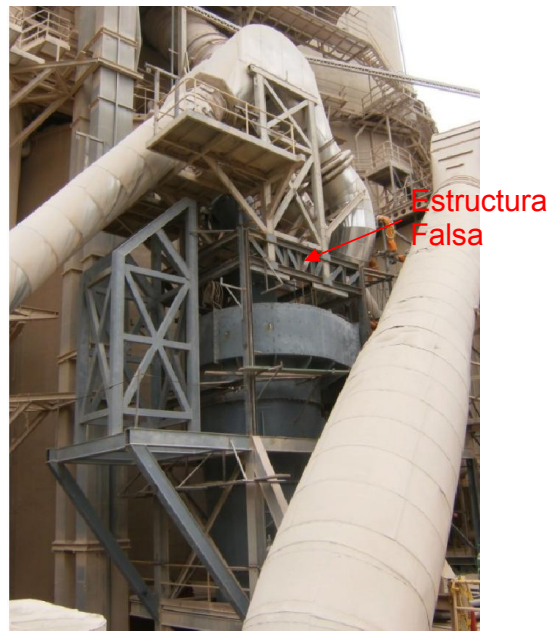


Fig. 3 Estructura Falsa para Desmontaje de Ductos

### **ESTRUCTURAS DE SOPORTES**

Para sostener las nuevas líneas de ductos del nuevo sistema se ha diseñado estructuras metálicas de soporte ubicadas en determinados puntos, los cuales se pueden apreciar en la figura 4.

Estas estructuras serán capaces de soportar el peso de los ductos así como la variación de temperatura, vibración de equipos a su alrededor, etc. Los detalles de diseño de estas estructuras se pueden apreciar en los anexos de este documento.

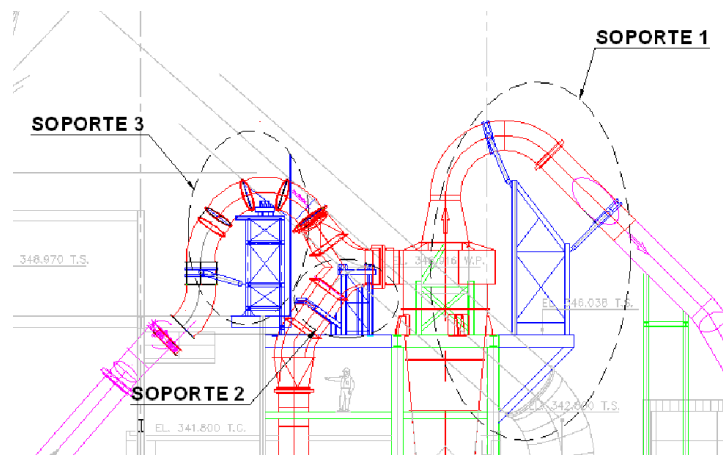


Fig.4. Estructuras de Soporte de Líneas de Ductos

Además se diseñaron los pivotes de cambio de dirección de flujo de aire y dilatación térmica en las líneas de ductos, el detalle del diseño de los mismos puede observarse en los planos de construcción anexos. Las estructuras de soporte fueron diseñados conforme a normas establecidas, con la resistencia estructural necesaria para el trabajo a realizar.

Los detalles de los mismos se los pueden apreciar en los planos anexos de este documento.

## REFORZAMIENTO DE EDIFICIO METÁLICO ACTUAL

Debido a que van a generarse nuevas cargas a aplicarse al edificio existente por la implantación del ciclón y estructuras de soporte de los ductos (peso de estructuras), se planteó reforzar el edificio existente de modo tal que pueda soportar las nuevas cargas ya que el edificio existente no tiene la resistencia estructural para estas cargas.

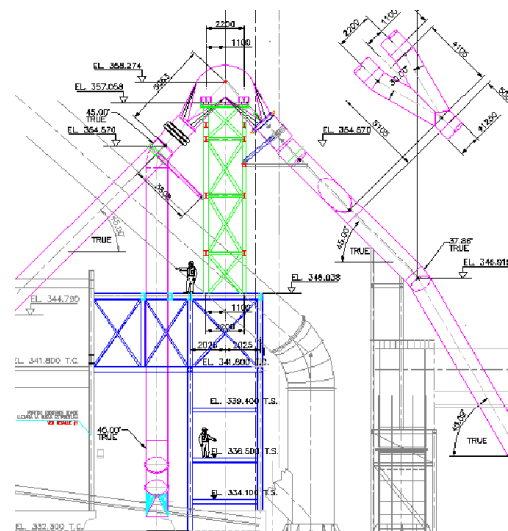


Fig. 5. Edificio Actual (en color azul)

El edificio de soporte actual se va a reforzar con perfiles tipo ángulo de L100x100x10mm. Las vigas de amarre y las que sostendrán los soportes de las líneas de ductos serán tipo cajón con alma de 15mm y ala de 20mm. El detalle de dimensionamiento se los puede apreciar en los planos anexos de este documento.



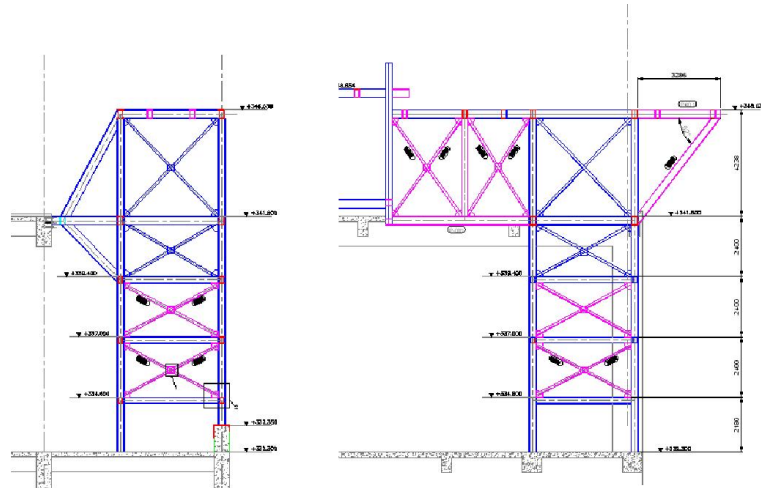


Fig. 6. Edificio Actual Reforzado (color magenta).

## 2.4 PLATAFORMAS Y ESCALERAS DE MANTENIMIENTO

Se diseñaran plataformas con escalera de acceso para llegar a las compuertas de mantenimiento del ciclón y la válvula rotatoria a conectarse en la descarga. Las cargas aplicadas en las plataformas es de  $450 \text{ kg/m}^2$  y las escaleras  $200 \text{ kg/m}^2$ . El diseño de las escaleras y plataformas lo podemos apreciar en los anexos.

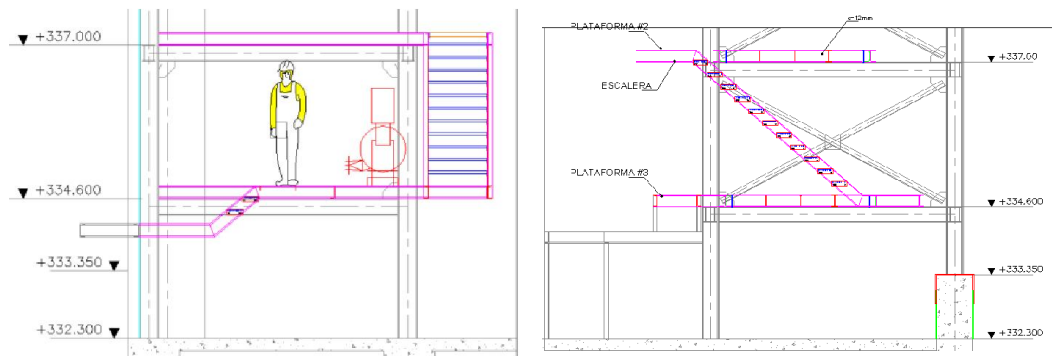


Fig. 7. Plataformas y Escaleras de Mantenimiento.

## 2.5. Determinación de Cargas

Para la determinación de cargas se lo ha dividido 3 tipos de estructuras principales:

1. Estructura Falsa
2. Estructuras de Soporte 1, 2 y 3
3. Plataformas y Escaleras de Acceso.

Antes definiremos el tipo de cargas aplicadas en el análisis estructural

**Carga Muerta:** Se considera como cargas muertas las que actúan permanentemente, tales como el peso propio de la estructura, planchas de steel panel , paredes, equipos que están instalados, etc.

Su símbolo “D”, corresponde a la inicial en inglés de Dead (muerto).

**Carga Viva:** Son aquellas debidas al uso u ocupación de la construcción y que la identifican. Incluyen personas, objetos móviles o divisiones que puedan cambiar de sitio. Generalmente actúan durante períodos cortos de la vida de la estructura. También incluyen el impacto. Su símbolo corresponde a la inicial de Live (vivo). También se denominan cargas de “ocupación”.

**Carga o Fuerza Sísmica:** -Fuerzas laterales que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura, según las especificaciones de este código. Estas

fuerzas son ejercidas por un terremoto sobre cualquier edificación, las cuales actúan de forma horizontal en las direcciones X y Y del plano basal. Para la carga sísmica se efectúa un análisis dinámico bajo norma NEC-11.

El análisis a efectuar es un análisis dinámico mediante la obtención del modelo espectral el cual se representa en una curva el coeficiente de diseño sísmico y el periodo fundamental de la estructura. Esta depende de la forma de la estructura, tipo de suelo, zona de ubicación, importancia de la estructura.

Carga de Viento: Se la define como la presión de estancamiento del viento ejercida sobre la superficie de una cara de una estructura; alterada por varios coeficientes, dependientes de las condiciones de exposición, altura de la edificación, efectos de las ráfagas, la geometría y orientación de la estructura con relación al viento. Carga debido a la presión del viento la podemos determinar según las normas ANSI/ASCE 7-95 – NORMA UBC 97, se establecerá un mapa de zonificación de velocidad básica de viento para cada territorio (donde éste no exista aún o donde el mismo no es consistente con este código). Las fuerzas del viento por unidad de área sobre una estructura pueden ser determinadas a partir de una relación de la forma general:

La presión de la velocidad del viento,  $q_z$ , evaluada a una altura,  $z$ , es dada por la ecuación Ec. 2.1, la cual es obtenida de la norma AISI/ASCE 7-95.

$$q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \quad (N/m^2) \text{ (Ec. 2.1)}$$

Donde la presión de diseño, obtenida de la misma norma, se la define como:

$$\frac{F}{A} = q_z \cdot G \cdot C_f \quad (N/m^2) \text{ (Ec. 2.2)}$$

Carga de Lluvia: Se la define como la absorción de humedad de la plancha de hierro estructural se considera el 2 % con respecto al peso de la estructura. Una vez definido los casos carga se procede a calcular las cargas provenientes en las estructuras.

## ESTRUCTURA FALSA

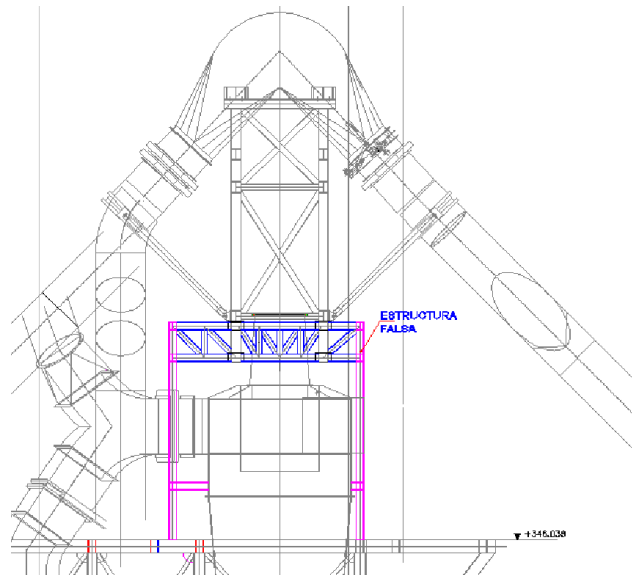


Fig. 8. Estructura Falsa para Montaje de Ciclón y Líneas de Ductos

### CARGA MUERTA:

Se ha considerado una estructura pesada de columnas de perfil HEB 200 y amarres laterales de perfil HEB 160, además una cercha que amarre el edificio de soporte de los codos de precipitación.

Peso propio de la Perfilería Estructural: 6500 kgf.

### CARGA VIVA:

Carga viva de Ocupación y Montaje: 77,47 kgf/m<sup>2</sup>. UBC 97

Carga viva: 122,04 kgf/m<sup>2</sup>.

CARGA SÍSMICA:

Con la norma vigente y a las especificaciones técnicas de diseño se considera un exceso del 30% de carga sísmica aplicada para la realización del cálculo estructural haciendo uso de las ecuaciones obtenidas de la Norma NEC 11.

$$V = \frac{IS_a}{R\phi_P\phi_E} W \text{ (Ec. 2.3)}$$

$$T = C_t h^\alpha \text{ (Ec. 2.4)}$$

$$C = \frac{1.25S^S}{T} \leq C_m \text{ (Ec. 2.5)}$$

Con estos valores podemos establecer nuestro espectro sísmico de diseño.

TABLA 1  
Factores para Generación de Espectro Sísmico Estructura Falsa

Factores para el cálculo del espectro Sísmico de respuesta	
h=	1,8
Ciudad	Guayaquil
Zona Sísmica	V
Suelo Tipo	D
Z	0,4
I	1
F <sub>a</sub>	1,2
F <sub>d</sub>	1,4
F <sub>s</sub>	1,5
T <sub>o</sub>	0,18
T <sub>c</sub>	0,96
T <sub>L</sub>	3,84
r	1

g

Con los datos de la Tabla 1, generamos el Espectro de Respuesta Dinámica al Sismo.

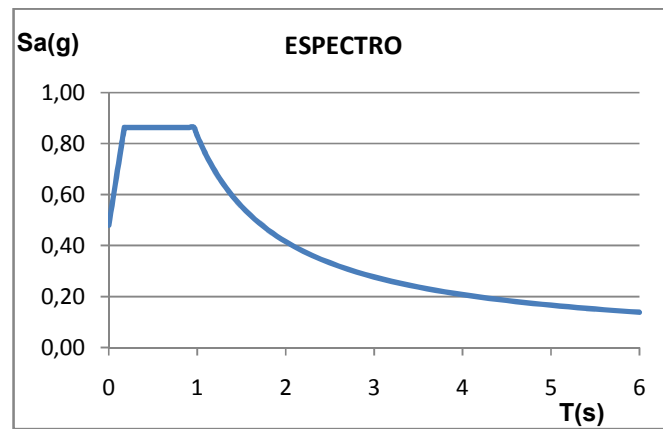


Fig. 9. Espectro Sísmico de Estructura Falsa

#### CARGAS DE VIENTO:

Se ha tomado la velocidad mínima establecida en la ciudad de Guayaquil según estudios del INOCAR, donde la velocidad promedio es de 40 Km/h. Pero debido a análisis realizados existe la probabilidad que en caso de un tormenta la velocidad del viento puede llegar a ser de 80 Km/h, por lo cual este valor será el que se use en nuestro análisis, haciendo uso de la ecuación Ec. 2.1 y Ec. 2.2 obtenemos la carga de presión sobre la superficie de la estructura.

Datos:

$$V = 80 \text{ km/h}$$

$$K_d = 0,85$$

$\alpha=$	7
$K_z=$	1,04
$K_{zt}$	1
$I=$	1
$Z_g=$	365,76
$G=$	1
$C_f=$	2,87

Donde obtenemos:

$$q_z=267,54 \text{ N/m}^2$$

La presión de diseño a aplicarse en la estructura:

$$F/A=652,7 \text{ N/m}^2$$

$$F/A=66,53 \text{ kgf/m}^2$$

#### CARGA DEBIDO A LA LLUVIA:

Debido a la absorción de humedad de la plancha de hierro estructural se considera el 2 % del peso de la misma por lo que se obtiene una carga de:

Peso debido al porcentaje de absorción:  $R = 0,94 \text{ kgf/m}^2$ .

#### CARGA DEBIDO AL ELEMENTOS EXTERNOS:

Según la posición de la estructura en la zona de producción de crudo se ha considerado que existe carga debido a material acumulado por derrames o fugas.

Peso debido a crudo = 1500 kgf.



## SOPORTES

Para la determinación de las cargas aplicadas en las estructuras se asumirá la misma carga sísmica, de lluvia y viva.

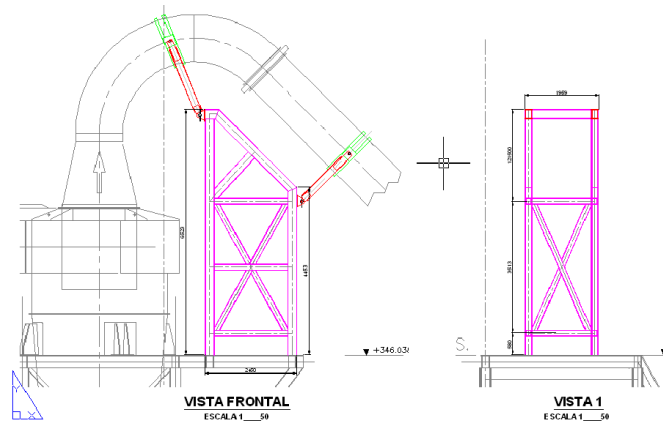


Fig.10. Estructura de Soporte #1

### CARGA MUERTA:

Para el soporte 1 se ha considerado columnas de perfil fabricado de alma de espesor 6mm y ala espesor 10mm; dicha viga tendría una dimensión de 200x250mm. Sus amarres laterales de viga cajón de perfil UPN 160. La altura de esta estructura es 6.53 m. El soporte 2 se ha considerado columnas como amarres laterales de viga cajón formado por el perfil UPN 160. La altura de esta estructura es 2,6 m.

El soporte 3 está considerado con columnas de perfil HEB 200 con amarres laterales de perfil HEB 160, además de contar con

estructura adicional para soportar los pivotes de carga de las líneas de ductos. La altura de esta estructura es 5.03 m.

Peso propio de la Perfilería Estructural Soporte 1 = 4450 kgf.

Peso propio de la Perfilería Estructural Soporte 2 = 1721 kgf.

Peso propio de la Perfilería Estructural Soporte 3 = 5852 kgf.

CARGA VIVA:

Carga viva de Ocupación y Montaje: 77,47 kgf/m<sup>2</sup>. UBC 97

Carga viva: 122,04 kgf/m<sup>2</sup>.

CARGA SÍSMICA:

Aplicando las ecuaciones Ec. 2.3, Ec.2 .4, Ec. 2.5 obtenemos los datos de carga mostrados en la siguiente tabla 2.

TABLA 2

Factores para Generación de Espectro Sísmico Soportes

Factores para el cálculo del espectro Sísmico de respuesta	
h=	1,8
Ciudad	Guayaquil
Zona Sísmica	V
Suelo Tipo	D
Z	0,4
I	1
F <sub>a</sub>	1,2
F <sub>d</sub>	1,4
F <sub>s</sub>	1,5
T <sub>o</sub>	0,18
T <sub>c</sub>	0,96
T <sub>L</sub>	3,84
r	1

Con los datos obtenidos de la tabla 2 generamos el Espectro Sísmico de Respuesta Dinámica al Sismo de las estructuras de Soporte.

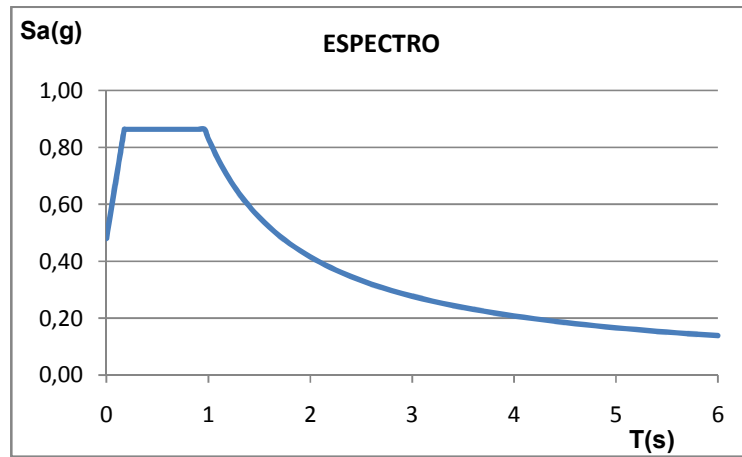


Fig. 11 Espectro Sísmico Estructuras de Soportes

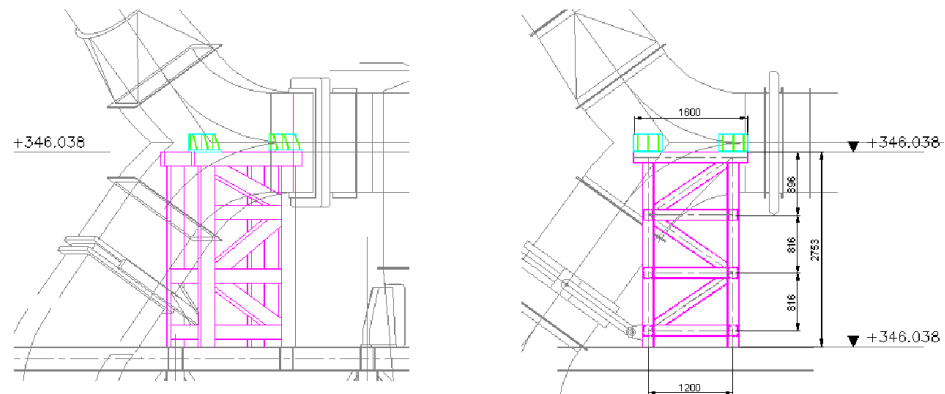


Fig. 12 Estructura de Soporte #2

CARGAS DE VIENTO:

Tomando el valor de 80 Km/h como dato de velocidad a someterse las estructuras y haciendo uso de la ecuación Ec. 2.1, Ec. 2.2 y con los datos de entrada obtenidos de la norma AISC/ASCE 9-75.

$$q_z = 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \quad (N/m^2)$$

V=	80 km/h
Kd=	0,85
$\alpha$ =	7
Kz=	1,04
Kzt	1
I=	1
Zg=	365,76
G=	0,85
Cf=	2,65

Donde la presión de viento sometida sobre la superficie de las estructuras:

$$q_z = 267,54 \text{ N/m}^2$$

La presión de diseño a aplicarse en las estructuras:

$$F/A = 602,7 \text{ N/m}^2$$

$$F/A = 61,43 \text{ kgf/m}^2$$

### CARGA DEBIDO A LA LLUVIA:

Debido a la absorción de humedad de la plancha de hierro estructural se considera el 2 % del peso de la misma por lo que se obtiene una carga de:

Peso debido al porcentaje de absorción:  $R = 0,94 \text{ kgf/m}^2$

### CARGA DEBIDO A ELEMENTOS EXTERNOS:

Según la posición de la estructura en la zona de producción de crudo se ha considerado que existe carga debido al material acumulado por derrames, fugas o la instalación de nuevos equipos.

Peso debido asumido crudo =  $50 \text{ kgf/m}^2$

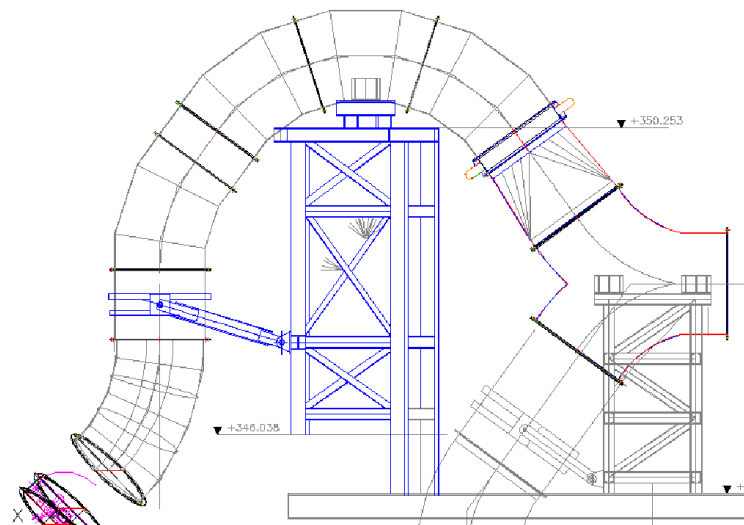


Fig. 13. Estructura de Soporte #3

## **PLATAFORMAS, ESCALERAS Y PASAMANOS**

### CARGA MUERTA:

Para las plataformas se ha considerado una estructura pesada, las vigas cargadoras será de perfil HEB 200 con puentes de perfil IPE 200, el piso será de plancha galvanizada de grating con platina de 30 mm de alto y 4 mm de espesor. Los pasamanos tendrán una altura de 1100mm formados por tubos redondos de 2" de diámetro y 3mm de espesor, los rodapiés tendrán de 200mm de ancho y de espesor 8mm. Las escaleras tendrán un ancho útil de 800mm formado por perfil UPN 200.

Peso propio de la Perfilería Estructural: 1500 kgf.

Peso propio de la Perfilería de Pasamanos: 90 kgf /m

Peso propio de la Perfilería de Escaleras: 550 kgf.

### CARGA VIVA:

Carga viva de Ocupación y Montaje: 1000 kgf. UBC 97

### CARGA SÍSMICA:

Haciendo uso de las ecuaciones 2.3, 2.4 y 2.5 obtenemos los datos de la tabla 3.

TABLA 3  
Factores para Generación de Espectro Sísmico Plataformas

Factores para el cálculo del espectro Sísmico de respuesta		
h=	1,8	
Ciudad	Guayaquil	
Zona Sísmica	V	
Suelo Tipo	D	
Z	0,4	g
I	1	
F <sub>a</sub>	1,2	
F <sub>d</sub>	1,4	
F <sub>s</sub>	1,5	
T <sub>o</sub>	0,18	
T <sub>c</sub>	0,96	
T <sub>L</sub>	3,84	
r	1	

## 2.6. Diseño Mecánico del Ciclón

En la siguiente tabla se muestran los parámetros de entrada para el diseño del ciclón:

TABLA 4  
Factores para Diseño de Ciclón

Carga de Polvo:	38	g/m <sup>3</sup>
Flujo de Gas:	65000	m <sup>3</sup> /h
	18	m <sup>3</sup> /s

Se establece la granulometría de captación de polvo en el ciclón, lo cual garantiza una alta eficiencia. Esto lo podemos apreciar en la tabla 5.

TABLA 5  
Eficiencia del Ciclón

<b>Tamaño</b>	<b>Masa</b>
<b>(<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>%</b>
5 - 10	45%
10 - 30	25%
30 - 50	15%
50 - 70	10%
70 - 100	5%

En la siguiente tabla 5 se muestra las dimensiones del ciclón diseñado. En el apéndice B se muestran los cálculos realizados para el diseño del ciclón. Los datos de carga y propiedades físicas del material fueron obtenidos del Manual del Ingeniero Químico, Perry, Segunda Edición.

Para un rápido cálculo e iteración se generó una hoja de cálculo, con lo cual se obtuvo la eficiencia del sistema de recolección en un 73%. En la figura 13 se aprecia las dimensiones del ciclón que se obtuvo con el cálculo.



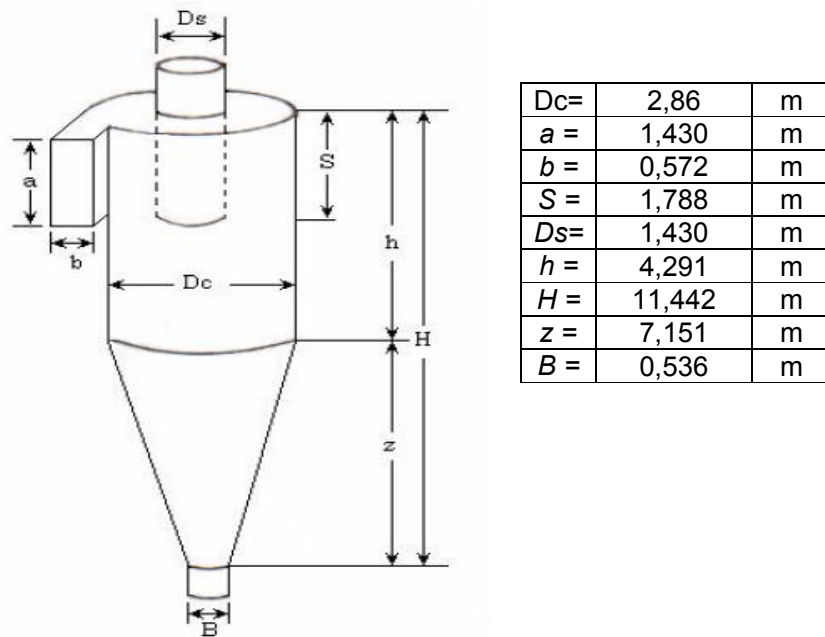


Fig. 14 Dimensiones del Ciclón de Recolección

## 2.7. Diseño Mecánico del Tornillo Sinfin

En la siguiente figura se muestran los parámetros de entrada para el diseño del tornillo sinfín, las ecuaciones y cálculos está basado bajo el libro de selección de componente de KWS ConveyorScrew.

TABLA6

## Diseño de Tornillo Sinfín

<b>Datos iniciales</b>			
Caudal (m <sup>3</sup> /h):	24	848	
Flujo másico (Ton/h):	36		
<b>Material</b>		<b>Comentario</b>	<b>Observaciones</b>
densidad W (lb/ft <sup>3</sup> ):	94	(1500 kg/m <sup>3</sup> )	
CODIGO:	A100-26M		
Serie Componente:	2		
Factor de Material <b>Fm</b> :	1,4		
% carga:	30A		
<b>Tornillo</b>		<b>Comentario</b>	<b>Observaciones</b>
Diámetro D(in):	12		
Paso P(in):	8	(2.D/3)	
Longitud L(ft):	15	(4620mm)	
<b>Rodamiento</b>		<b>Comentario</b>	<b>Observaciones</b>
Rodamiento Sele.:	H		
Eje recomendado	HardIron		
Temp. Max. (°F):	500°F		
Fb:	4,4		
<b>Diseño del Sinfín</b>		<b>Comentario</b>	<b>Observaciones</b>
Capacidad Requerida (ft <sup>3</sup> /h):	1160	32,8 m <sup>3</sup> /h	amás. RPM
Capacidad Requerida (ft <sup>3</sup> /h):	12,9	a 1 RPM	
Velocidad Max. (RPM):	90		
Velocidad de Operación N (RPM):	65,74		$N = \frac{\text{Capacidad requerida}}{\text{Capacidad a 1 RPM}}$
Capacidad Real CS (ft <sup>3</sup> /h):	848		$CS = (\text{Capacidad requerida}) \cdot Cf1 \cdot Cf2$
Cf1:	1		
Cf2:	1		
Dia. Ext. Tubo O.D. (in)	3,5		Tubo CED80 3"
<b>Motoreductor</b>		<b>Comentario</b>	<b>Observaciones</b>
HP <sub>f</sub> :	0,18		$HP_f = \frac{L \cdot N \cdot F_d \cdot F_b}{1000000}$
HP <sub>m</sub> :	1,67		$HP_m = \frac{C \cdot L \cdot W \cdot F_f \cdot F_m \cdot F_p}{1000000}$
HP:	2,45		$\text{Total HP} = \frac{(HP_f + HP_m) \cdot F_o}{e}$
Fd:	55		
Fb:	3,4		
Fp:	1		
Ff:	1		

e:	0,95		
Fo:	1,25		
<b>Torque</b>		<b>Comentario</b>	<b>Observaciones</b>
Torque (lb.in):	2344,33		$Torque(lb.in) = \frac{63025 * HP}{N}$
Día. Ext. Tubo O.D. (in)	2"	Calculado	Tubo CED80 3"
Día. Ext. Tubo O.D. (in)	3,5"	Recomendado	Tubo CED80 3"
Día. Acople. (in)	2"		
<b>SELECCIÓN DE COMPONENTE</b>		<b>Comentario</b>	<b>Observaciones</b>
Código equipo:	12H412		
w(lb):	220,00		
<b>DEFLECCIÓN</b>		<b>Comentario</b>	<b>Observaciones</b>
D (in):	0,09		$D(in) = \frac{5.W.L^3}{384.(29000000).I}$
I (cm <sup>4</sup> ):	6,28		

## 2.8. Diseño de Ductos de Conexión

Para mantener caudal de aire de transporte en los ductos de gases, se mantendrá el diámetro que actualmente tienen los ductos, la temperatura de los gases están a 100°C por lo que se han revestido con un aislante térmico y forrado con lámina galvanizada. El diámetro actual es de 1250mm, el recorrido del mismo hasta el punto de conexión al ciclón y puntos a conectarse en el sistema actual lo podemos apreciar en la figura 14 donde exista cambio de sección se generara una transición.

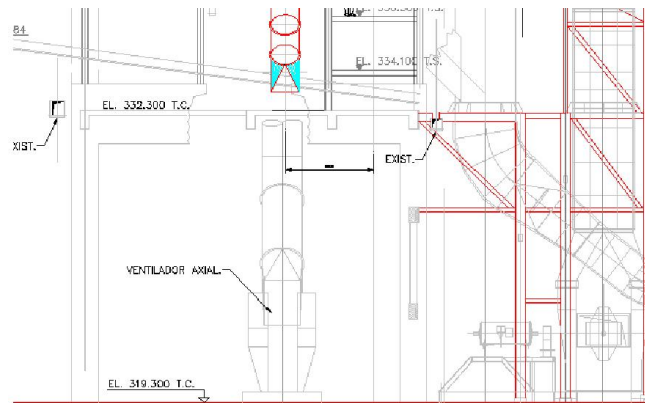


Fig. 15. Ubicación Ventilador Axial

Los detalles constructivos de las líneas de ductos se los pueden apreciar en los planos anexos de este documento.

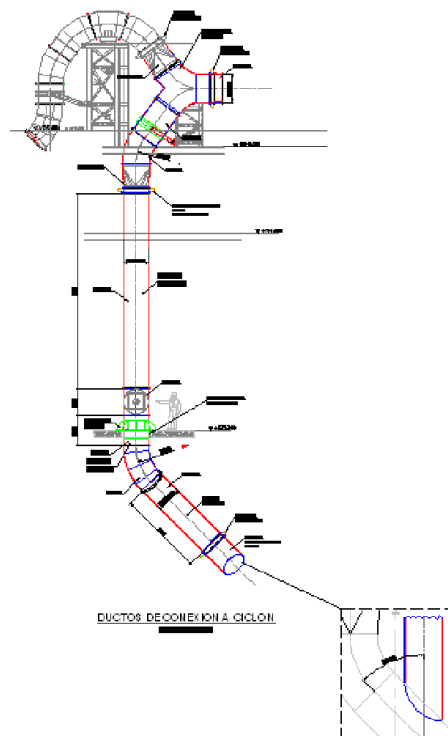


Fig16. Línea de Ductos Conexión Ventilador Axial a Ciclón

# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS GLOBAL DEL SISTEMA

Esta sección se verifica la resistencia estructura de los soporte, para lo cual se genera un modelo matemático. Además se verificara la capacidad y eficiencia de los equipos mecánicos diseñados como son el ciclón, el tornillo sin fin, los ductos de conexión.

### 3.1. Combinaciones de Carga

Para el análisis estructural se usara la combinación de cargas conforme a los Códigos: AISC, UBC 97 y LRFD, considerando nueve estados de carga mediante esfuerzos permisibles y deformaciones admisibles:

- Combinación 1=  $1,4D$
- Combinación 2=  $1,2D+1,6L+1,6Lr$
- Combinación 3=  $1,2D+0,5L+0,5Lr+1,3W$
- Combinación 4=  $1,2D+0,5L+0,5Lr-1,3W$
- Combinación 5=  $0,9D+1,3W$
- Combinación 6=  $0,9D-1,3W$
- Combinación 7=  $1,2D+0,5L+0,5Lr+Ex$
- Combinación 8=  $1,2D+0,5L+0,5Lr-Ex$
- Combinación 9=  $0,9D+Ex$
- Combinación 10=  $0,9D+Ey$

D = Dead Load (Carga Muerta)

L = Live Load (Carga Viva)

Lr = Roof Live Load (Carga Viva de ocupación y montaje)

W = Wind Load (Carga de Viento)

Winward = Barlovento

Leeward = Sotavento

E = Seismic Load (Carga Sísmica)

R = Rain Load (Carga debido a Lluvia)

### **3.2. Análisis Estructural**

El análisis de los esfuerzos y estados de carga críticos hechos en las estructuras, se los ha realizado mediante un análisis por medio del método de elementos finitos a través de un moderno paquete computacional como es el SAP 2000 V15.I, del cual se puede apreciar en su estado deformacional, una flecha; así como los estados de tensiones de esfuerzos de Von MissesHencky. Estos resultados muestran que las dimensiones y materiales con los cuales se diseñaron las estructuras están dentro del rango permisible de esfuerzos.

### **3.3. Eficiencia del Ciclón**

El ciclón luego de hacer un análisis de la precipitación de las partículas de diferente granulometría se observó que tiene una eficiencia de 73% además de esto el porcentaje de Kilocalorías por kilos de Clinker que se puede producir es de 1%. El proyecto

tendría un costo total de \$30.000 con el cual se recuperaría \$330.0000 debido se aumentaría la producción de Clinker el cual tiene un costo a recuperar de \$0.16/ton, además se reduciría las paras por mantenimiento.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

1. La solución de la instalación del ciclón es la opción más óptima para el desarrollo del problema. A pesar que el costo de la instalación del ciclón es mayor que el costo del cambio del ducto de entrada al molino por un cono, la eficiencia en la recolección es de solo el 25% mientras que la eficiencia del ciclón es del 73%; los gases de ingreso ventilador de arranque están limpios de contaminación de crudo, esto se fomenta también en el hecho de que el ahorro por tonelada de Clinker producido en el año es de \$0.16/ton es decir \$330000 al año.
2. El sistema de recolección diseñado tiene menor cantidad de partes para mantenimiento ya que el sistema al tener una válvula rotatoria en su descarga regula el flujo hacia el tornillo sinfín que igualmente regula el flujo con la misma capacidad de descarga que la válvula rotatoria.
3. Debe de considerarse el hecho que los ductos al transportar gases con un temperatura promedio de 100°C, son recubiertos con un aislamiento térmico, que con el paso del tiempo esto se deteriora y debe dársele el mantenimiento debido.



4. Las estructuras diseñadas tienen suficiente resistencia estructural para resistir las cargas de los ductos, debido a algún cambio o mantenimiento se construyan sobre ellas plataformas y escaleras.

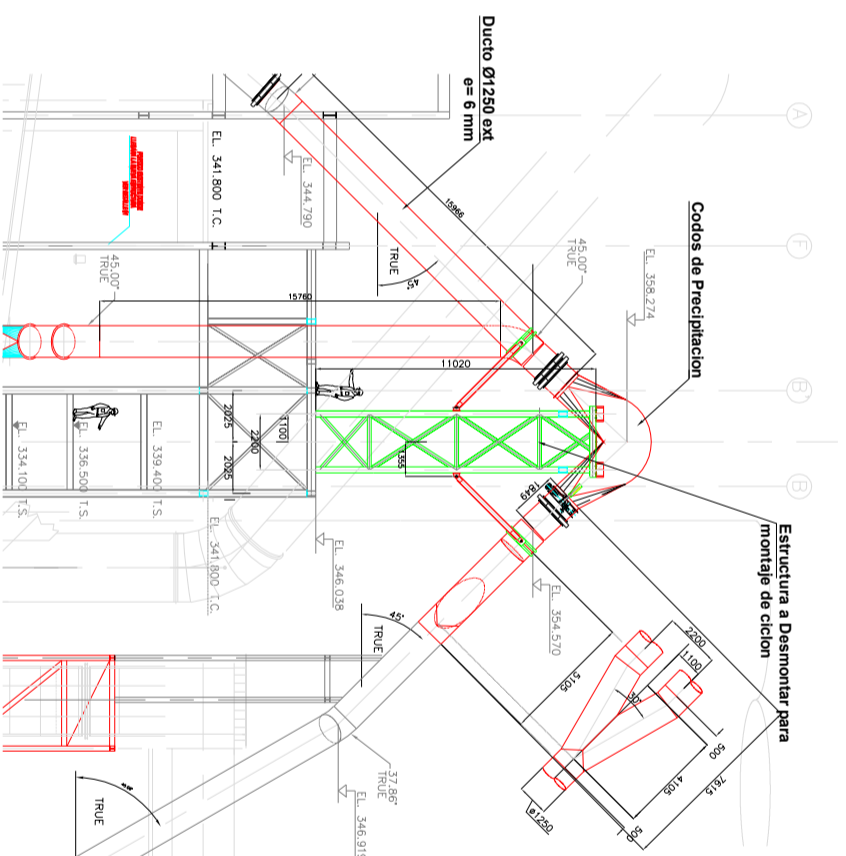
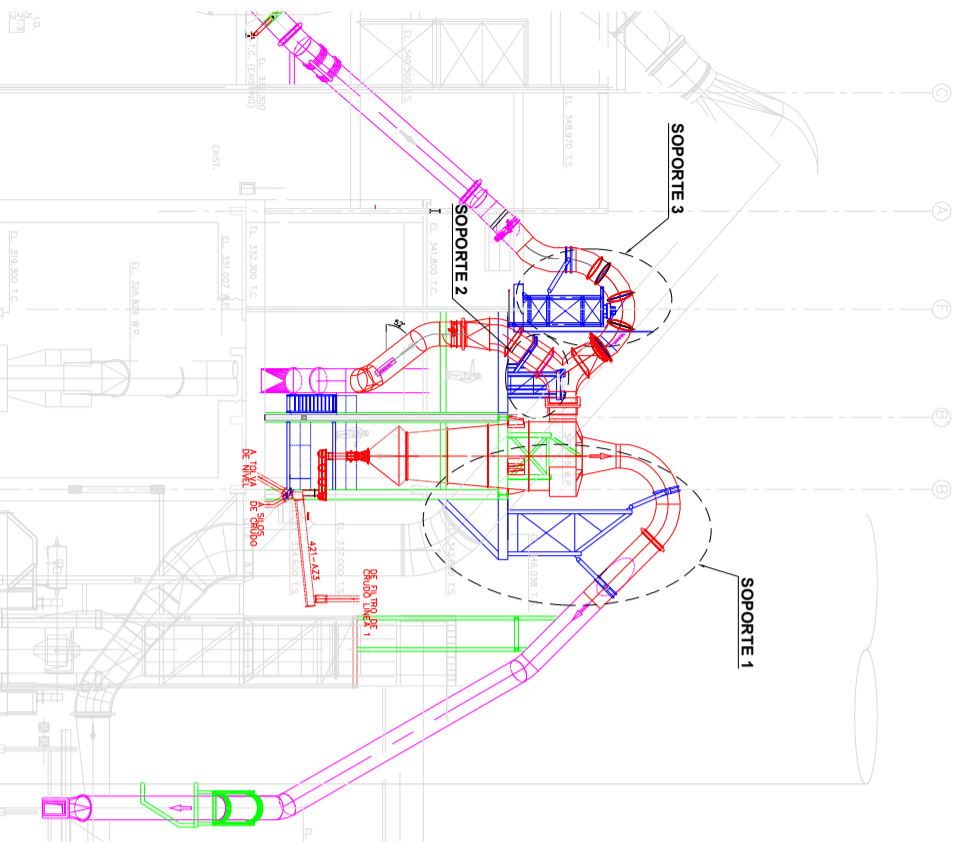
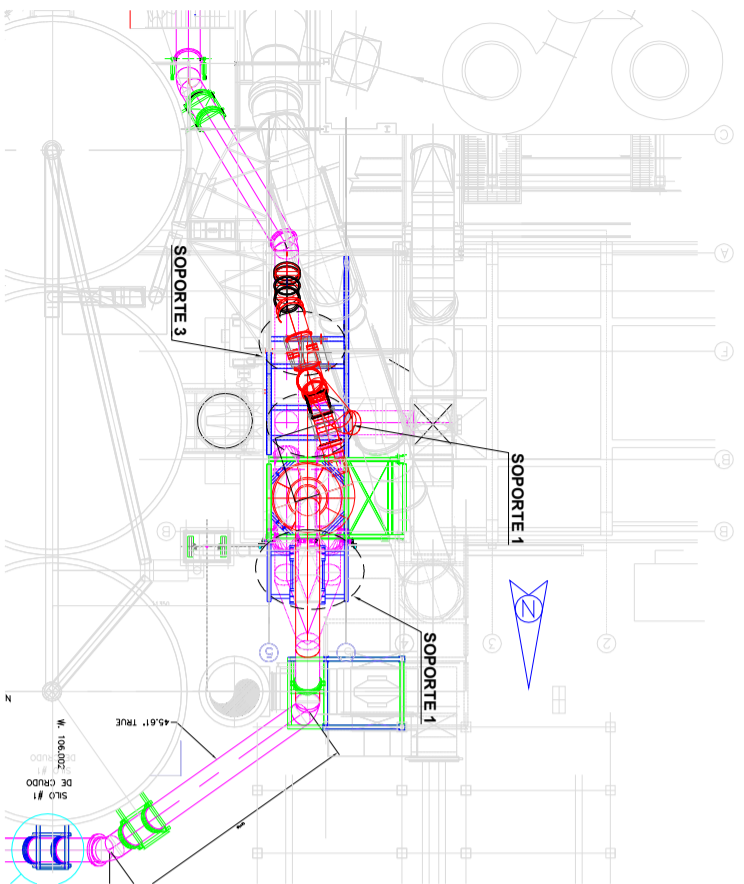
#### **4.2 Recomendacioness**

1. Las juntas de las uniones de los ductos deben unidas con un sellante térmico e hilo de pavilo, ya que estos actuaran como un empaque evitando fugas durante el transporte de gases dentro de los ductos.
2. Debe considerarse darle mantenimiento periódico a los rodamientos de la válvula rotatoria como la del tornillo sinfín, evitándose así paros en el sistema por falla en estos puntos.
3. Se deberían instalar válvulas de cierre de flujo en el sistema como son las válvulas rotatorias ya que 2 líneas de gases entran en el sistema, esto garantiza que al querer realizar algún cambio en alguna de las 2 líneas no se tenga que parar todo el sistema.

# APÉNDICES

APÉNDICE A

PLANOS



Estructuras - Ductos a Desmontar		
Descripcion	Cantidad	Peso
Codo de Precipitacion	2 un.	2250 Kg.
Estructura	1 un.	6530 Kg.
Plataformas/Pasamanos	glb.	2300 Kg.
Junta de Expansion	6 un.	900 Kg.
Ducto Ø 1250 mm e= 6mm Aprox=47ml	glb.	8648 Kg.
<b>Total:</b>		<b>20631 Kg. aprox.</b>
		Ver Nota 2

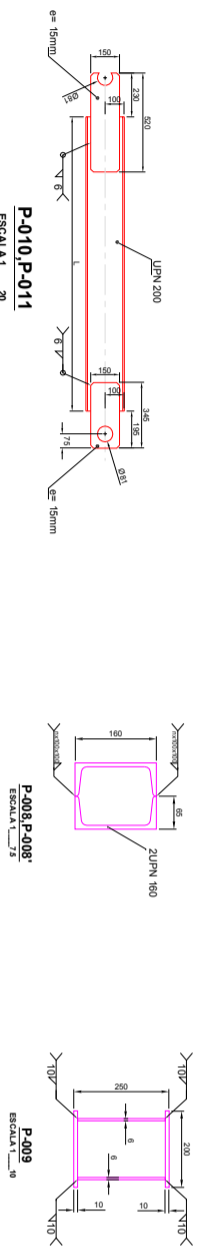
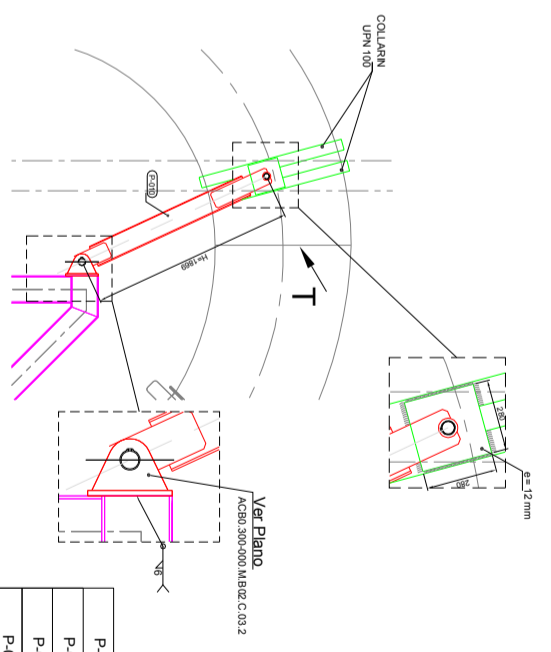
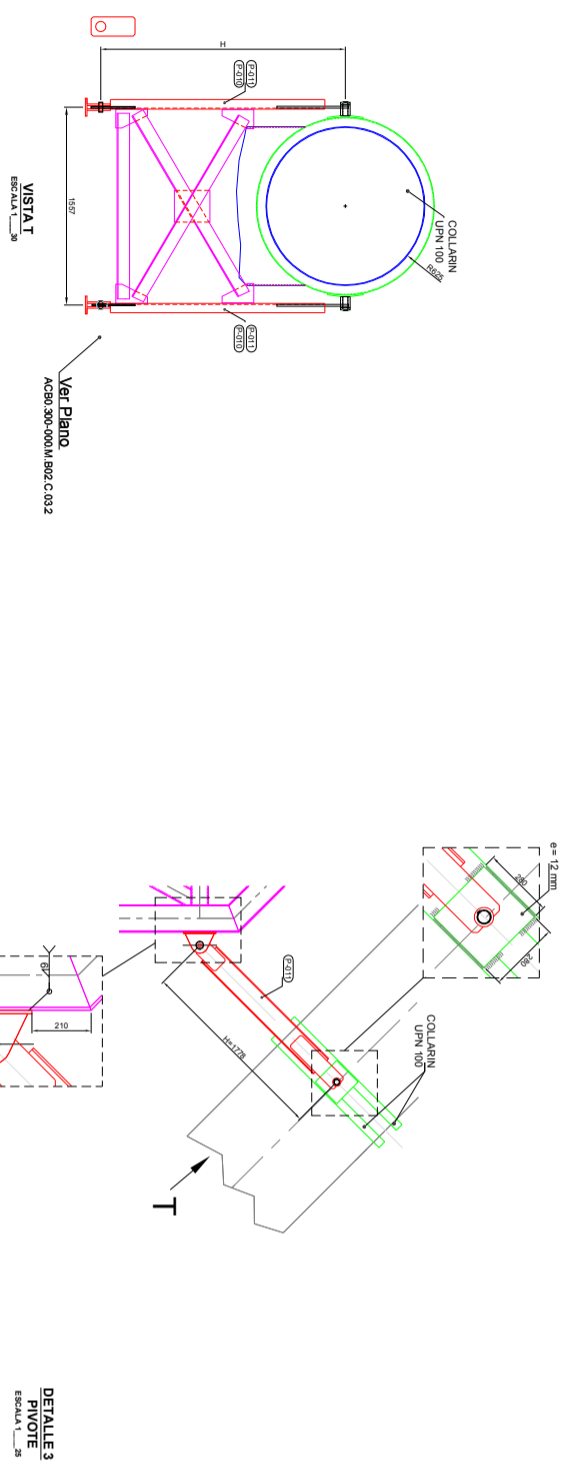
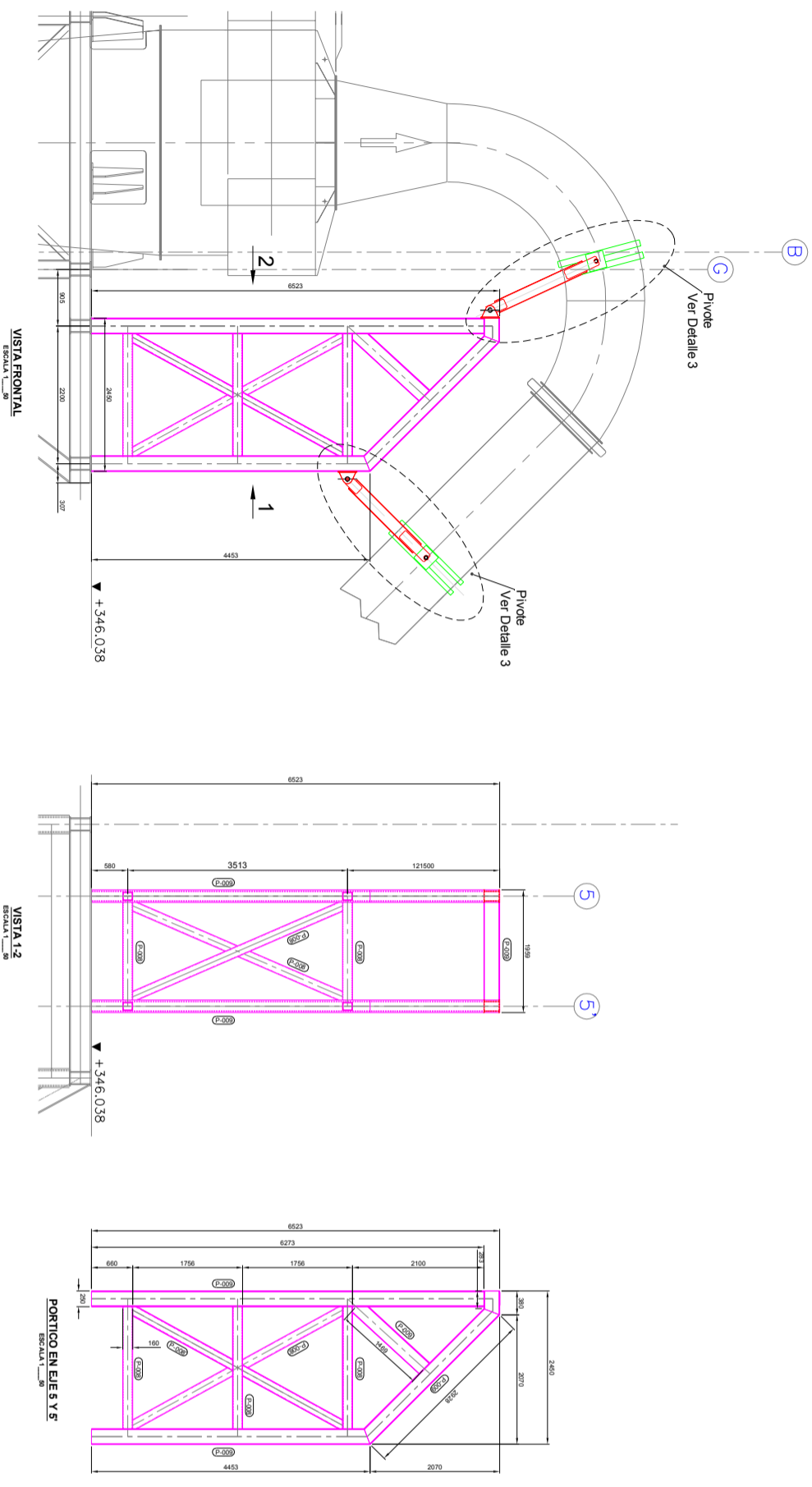
- NOTAS:**
1. Se desmontara estructura y se reemplazara por una estructura falsa para el montaje del ciclón.
  2. Peso no incluye aislamiento termico en los ductos.



Ducto "Y" de Conexion

Estructura de soporte actual Ver Nota 1

ESPOL-FIMCP			Código H/C del equipo:	Código S/A/T del equipo:
No.	Materiales	Peso		
Cant./Metr.	xxxx			
Dibujó:	A. Sandoz	Fecha:	23/02/10	
Aprobó:	A. Sandoz	Fecha:	23/02/10	
Modif. por:				
Verif. por:				
Escala				
INDICADA				
Cód. de Diseñ.				
AC90_300-000.M.A01.D.00.2				



IDENTIFICACION	DENOMINACION	CANTIDAD	PESO
P-011	UPN 200 L=1450mm	1	
P-010	UPN 200 L=1550mm	1	
P-009	250x200x10x6 L=1560mm	2	
P-008	2UPN 160 L=1820mm	8	
P-008	2UPN 160 L=365mm	4	
P-008	2UPN 160 L=1950mm	6	
P-009	250x200x10x6 L=1470mm	2	
P-009	250x200x10x6 L=3308mm	2	
P-009	250x200x10x6 L=4453mm	2	
P-009	250x200x10x6 L=4453mm	2	
P-009	250x200x10x6 L=6272mm	2	

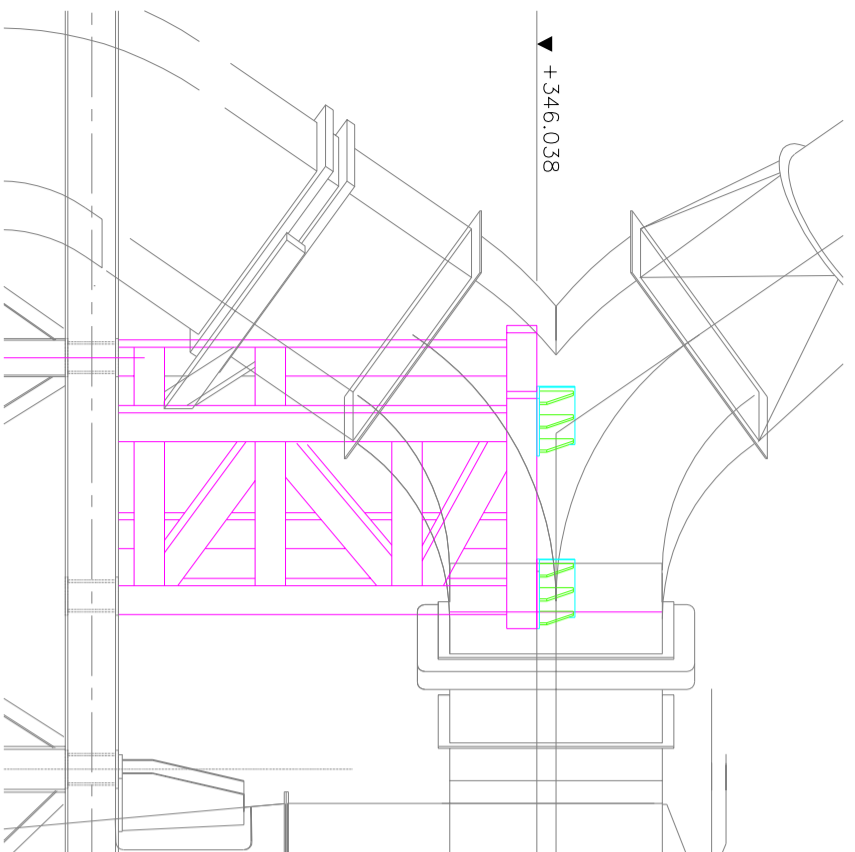
## ESPOL-FIMCP

Codigo INDC del equipo: \_\_\_\_\_ Codigo SNT del equipo: \_\_\_\_\_

SOPORTE #1		Nombre		Fecha	
Materia: ASTILIA-36	Dibujo: A. GONZALEZ	23/02/10			
PLANO DE UBICACION ESTRUCTURAS					
SOPORTE #1		Nombre		Fecha	
DETALLE GENERAL					
Verificar por: _____					
Escala: _____					
INDICADA					

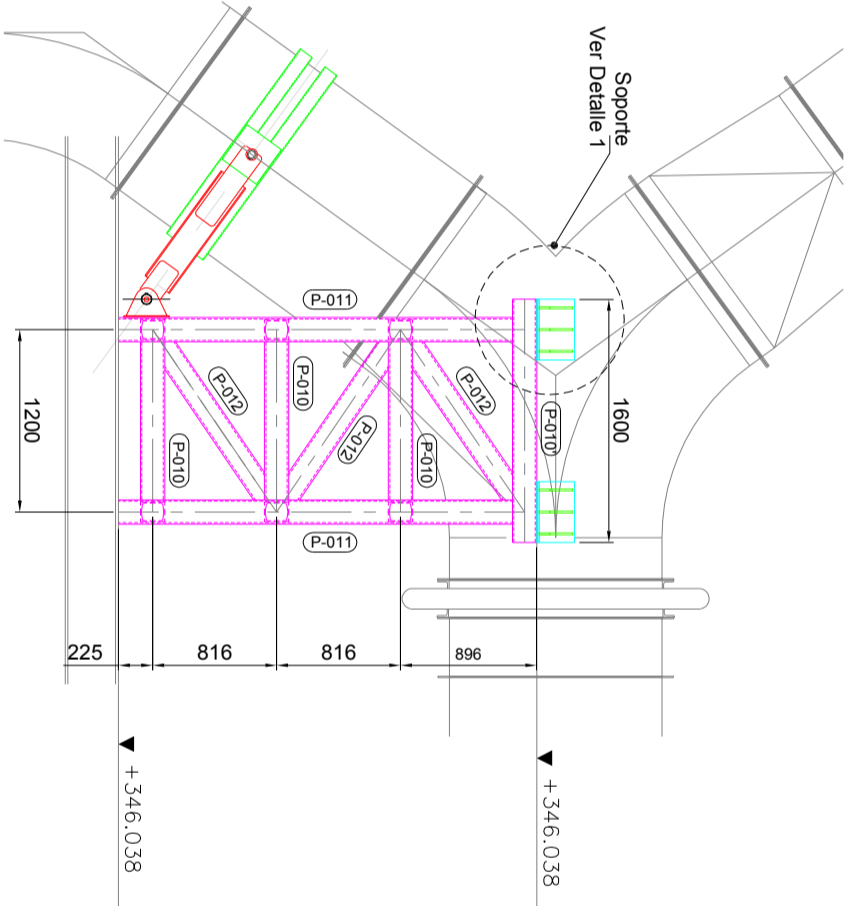
Codigo INDC del equipo: \_\_\_\_\_ Codigo SNT del equipo: \_\_\_\_\_

Cant: Ind. : xxxxx



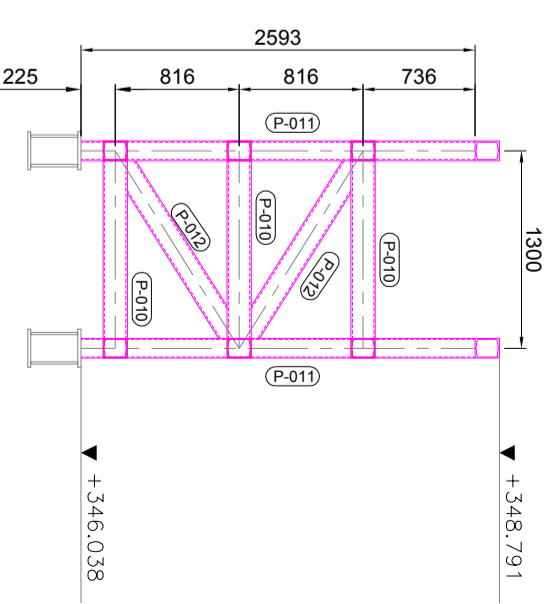
VISTA GENERAL ESTE-OESTE

ESCALA 1/50



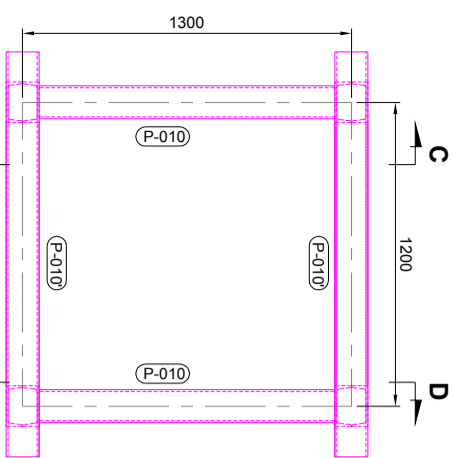
VISTA FRONTAL

ESCALA 1/50



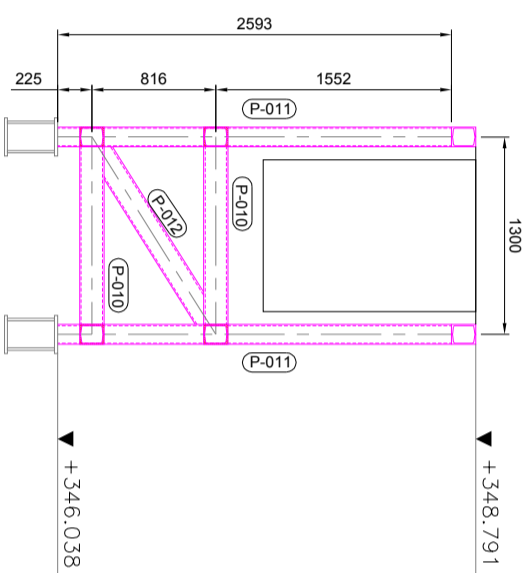
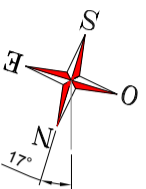
CORTE D-D'

ESCALA 1/50



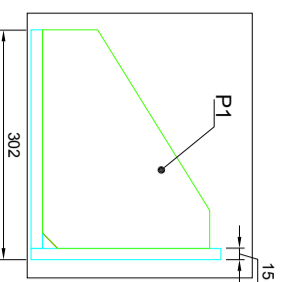
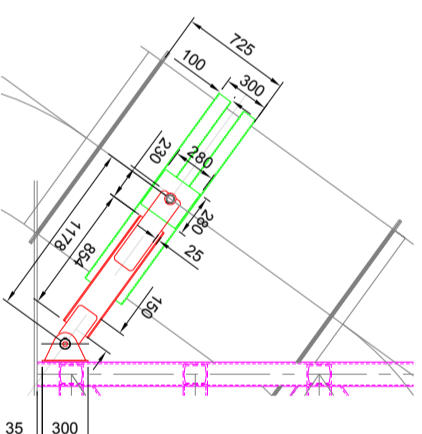
NIVEL +346.038

ESCALA 1/30



CORTE C-C'

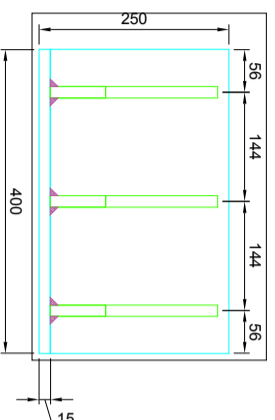
ESCALA 1/50



DETALLE 1

APOYO DE DUCTO

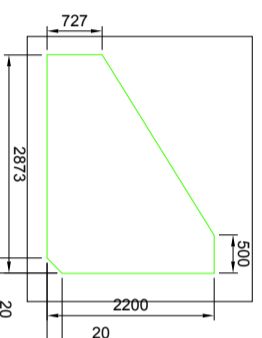
ESCALA 1/10



P1 e=15mm

Cant= 6 un.

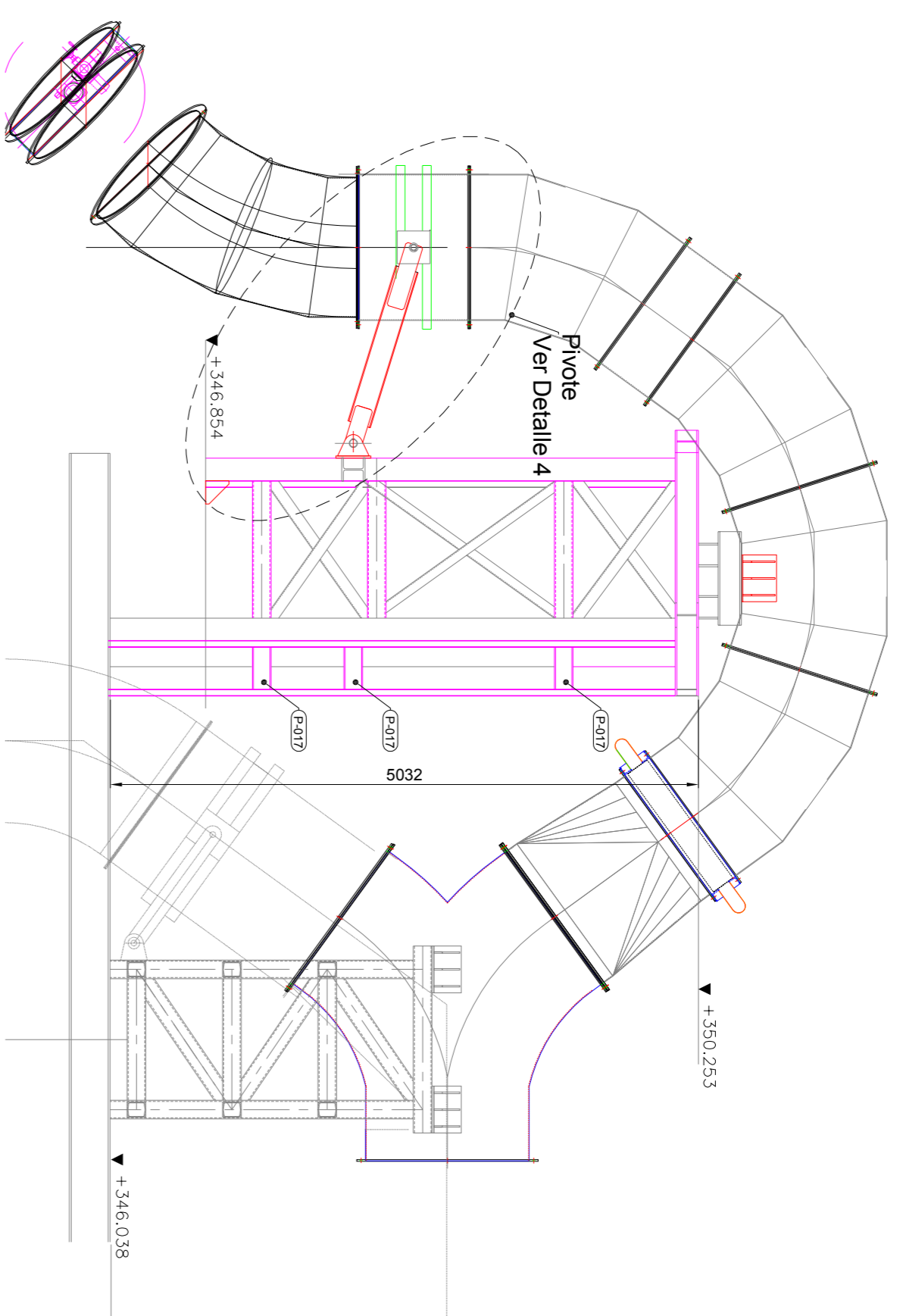
ESCALA 1/10



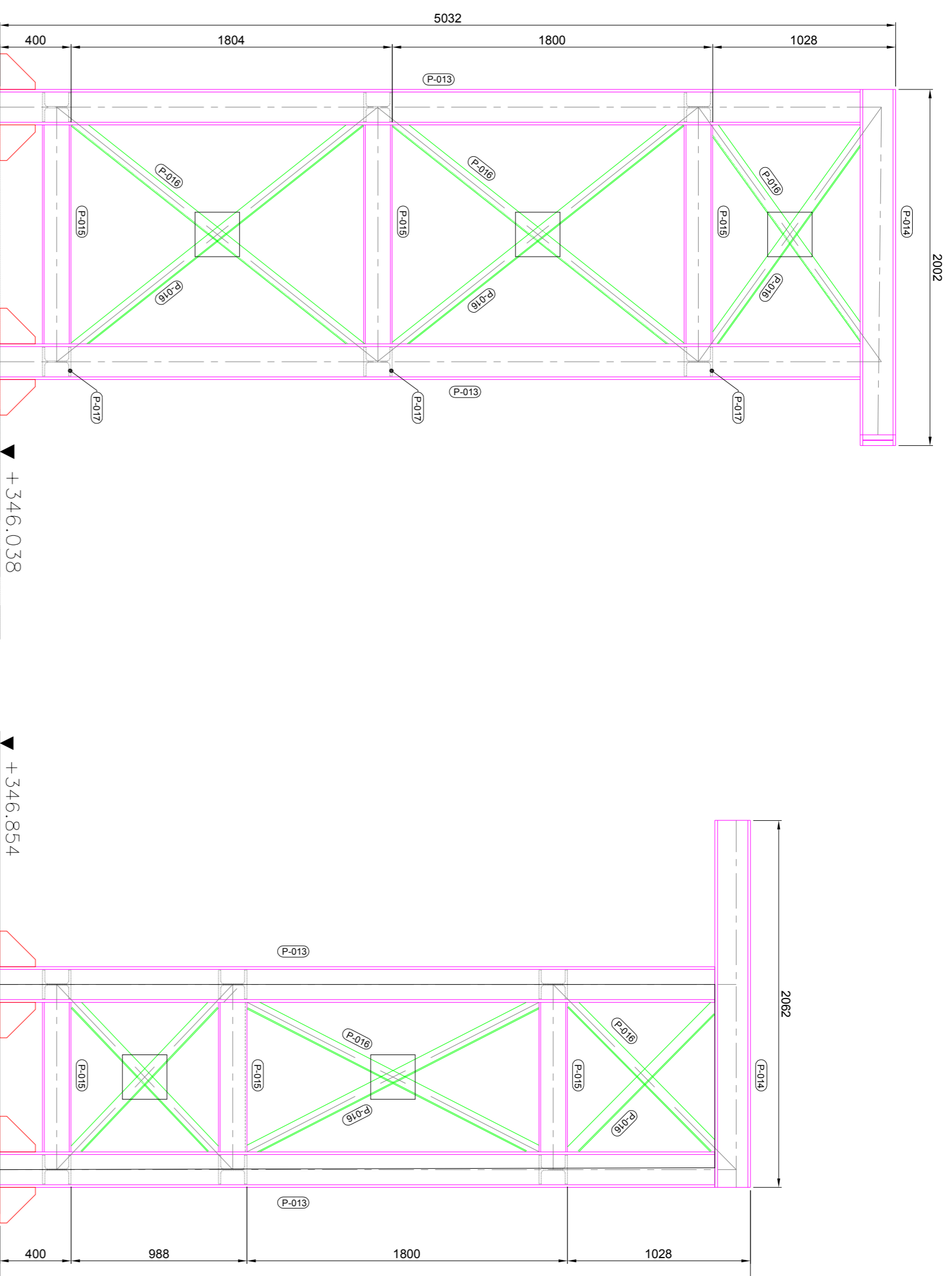
IDENTIFICACION	DENOMINACION	CANTIDAD	PESO
P-012	[ ] 2UPN 160 L=1258mm	9	
P-011	[ ] 2UPN 160 L=2593mm	2	
P-010'	[ ] 2UPN 160 L=1600mm	2	
P-010	[ ] 2UPN 160 L=1170mm	5	
P-010	[ ] 2UPN 160 L=1040mm	6	

<b>ESPOL-FIMCP</b>			
Código HAc del equipo:		Código SAP del equipo:	
Código SAP del repuesto:			

<b>ESPOL-FIMCP</b>			
No	Materiales	Peso	Escala
			INDICADA
Cant/Inst.: xxxxx			
SOPORTE #2	Dibujó: A.CHANGO	Fecha: 23/02/10	Area: X
Materia: ASTM A-36	Diseño: A.CHANGO	23/02/10	
	Aprobó:		
	Modif. por:	15/06/10	
	Verif. por:		
	Substituido por:	X	Substituye a:
		X	
Cod de Dibujo:	ACB0.300-000.MB02.C.02.1		

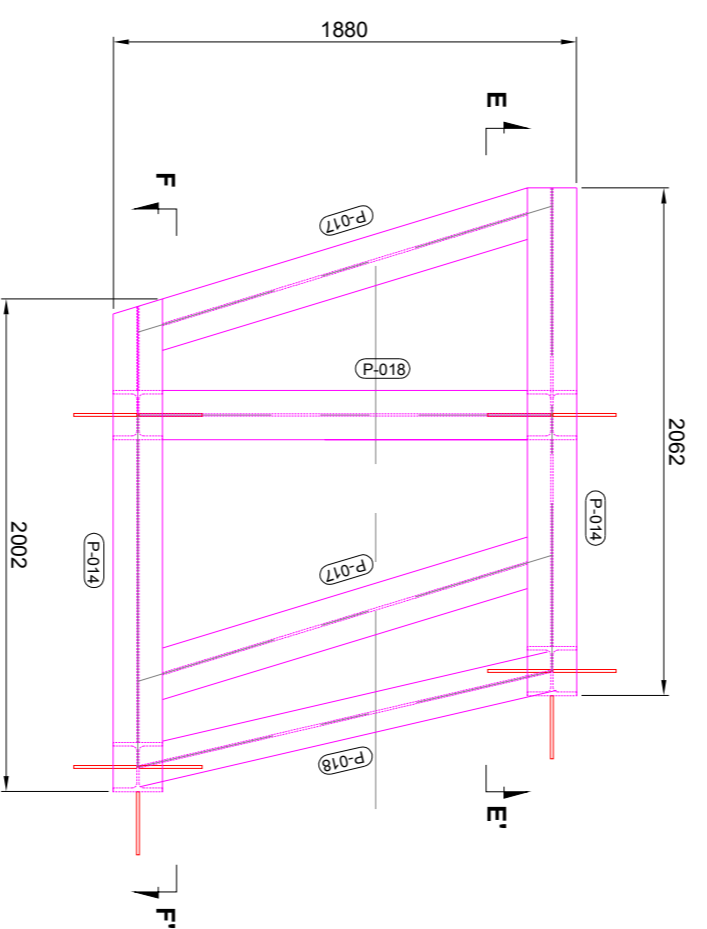


VISTA FRONTAL  
ESCALA 1:50

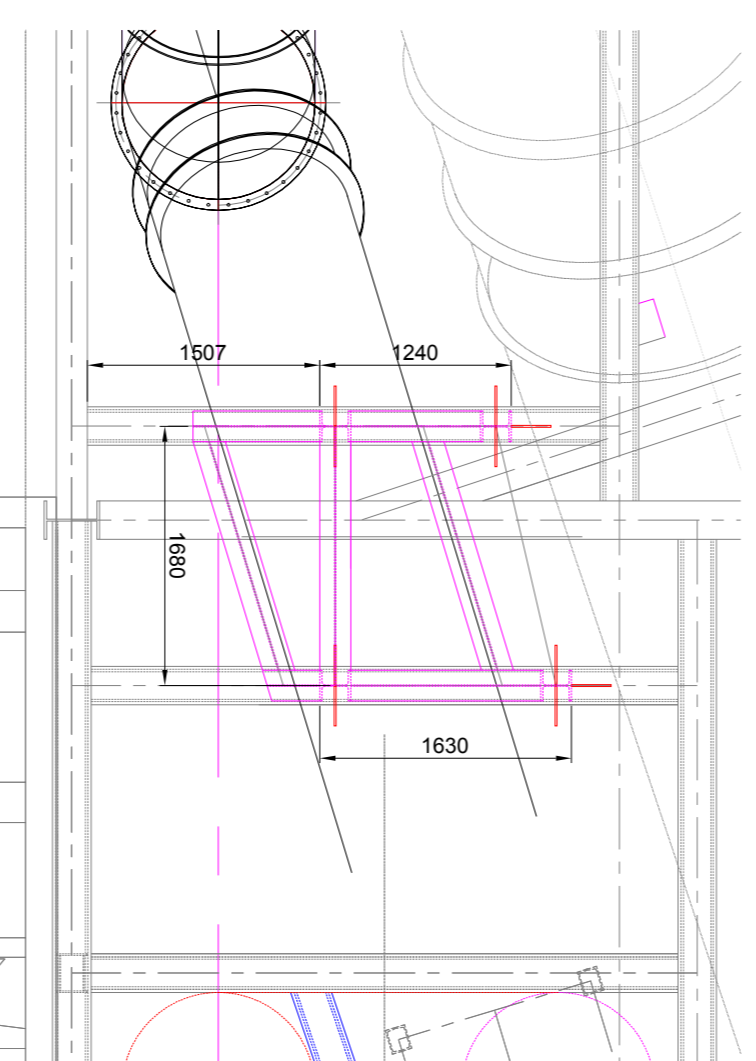


CORTE F-F'  
ESCALA 1:25

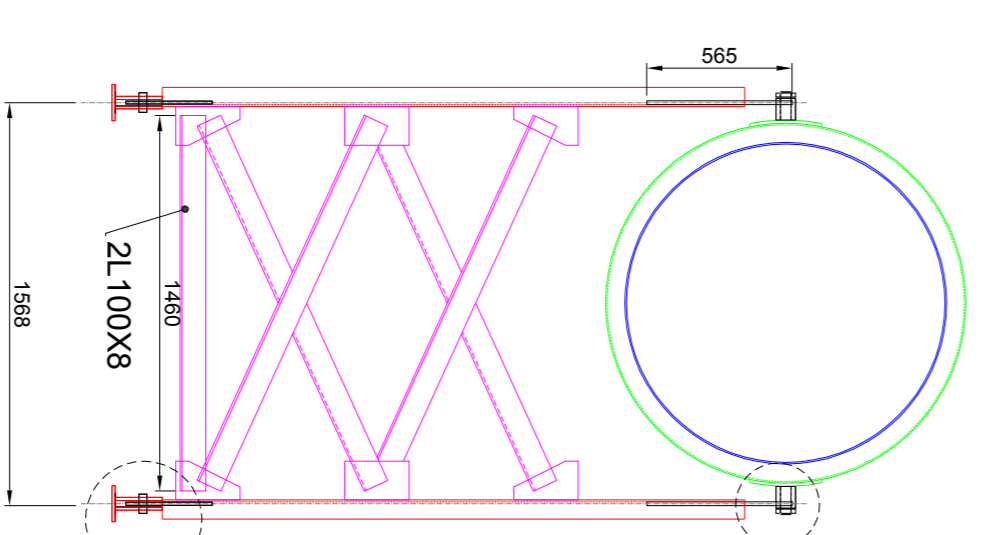
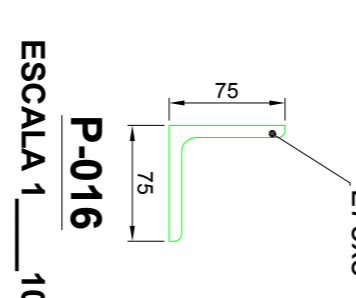
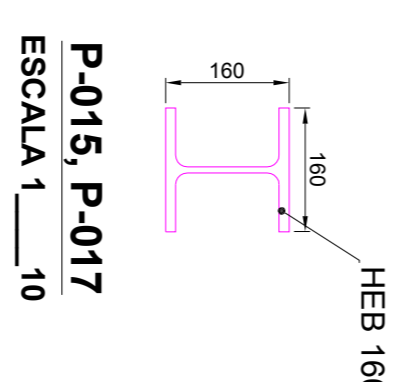
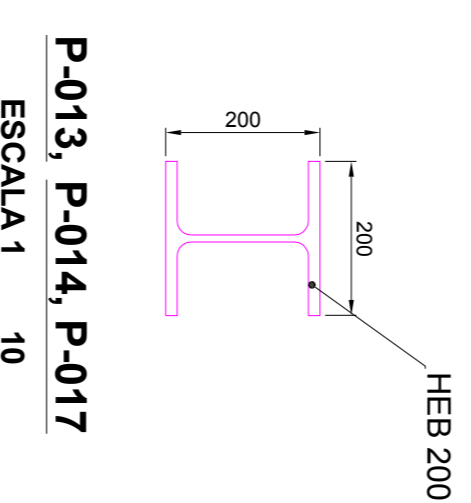
CORTE E-E'  
ESCALA 1:25



NIVEL +353.849  
ESCALA 1:35

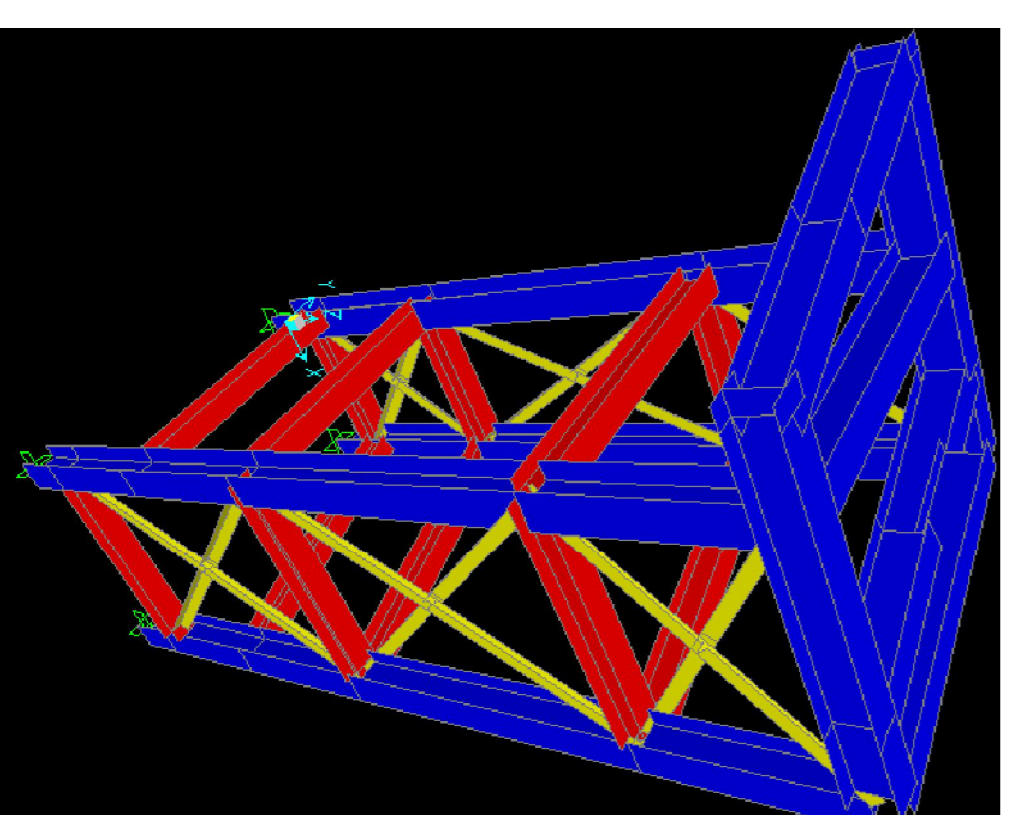


NIVEL +353.849  
ESCALA 1:35



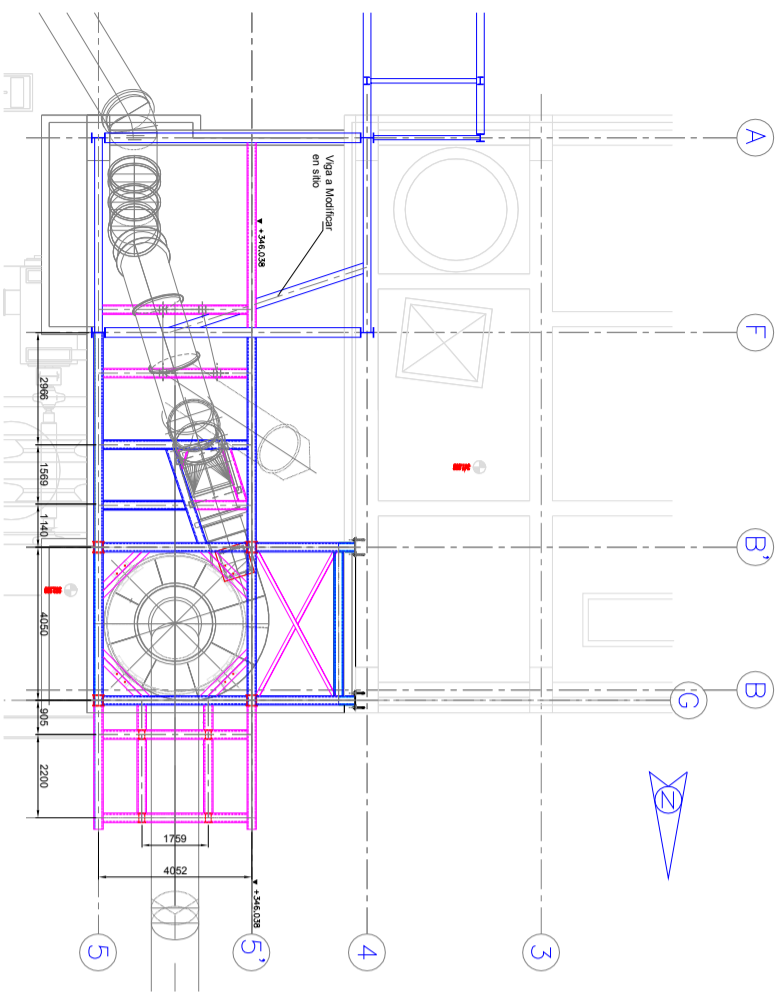
VISTA T  
ESCALA 1:30

Section	Object type	NumPieces	Total length	Total weight
Text	Text	Unitless	mm	Kgf
HE200-B	Frame	30	28946.04	1774.42
HE160-B	Frame	12	17624.31	751.15
L75x7	Frame	24	22674.26	180.11

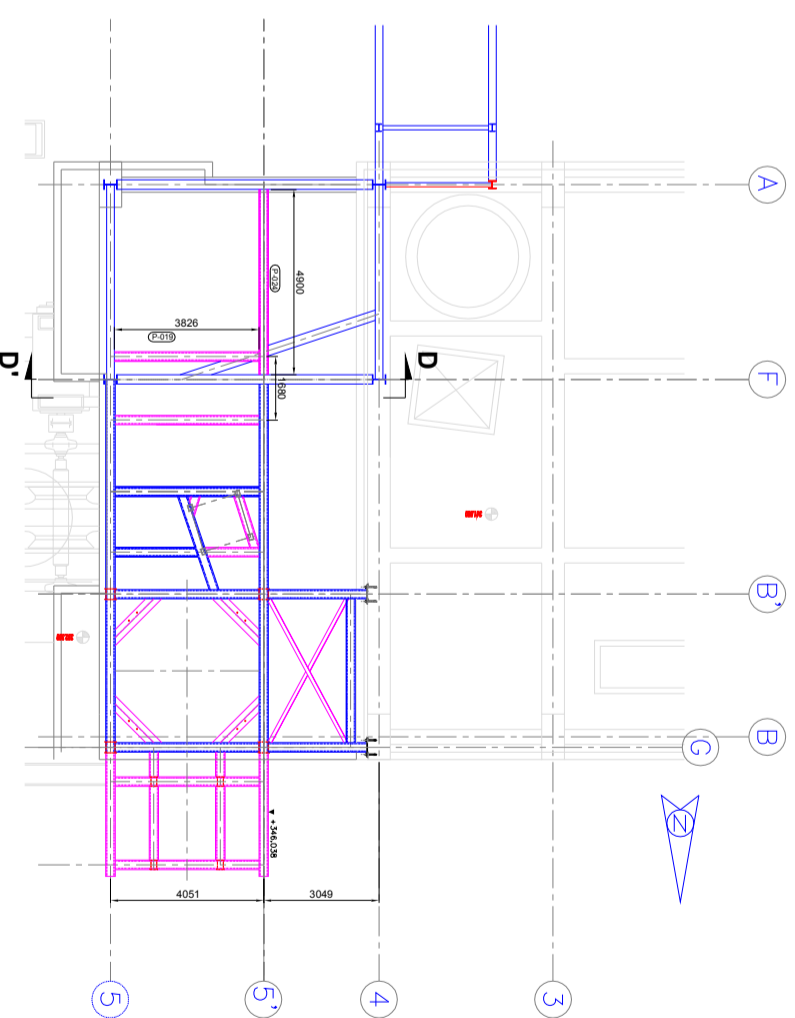


## ESPOL-FIMCP

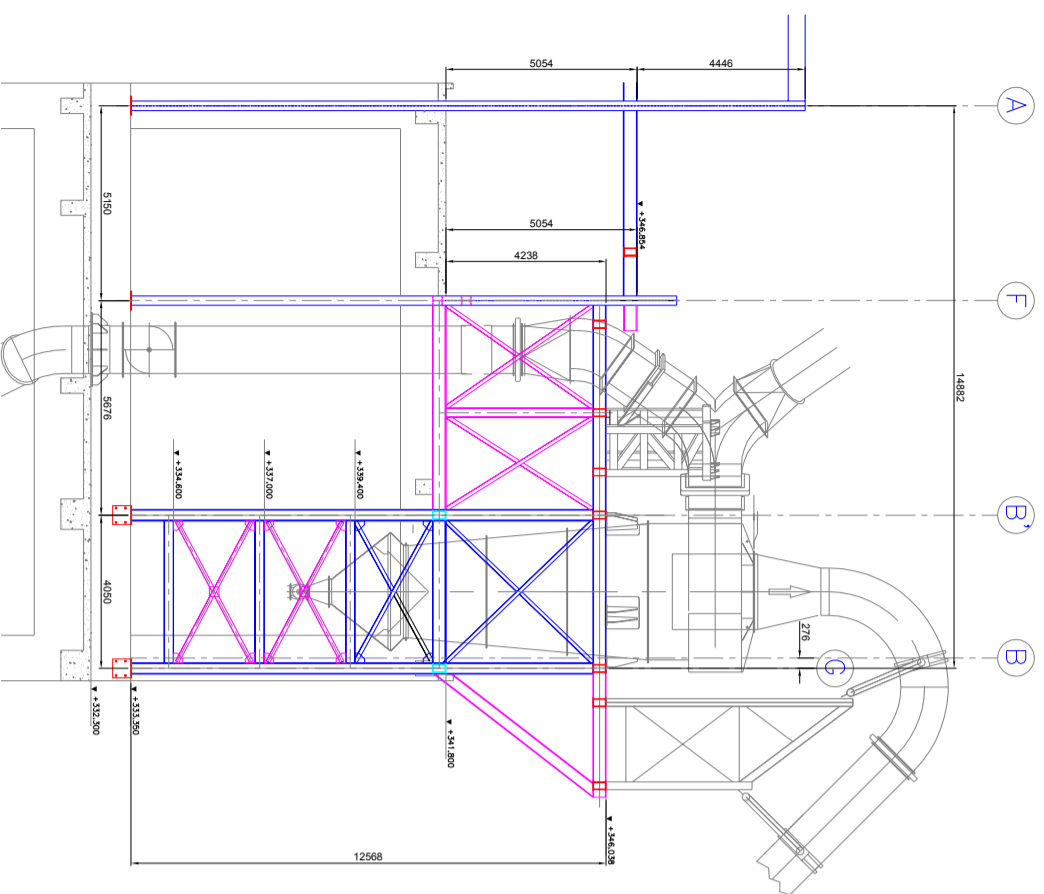
SOPORTE #3		Nombre		Fecha		Codigo HAC del equipo		Codigo SAP del equipo	
Material	ASTM A-36	5518 kg	5518	04/06/10	04/06/10	ASIA	X		
Codigo SAP del equipo:									
Codigo SAP del equipo:									
Contiene:									
PLANO DE UBICACION ESTRUCTURAS									
SOPORTE #3									
DETALLE GENERAL									
Modif. por:									
Verif. por:									
Sustituido por:									
Substituye a:									
Escala									
INDICADA									
Cód. de Dibujo									
ACB0.000-000 M.B02 D.03.2									
Cant. Inv.: xxxxx									



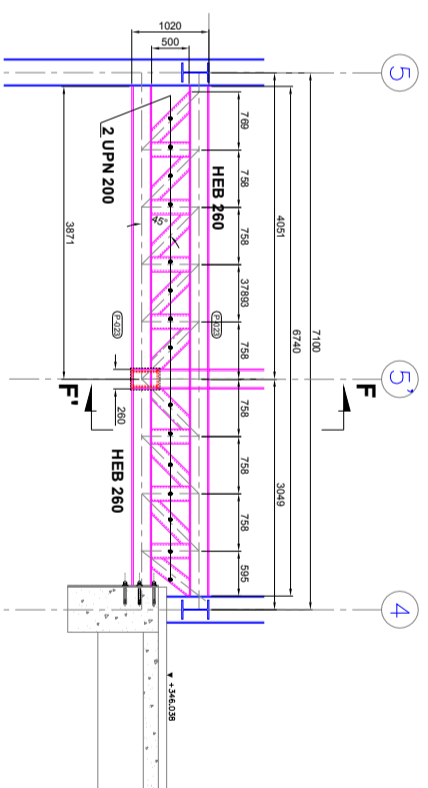
VISTA DE PLANTA GENERAL  
ESCALA 1/100



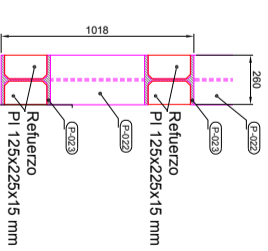
VISTA DE PLANTA NIVEL + 346.854  
ESCALA 1/100



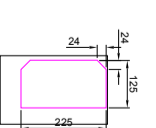
VISTA ESTE-OESTE  
ESCALA 1/100



CORTE D-D'  
CERCHA DE REFUERZO DE PISO EN EJE F  
ESCALA 1/100



CORTE F-F'  
ESCALA 1/25



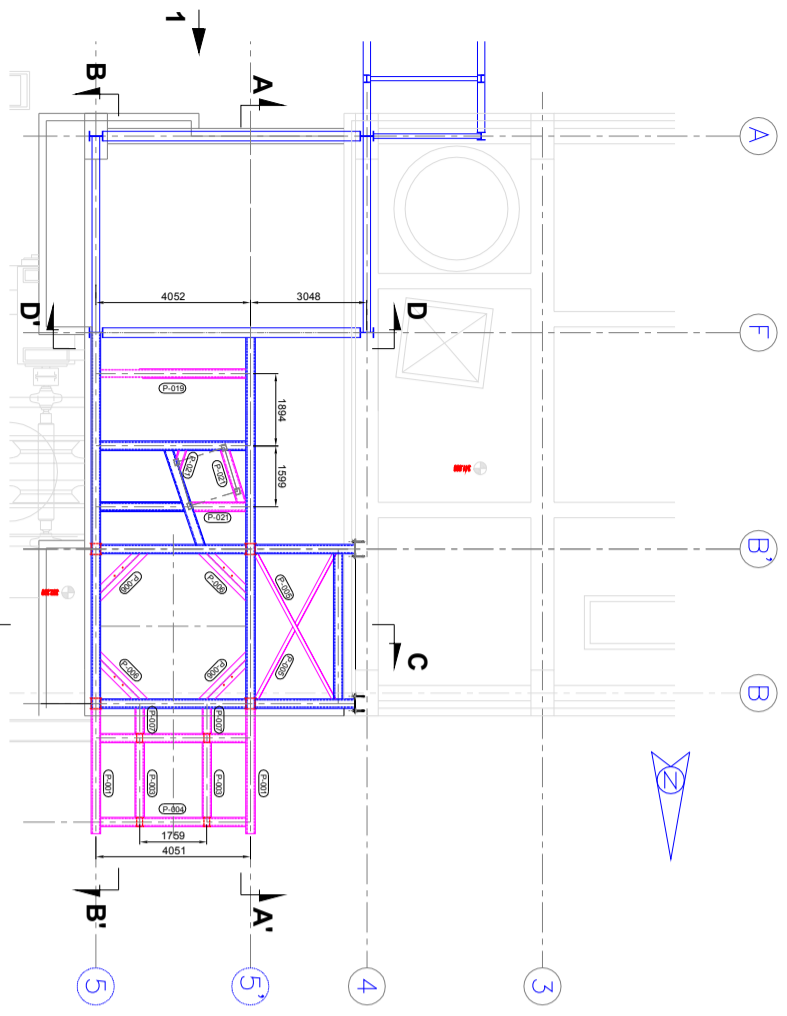
REFUERZO  
e=15mm  
Mat: ASTM A36  
Cant: 8 un  
ESCALA 1/10

ESTRUCTURA ACTUAL  
REFORMAMIENTO DE ESTRUCTURA

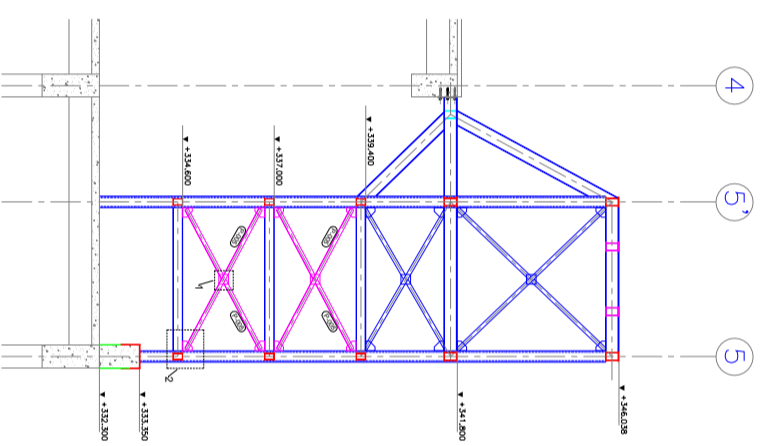
# ESPOL-FIMCP

Codigo HAC del equipo:		Codigo SAP del equipo:	
Reforzamiento de Estructura		Reforzamiento de Estructura	
Mat: ASTM A36	Diseño: A.C. Chaves	Fecha: 12/02/10	Asesor: X
	Apellido: A.C. Chaves	Fecha: 12/02/10	Verif. por: X
	Modif. por:		
	Substituto por:		
No:	Materiales:	Peso:	Estado INDICADA
Cant. Inst.: 6000 kg			ACB0.300-000.MB02.D00-1

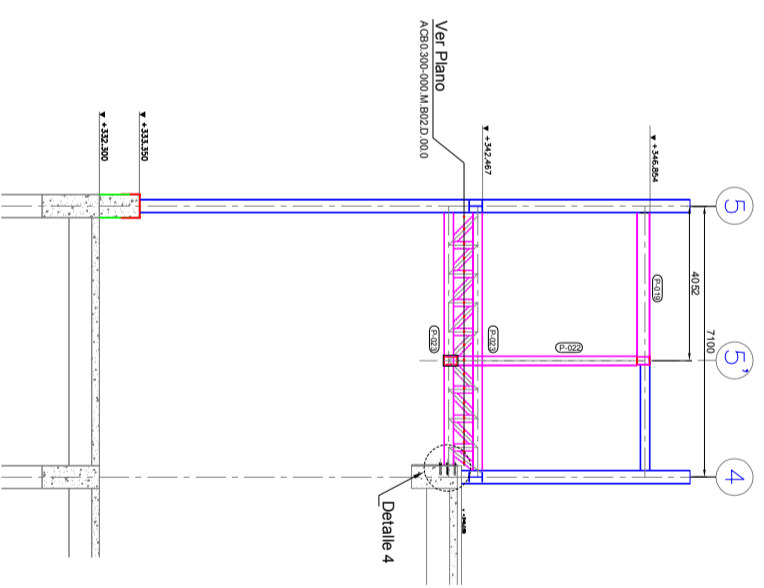




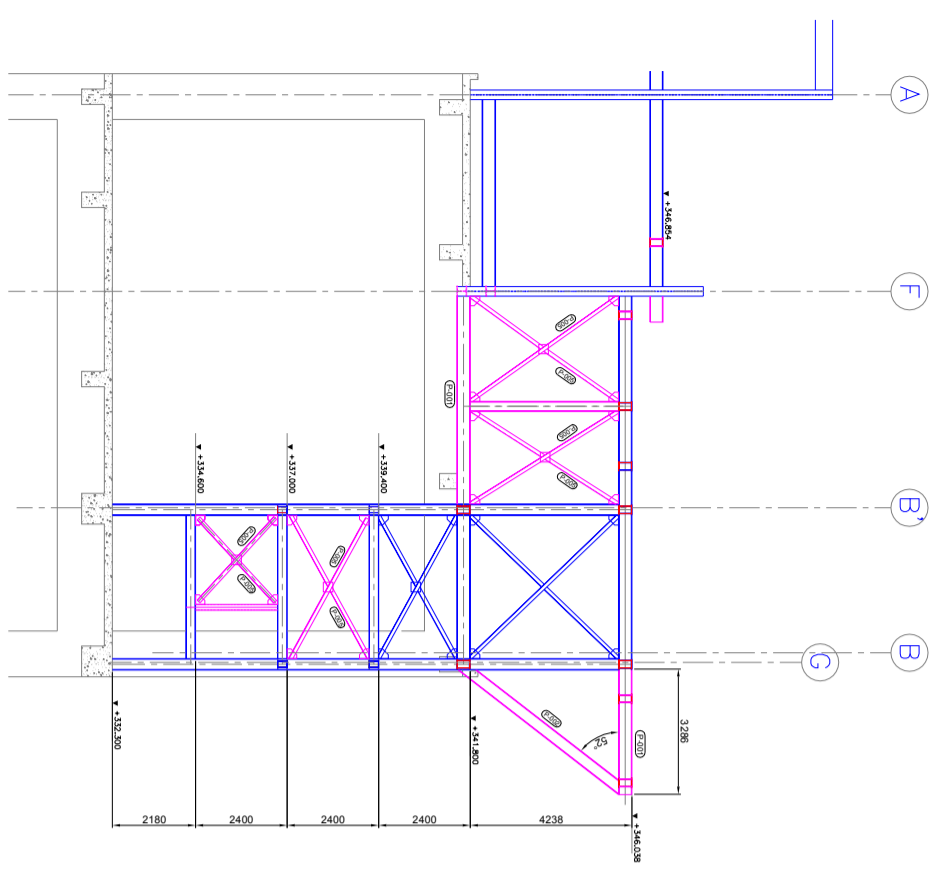
VISTA DE PLANTA NIVEL + 346.038  
ESCALA 1/100



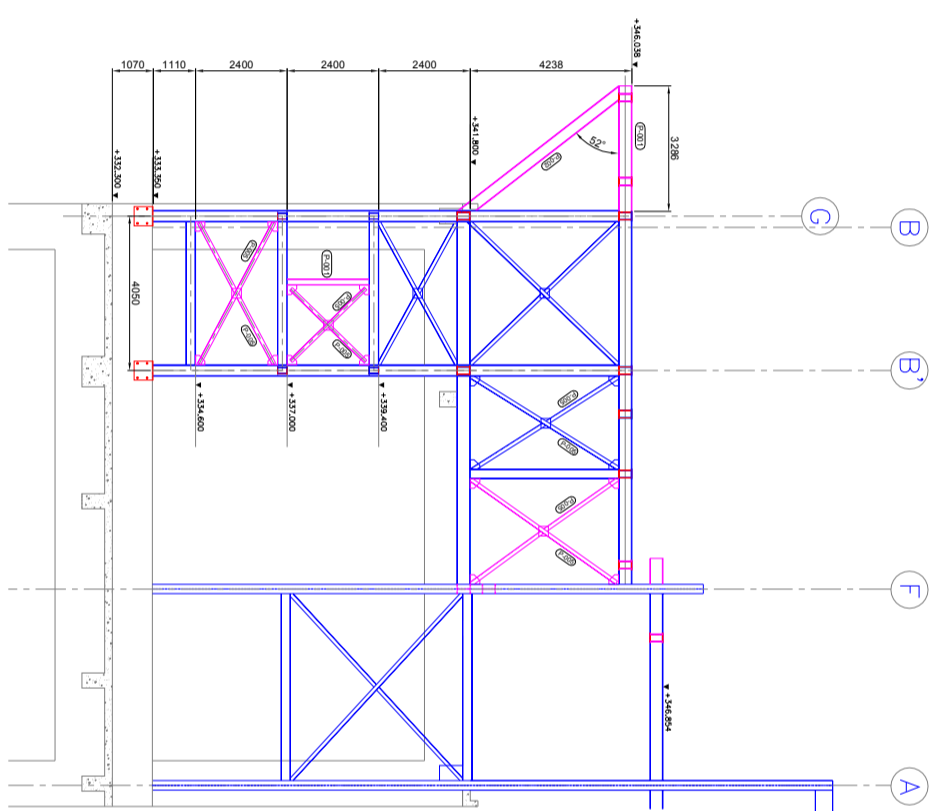
CORTE C-C'  
ESCALA 1/100



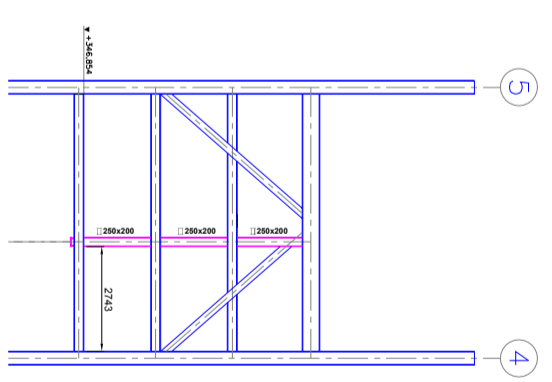
CORTE D-D'  
ESCALA 1/100



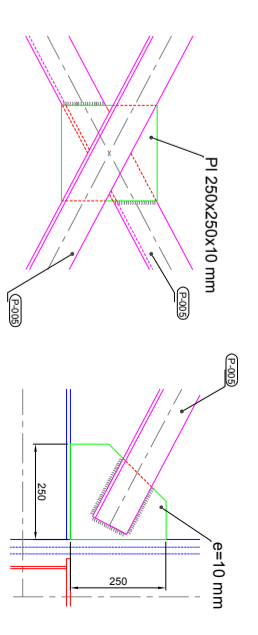
CORTE A-A'  
ESCALA 1/100



CORTE B-B'  
ESCALA 1/100

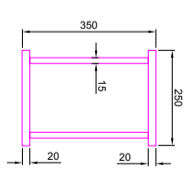


VISTA 1  
ESCALA 1/100

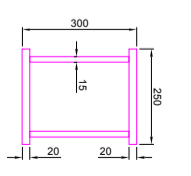


DETALLE 1  
ESCALA 1/10

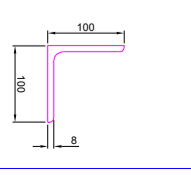
DETALLE 2  
ESCALA 1/10



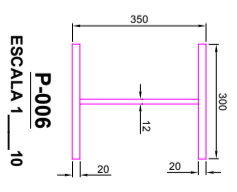
P-001, P-003, P-004, P-007,  
P-019, P-020, P-021, P-024  
ESCALA 1/10



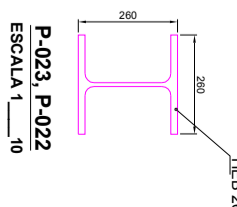
P-002  
ESCALA 1/10



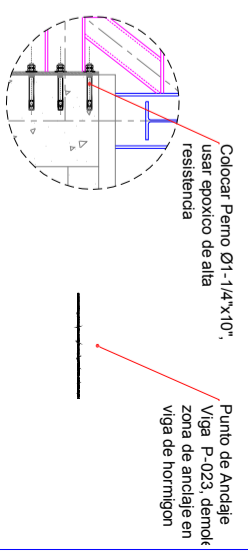
P-005  
ESCALA 1/5



P-006  
ESCALA 1/10



P-023, P-022  
ESCALA 1/10

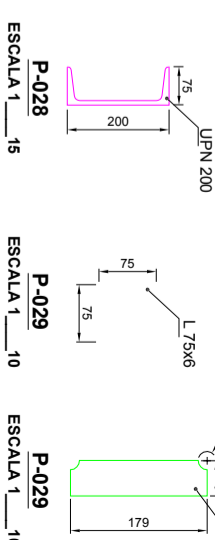
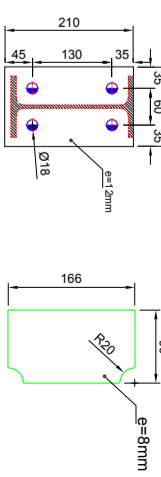
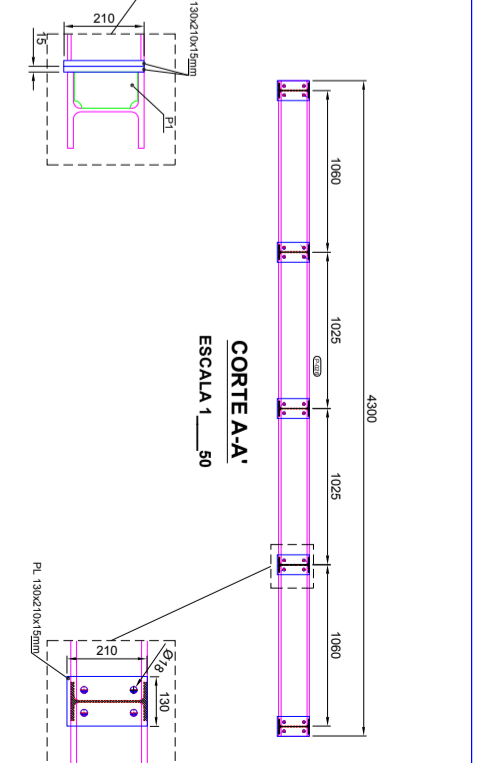
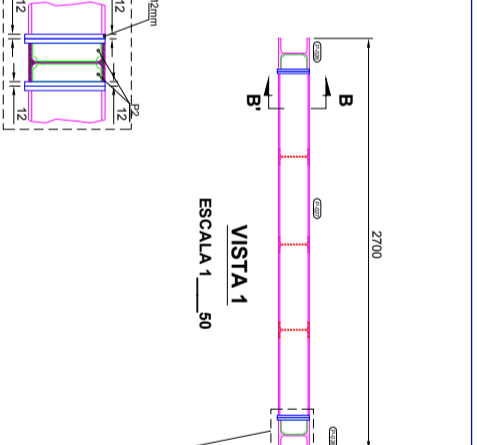
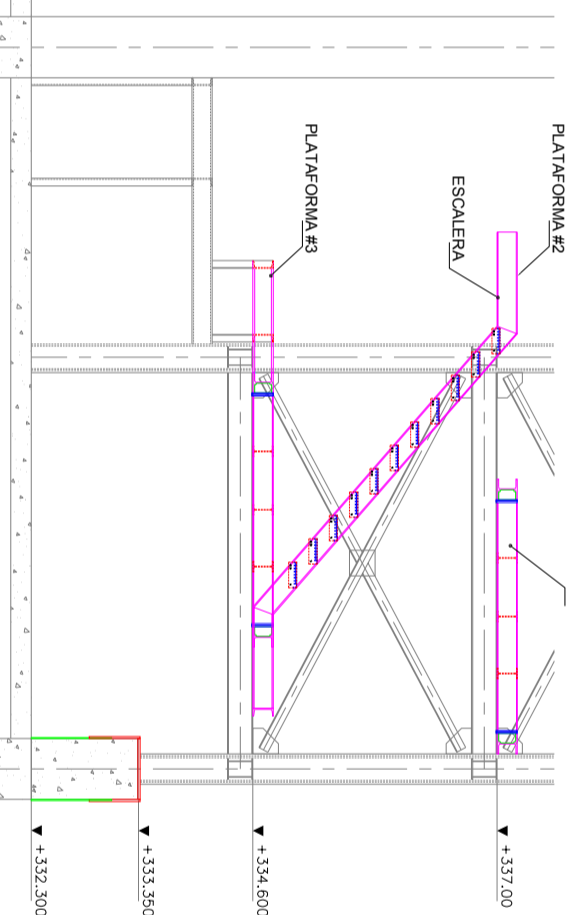
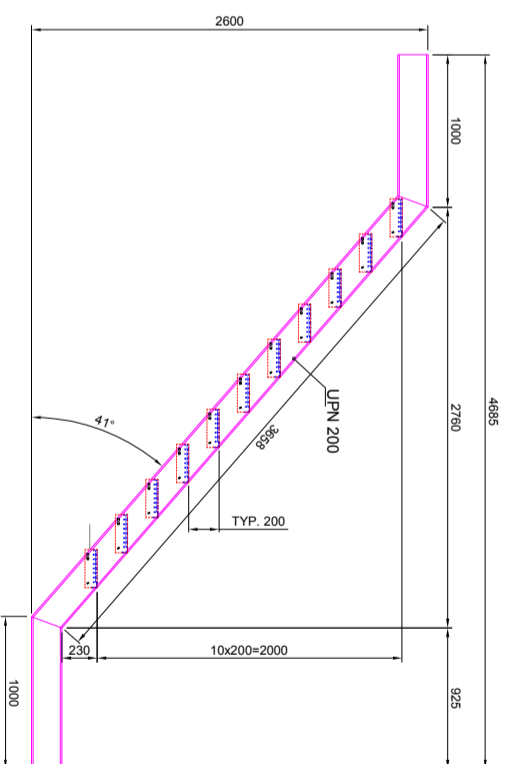
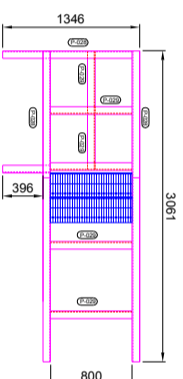
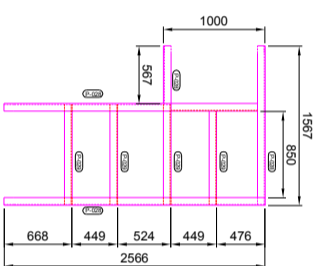
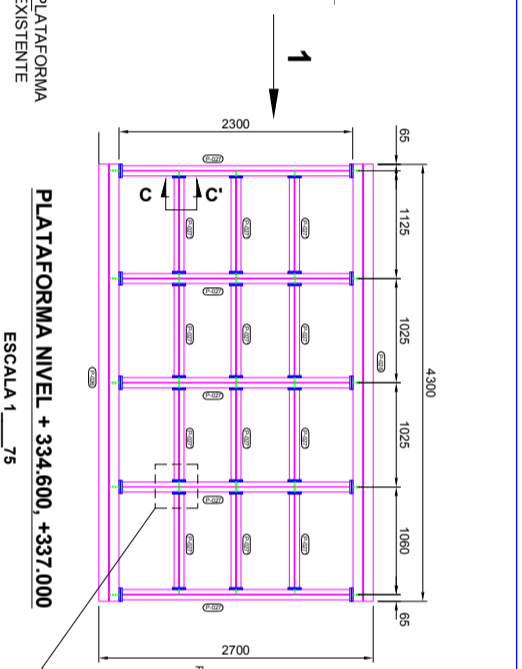
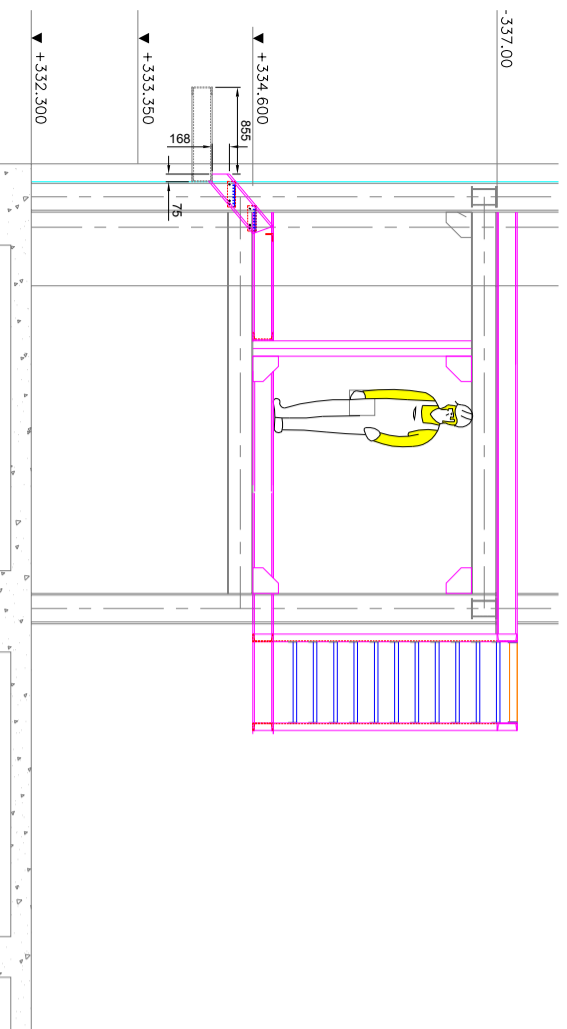
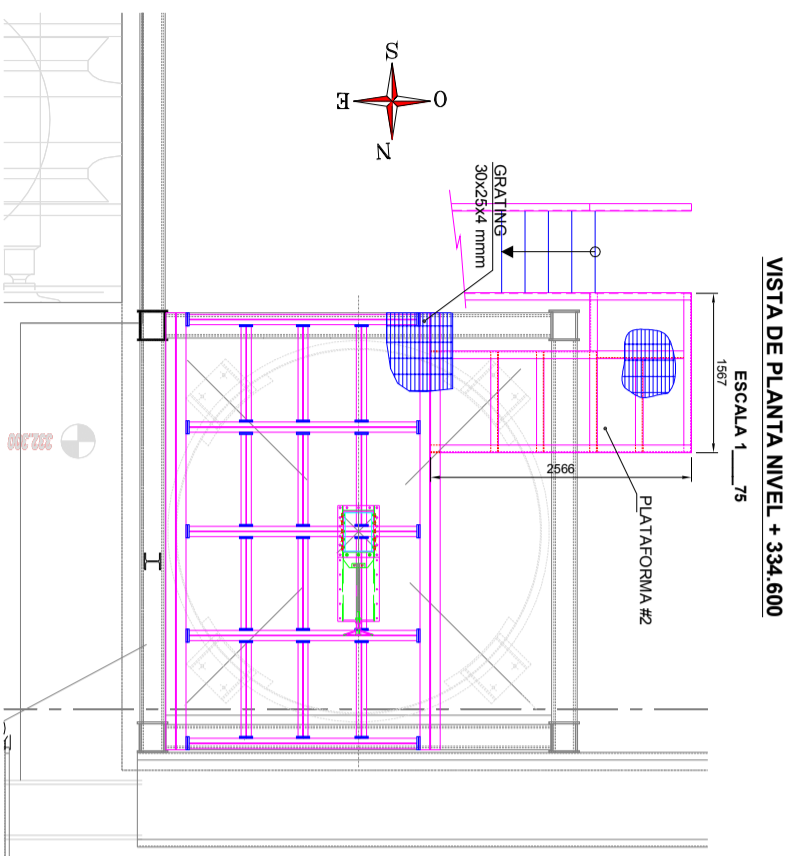
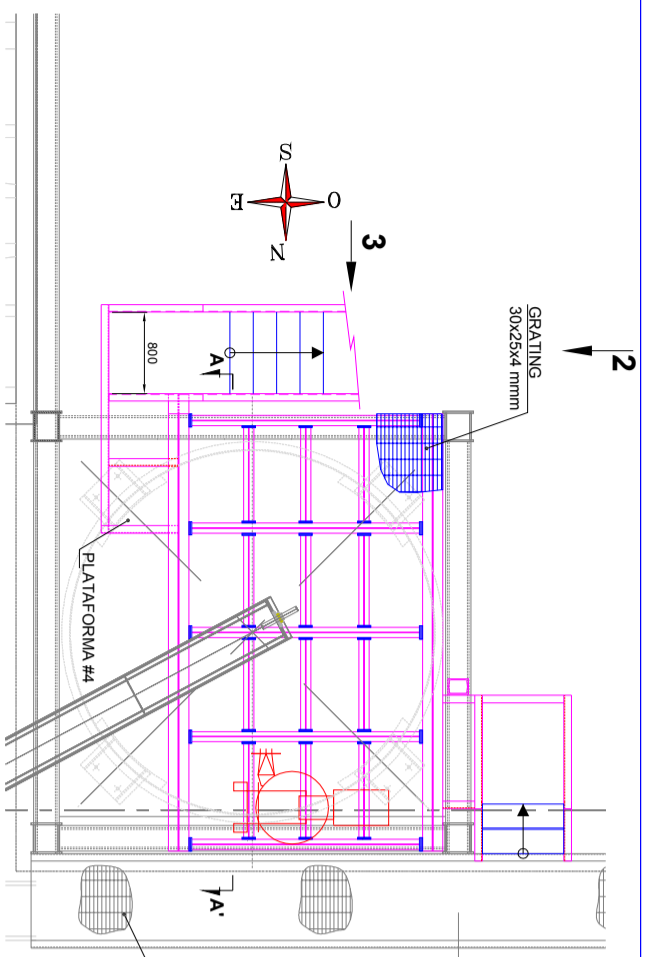


DETALLE 3  
ESCALA 1/25

ESTRUCTURA ACTUAL  
REFORMAZAMIENTO DE ESTRUCTURA

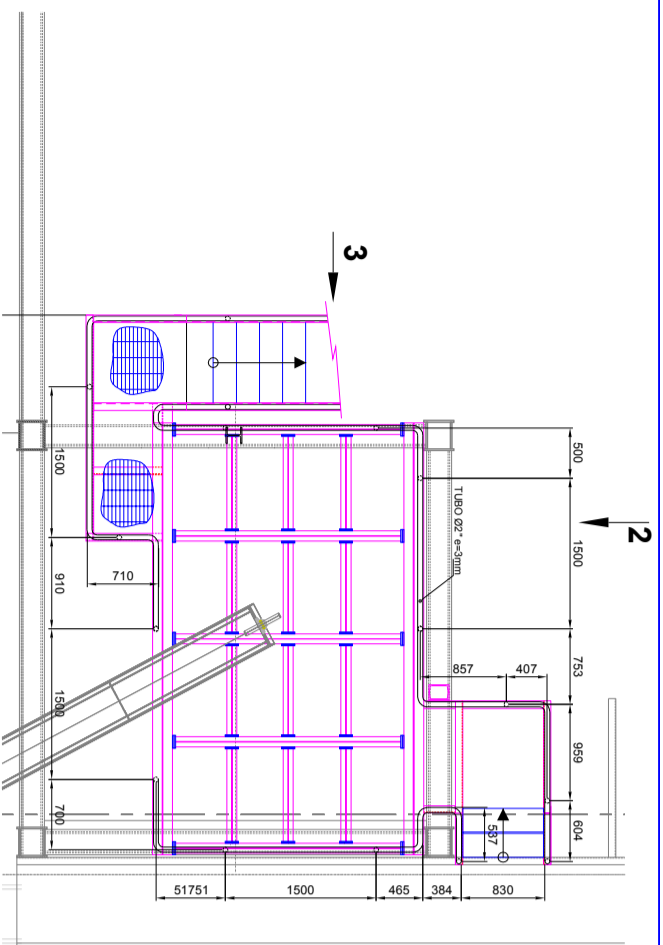
### ESPOL-FIMCP

Relaciones de Estructura		Nombre		Fecha		Codigo MAC del equipo	
MAE ASTIL A-36	Dibujó	A. DOMINGO	12/02/10	X		Codigo SAP del equipo	
	Diseño	A. DOMINGO	12/02/10				
	Modif. por						
	Verif. por						
	Substituto por						
	Substituto a						
Materiales		Escala		Codigo de Dibujo		Codigo SAP del equipo	
	Piso				ACB0.300.000.M.B02.D.01.0		
Cantidad: 9600 kg							

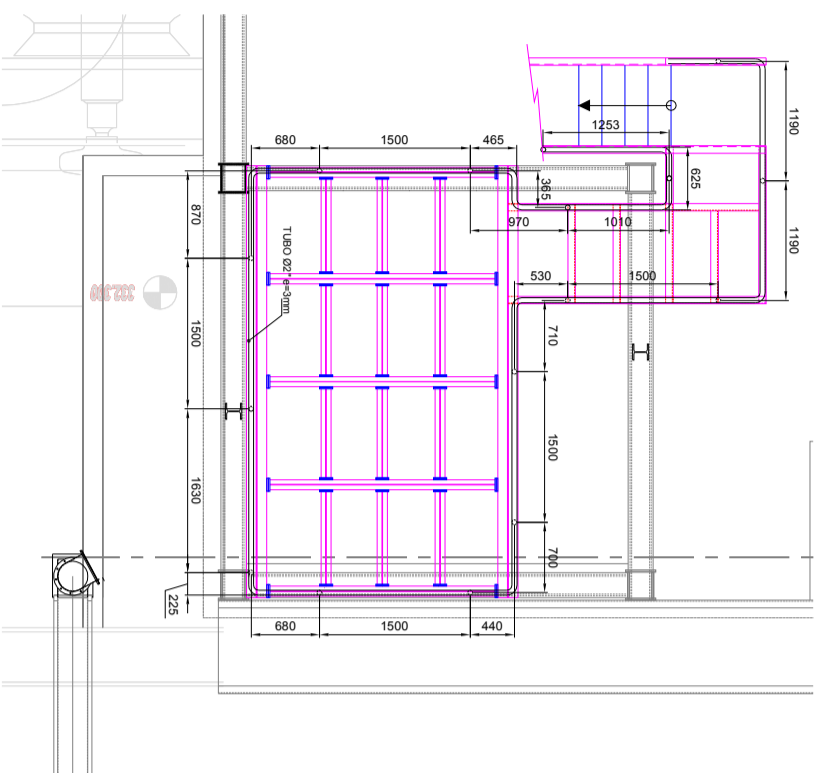


<b>ESPOL-FIMCP</b>		Nombre	Fecha
Plataformas - Pasamanos		A.CHANCO	25/02/10
Mat. ASTM A-36		Disenado:	A.CHANCO
		Aprobado:	25/02/10
		Modif. por:	
		Verif. por:	
		Escalera	
		INDICADA	

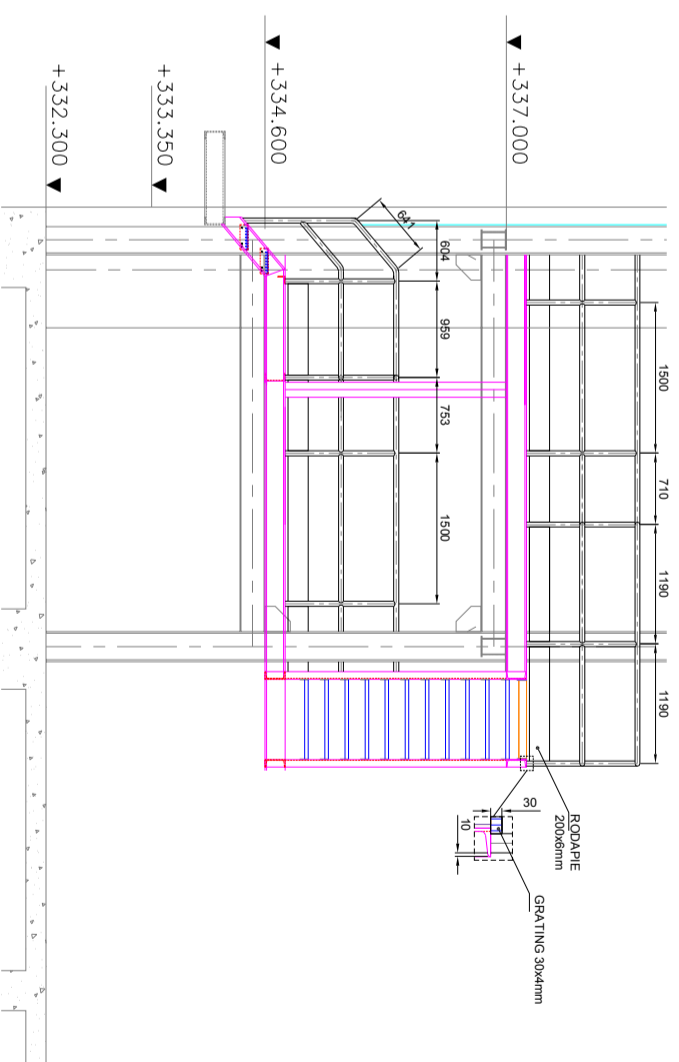
Codigo HAC del equipo:		Codigo SAP del equipo:	
Codigo SAP del repuesto:			
Nombre	Fecha	Area:	X
A.CHANCO	25/02/10		
Contiene: PLATAFORMAS DE MANTENIMIENTO VALVULA ROTATORIA - TORNILLO TRANSPORTADOR DETALLE GENERAL			
Cada de Dibujo:		Substituto a:	
ACB0.300-000.MB01.C.00.3		X	
No	Materiales	Peso	
Cant. Inv.: 9500 kg			



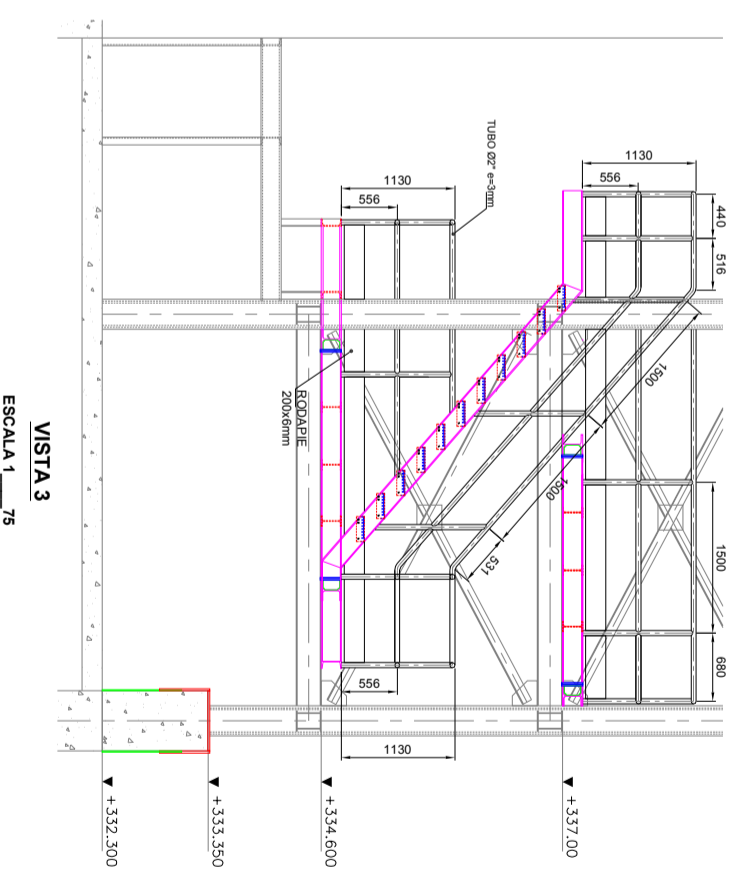
VISTA DE PLANTA NIVEL + 334.600  
ESCALA 1/75



VISTA DE PLANTA NIVEL + 337.000  
ESCALA 1/75



VISTA 3  
ESCALA 1/75

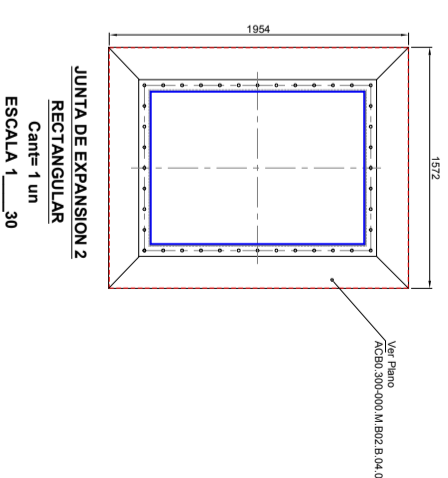
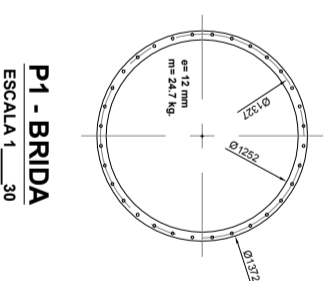
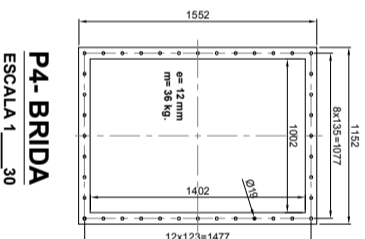
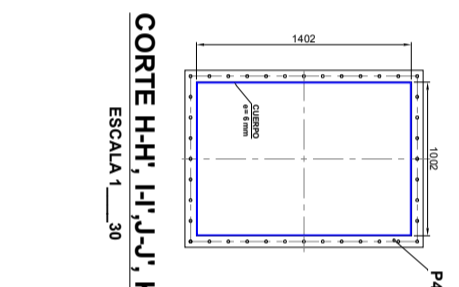
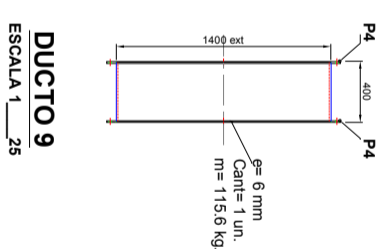
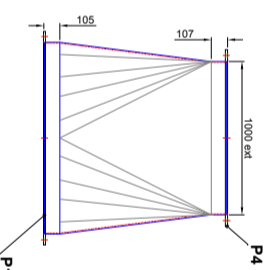
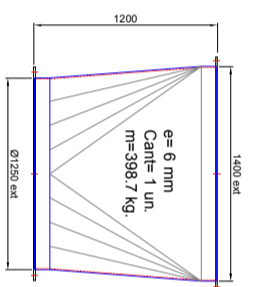
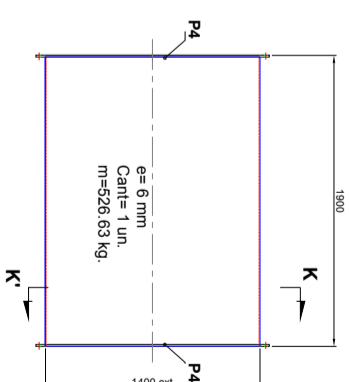
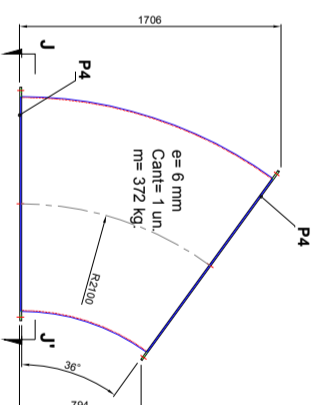
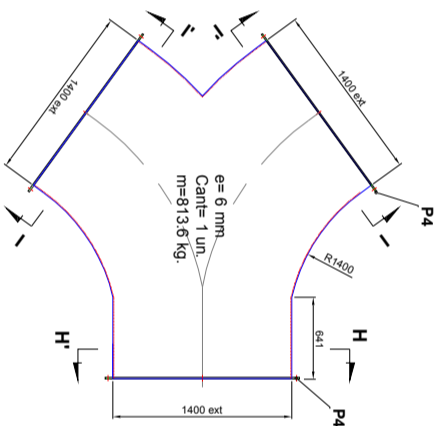
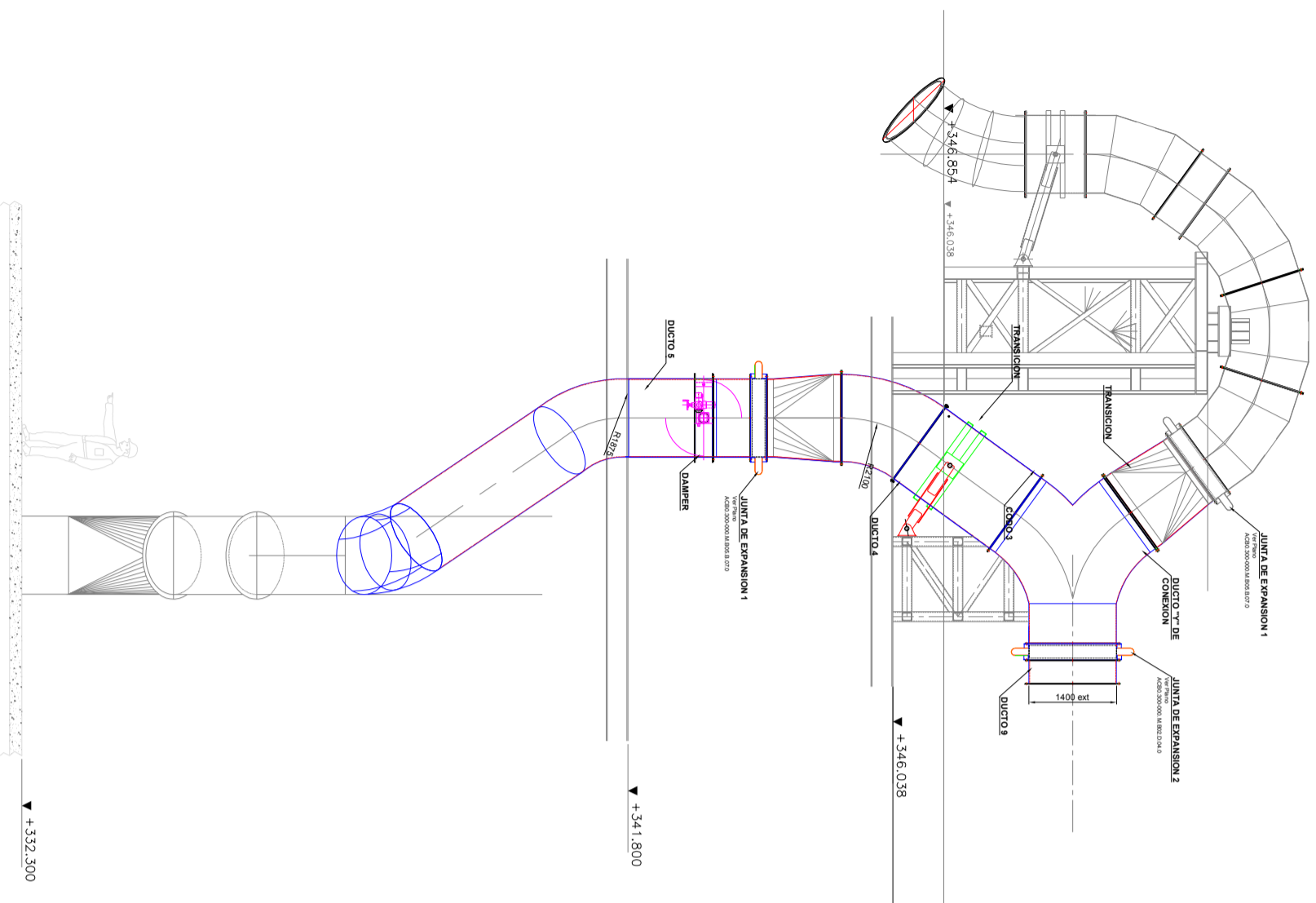


VISTA 3  
ESCALA 1/75

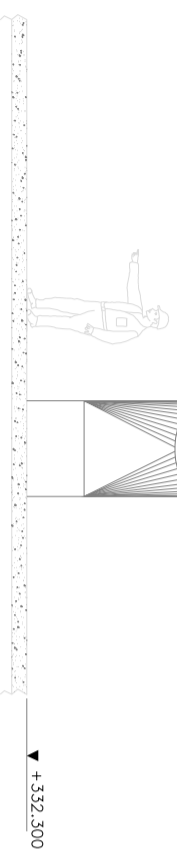
# ESPOL-FIMCP

Código HAC del equipo:		Código SAP del equipo:	
Código SAP del repuesto:			
Nombre	Fecha	Nombre	Fecha
Plataformas - Pasamanos	25/02/10	A. GILMAGO	25/02/10
Mat: ASTM A-36	Diseno:	A. GILMAGO	25/02/10
	Aprobado:		
	Modif. por:		12/10/10
	Verif. por:		
Escala		INDICADA	
NO	Materiales	Peso	
	Canal: Inst.: 9500 kg		
Código de Dibujo:		Código SAP del equipo:	
AGBO.300-000.M B01 C.00.3			

Contiene:  
PLATAFORMAS DE MANTENIMIENTO VALVULA  
ROTATORIA - TORNILLO TRANSPORTADOR  
DETALLE CONSTRUCCION PASAMANOS  
Substituto por: X  
Substituto a: X



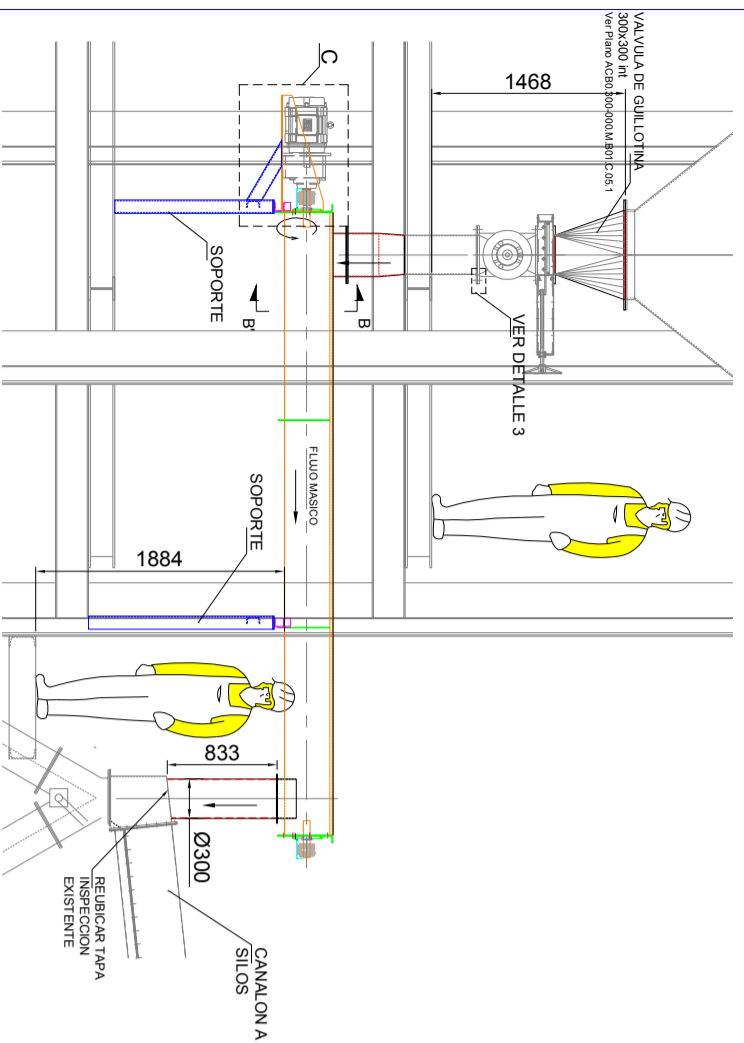
**DUCTOS DE CONEXION A CICLON**  
ESCALA 1 \_\_\_ 75



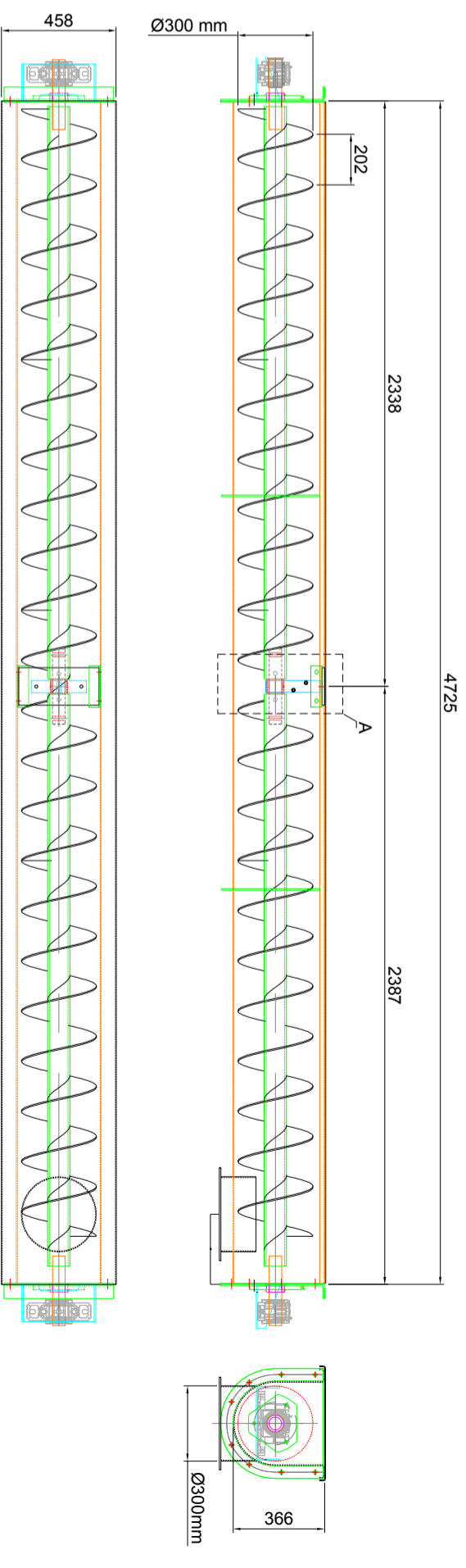
ACHIMCO

**ESPOL-FIMCP**

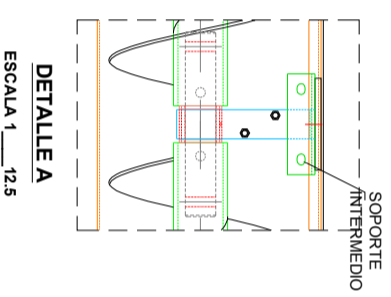
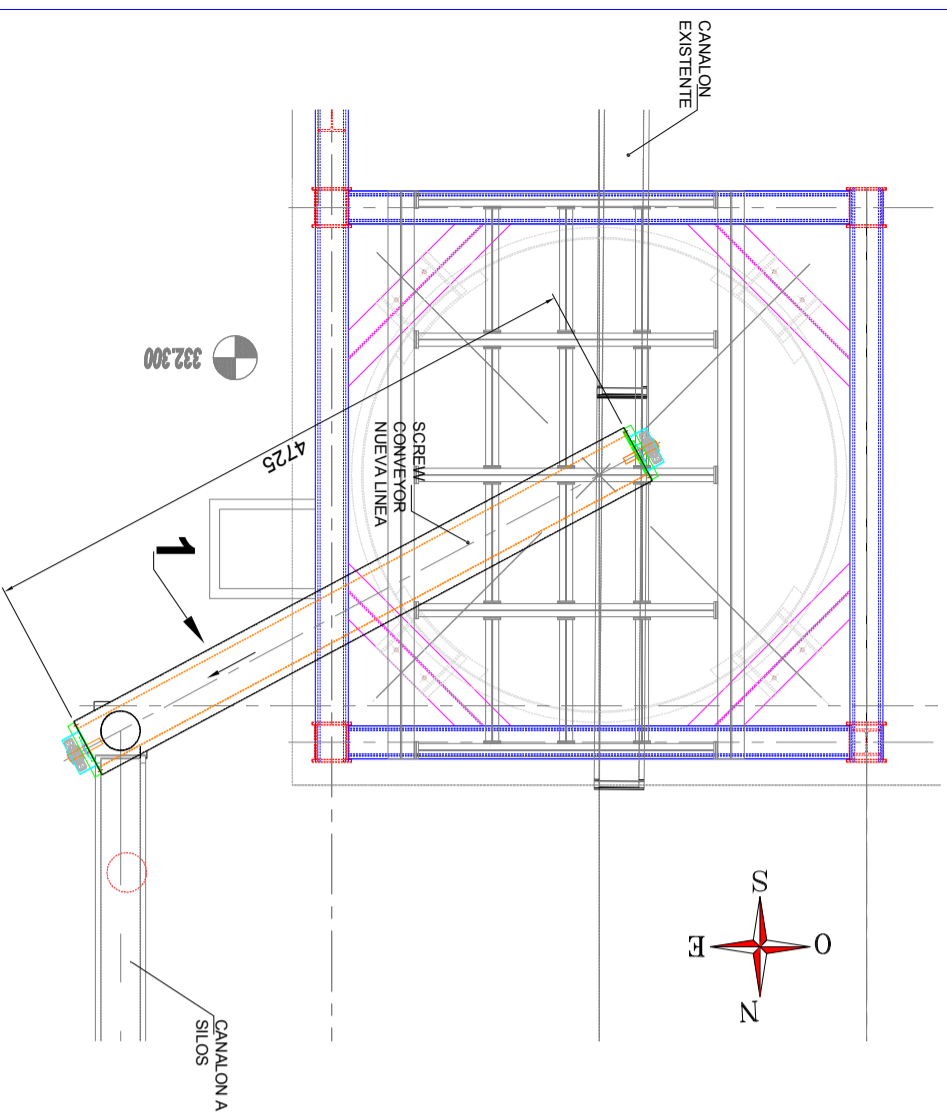
Codigo INAC del equipo:		Codigo SAP del equipo:	
Codigo SAP del repuesto:			
Nombre	Fecha	Ases	
DUCTOS CONEXION	28/02/10	X	
Material: ASTMA-36	Dibujó: ACHIMCO	28/02/10	
	Aprobó: ACHIMCO		
	Modif. por:		
	Ventil. por:		
Substituto por:	X	Substituto por:	X
Material:		Material:	
Peso:		Peso:	
INDICADA		INDICADA	
Cod. de dibujo:	ACH90.300-000.M.BR2.D.03.1	Cod. de dibujo:	ACH90.300-000.M.BR2.D.03.1
Cart. Inst.:	xxxxx	Cart. Inst.:	xxxxx



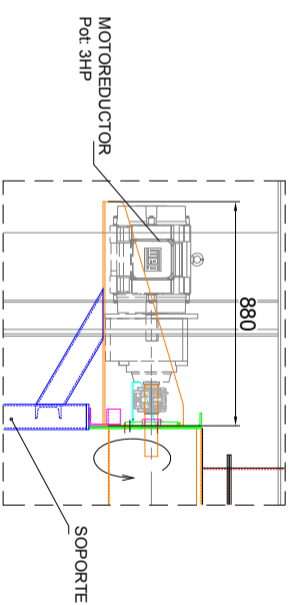
VISTA 1  
ESCALA 1\_75



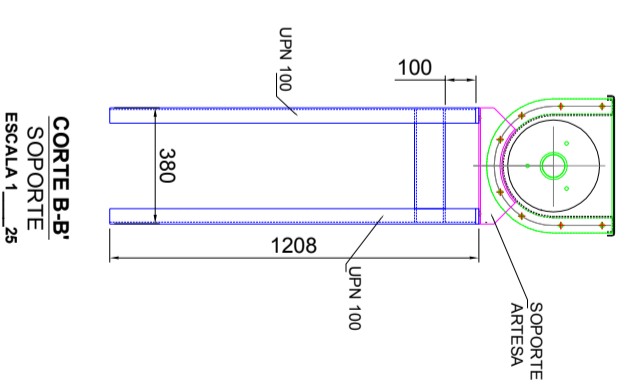
SCREW CONVEYOR  
ESCALA 1\_75



DETALLE A  
ESCALA 1\_12.5



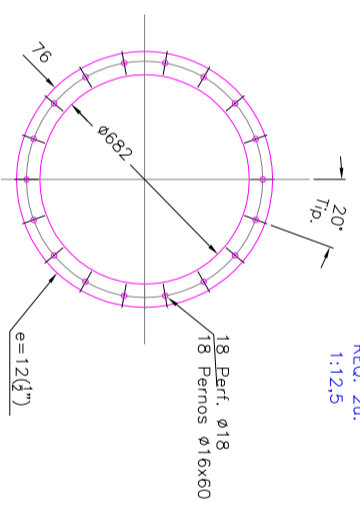
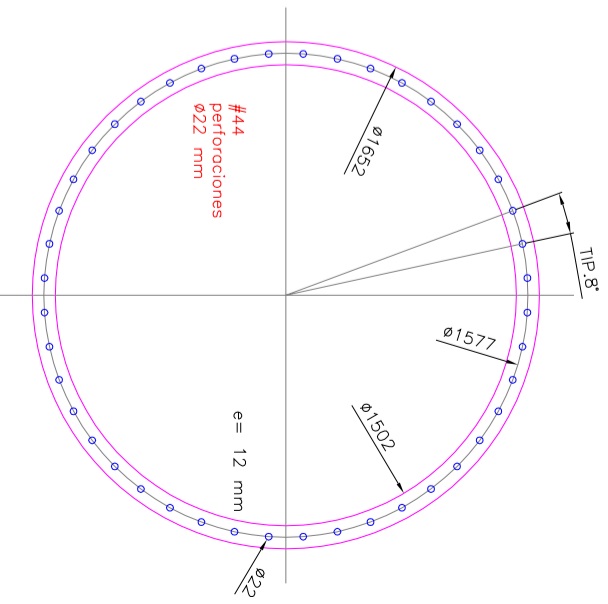
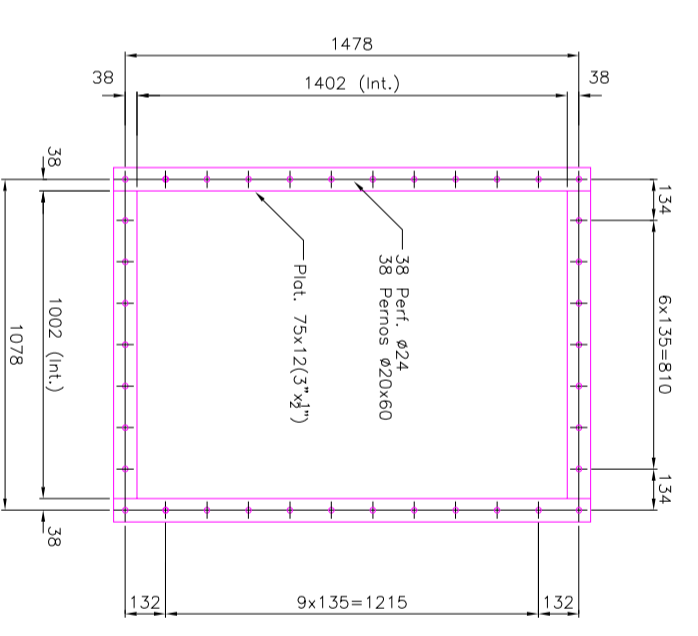
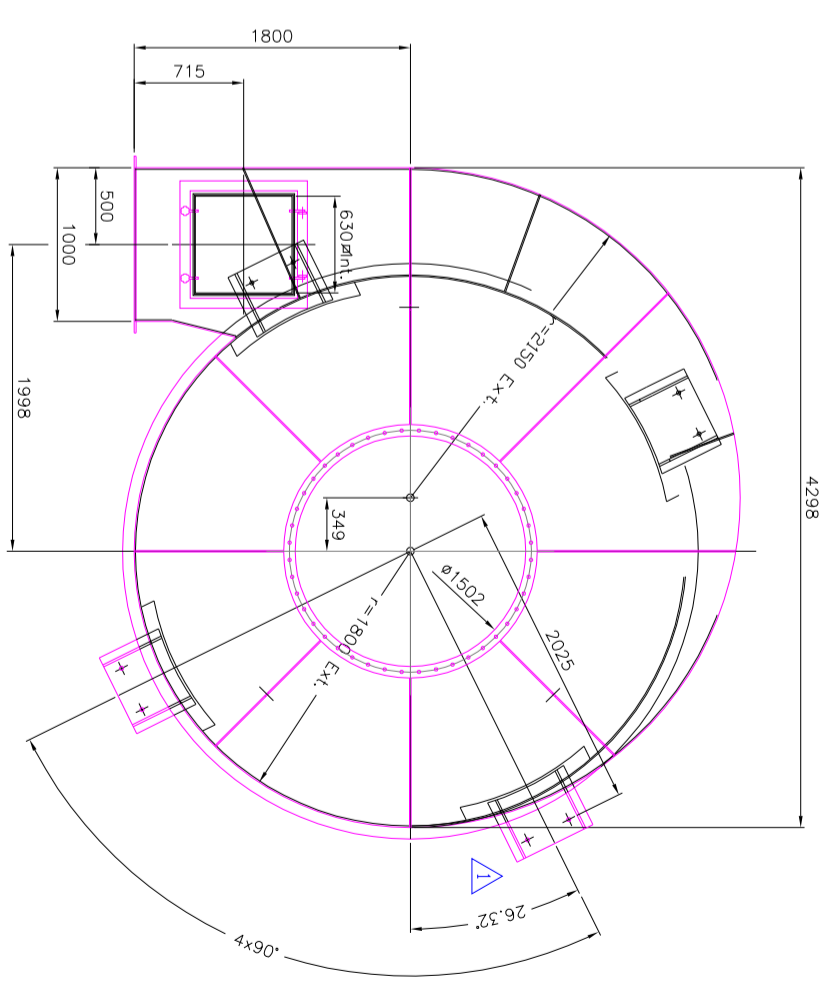
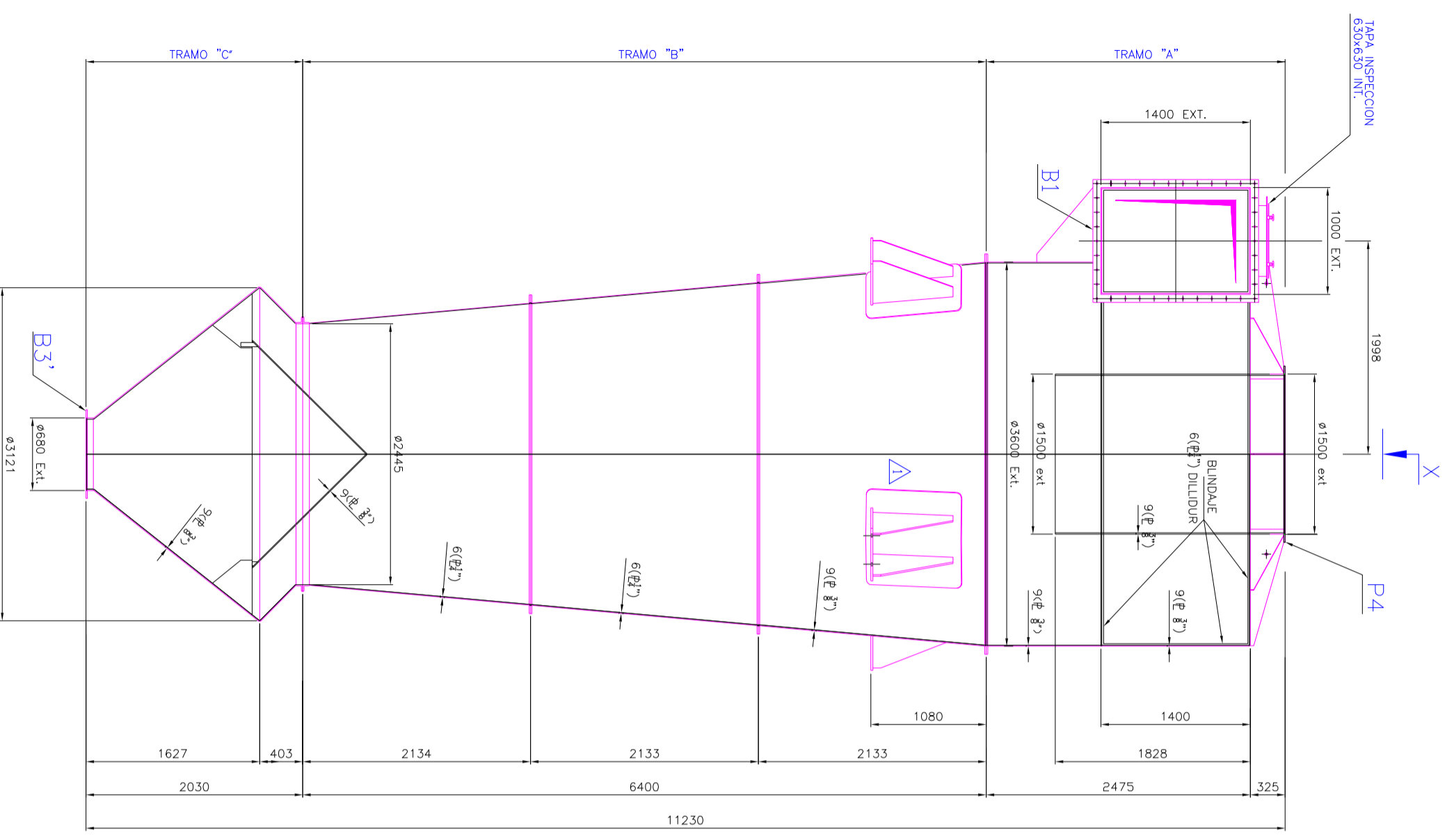
DETALLE C  
ESCALA 1\_30



CORTE B-B'  
SOPORTE  
ESCALA 1\_25

# ESPOL-FIMCP

Código HAC del equipo:		Código SAP del equipo:	
Código SAP del repuesto:		Código SAP del repuesto:	
No	Materiales	Peso	INDICADA
Escala			
INDICADA			
Cód. de Dibujo:		ACB0.300-000.M.B01.C.04.1	
Cant. Ind.: 9500 kg			
Nombre	Fecha	Área	
TORNILLO SIN FIN L=7 METROS	12/10/10	X	
Dibujó:	A. GAVANCO		
Diseño:	A. GAVANCO		
Aprobó:	12/10/10		
Modif. por:			
Verif. por:			
Contiene:		TORNILLO SIN FIN PARA TRANSPORTE DE CRUDO	
Substituto por:		DETALLE GENERAL	
Substituye a:		X	



# ESPOL-FIMCP

Código HAC del equipo:		Código SAP del equipo:	
Código SAP del repuesto:		Código SAP del repuesto:	
Nombre	Fecha	Avar:	
ACHUNGO	25/02/10	X	
Dibujó:		Contiene:	
ACHUNGO	25/02/10	DUCTO CICLON DE SEPARADOR DE CRUDO	
Aprobó:		DETALLE GENERAL	
Modif. por:		Substituto por:	Substituye a:
Verif. por:		X	X
Escala		INDICADA	
Materiales		Peso	
No		CantInst.: 9500 kg	

BRIDA B3'  
REQ. 2u.  
1:12.5

BRIDA B1  
REQ. 2u.  
1:12.5

BRIDA P4  
REQ. 2u.  
1:12.5

VISTA X  
1:25

## APÉNDICE B

### CÁLCULO DEL CICLÓN

## CALCULO CICLON SEPARADOR

### 1 Datos de Proceso:

<b>Carga de Polvo:</b>	<b>38</b>	gr/m <sup>3</sup>
<b>Flujo de Gas:</b>	<b>65000</b>	m <sup>3</sup> /h
	<b>18</b>	m <sup>3</sup> /s

### 2 Granulometría del Material

Tamaño (um)	% Masa
5 - 10	45
10 - 30	25
30 - 50	15
50 - 70	10
70 - 100	5

### 3 Selección de Tipo de Ciclón:

Como el 45 % de las partículas están debajo de 10 um, ciclón de alta Eficiencia

### 4 Cálculo del Diámetro del ciclón

Para efectos de diseño utilizaremos una velocidad de entrada de 22 m/s

Cálculo de Área de Entrada

$$A = 0,821 \text{ m}^2$$

$$a = 0,5 \cdot D_c$$

$$b = 0,2 \cdot D_c$$

$$D_c = 2,86 \text{ m} > 1\text{m}; \text{ Multiciclones}$$

Dimensiones del Ciclón

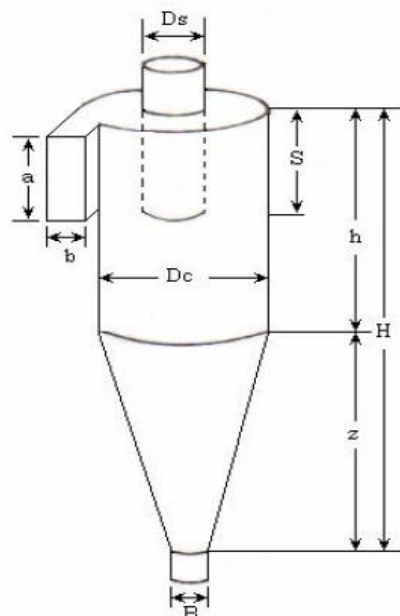
<b>D<sub>c</sub></b>	<b>2,86</b>	<b>m</b>
<b>a</b>	<b>1,432</b>	<b>m</b>
<b>b</b>	<b>0,573</b>	<b>m</b>
<b>S</b>	<b>1,790</b>	<b>m</b>
<b>D<sub>s</sub></b>	<b>1,432</b>	<b>m</b>
<b>h</b>	<b>4,297</b>	<b>m</b>
<b>H</b>	<b>11,459</b>	<b>m</b>
<b>z</b>	<b>7,162</b>	<b>m</b>
<b>B</b>	<b>0,537</b>	<b>m</b>

PROPIEDADES DEL GAS	
T =	350 ° C
P =	-2 mbar
O <sub>2</sub> =	6 %
u =	3,40E-05 Kg./ m.s
ρ =	0,55 Kg./ m <sup>3</sup>

Fuente: Perry

PROPIEDADES DEL POLVO	
ρ <sub>p</sub> =	800 Kg/ m <sup>3</sup>

Fuente: Manual del PPE



Velocidad Equivalente

$$w = 1,0537 \text{ m/s}$$

Velocidad de Saltación

$$V_s = 25$$

Relación de Velocidades: < 1,35 Evitar suspensión de material

$$V_i / V_s = 0,891$$

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CONFIGURACIÓN

Volumen del ciclón evaluado sobre la salida

$$V_{sc} = 5 \text{ m}^3$$

Longitud Natural del ciclón

$$L = 7 \text{ m}$$

Condición:  $L < H - 0k$

$$H - S = 10$$

Factor de dimensiones lineales

$$K_L = 1 \text{ m}$$

Volumen del ciclón Evaluado sobre la longitud natural

$$V_r = 22 \text{ m}^3$$

Factor dimensional de las proporciones volumétricas del ciclón

$$K_c = 0,68 \text{ m}^3$$

Relación entre la altura de entrada y el diámetro del Ciclón

$$K_a = 0,50$$



Velocidad Equivalente  
w = 1,0537 m/s

Velocidad de Saltación  
Vs = 25

Relación de Velocidades: < 1,35 Evitar suspensión de material  
Vi / Vs = 0,891

#### DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CONFIGURACIÓN

Volumén del ciclón evaluado sobre la salida

Vsc = 5 m<sup>3</sup>

Longitud Natural del ciclón

L = 7 m

Condición: L < H - Ok

H - S = 10

Factor de dimensiones lineales

KL = 1 m

Volumen del ciclón Evaluado sobre la longitud natural

Vr = 22 m<sup>3</sup>

Factor dimensional de las proporciones volumétricas del ciclón

Kc = 0,68 m<sup>3</sup>

Relación entre la altura de entrada y el diámetro del Ciclón

Ka = 0,50

Relación entre la base de entrada y el diámetro del Ciclón

Kb = 0,20

Factor de Configuración

G = 543,78

Exponente del Vórtice

n = 0,717

Tiempo de Relajación

Tamaño ( $\mu$ m)	Masa %	Dp ( $\mu$ m)	Dp (m)	Ti (s)	ni	ni x mi
5 - 10	45%	7,5	7,5,E-06	7,4,E-05	57%	26
10 - 30	25%	20,0	2,0,E-05	5,2,E-04	78%	19
30 - 50	15%	40,0	4,0,E-05	2,1,E-03	89%	13
50 - 70	10%	60,0	6,0,E-05	4,7,E-03	94%	9
70 - 100	5%	85,0	8,5,E-05	9,4,E-03	97%	5

Efc. Total **72,87** %

Número de Cabezas de Velocidad

Nh = 6,4

Caída de Presión del Ciclón

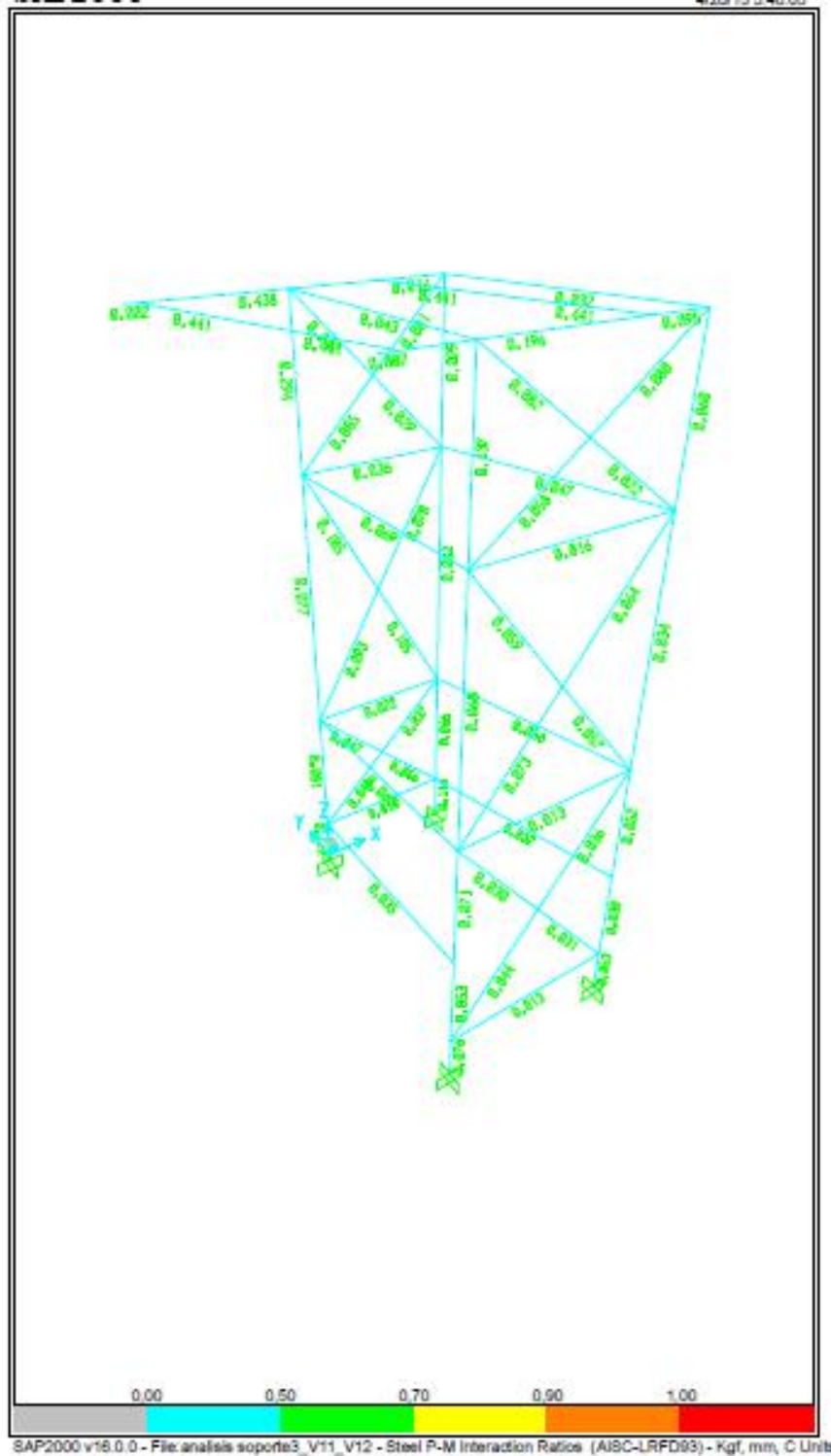
$\Delta$ P = 853 Pa

$\Delta$ P = **8,53 mbar**

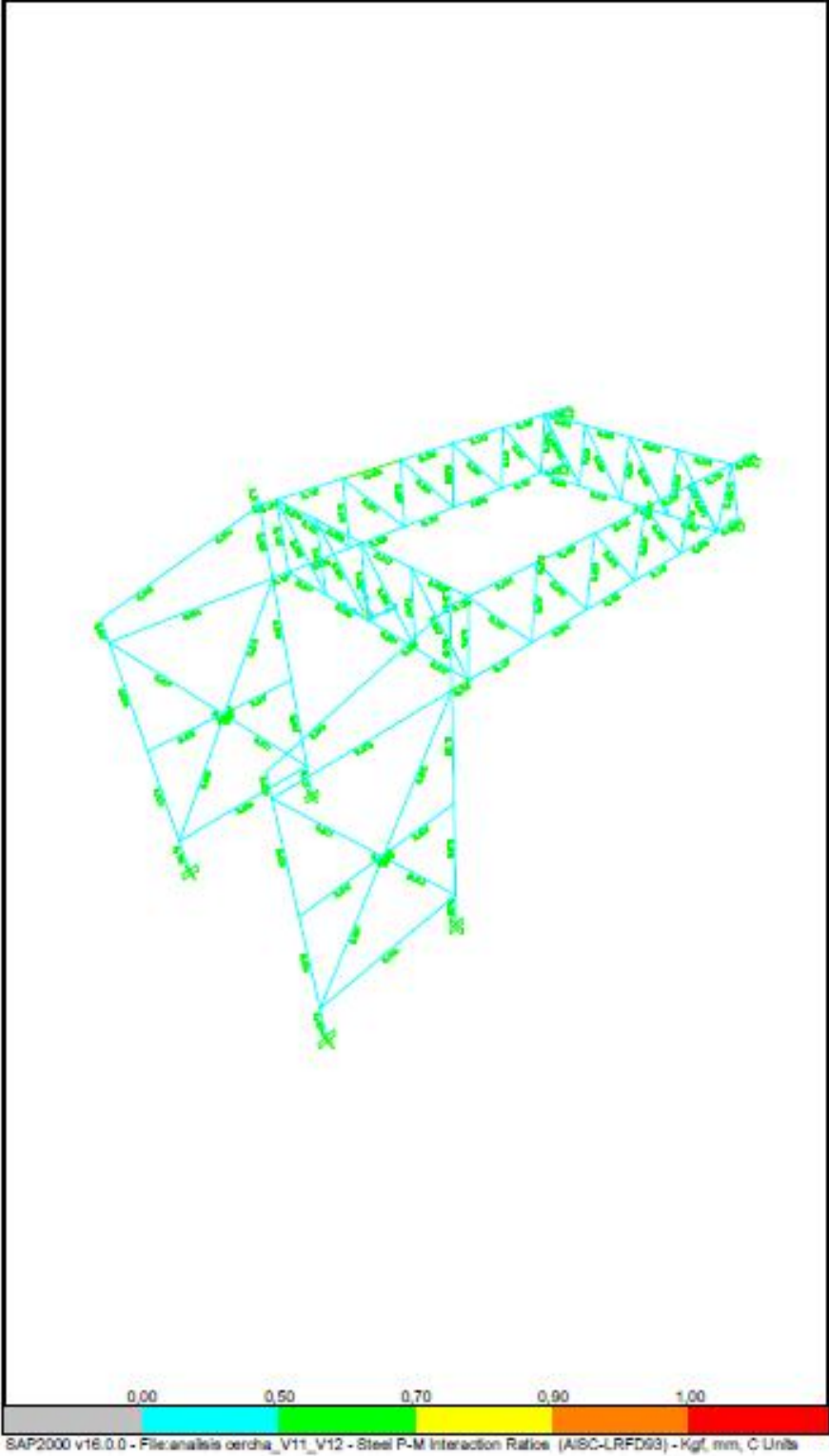
## APÉNDICE C

### ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN SAP2000

### Verificación Estructural Soporte 3



# Verificación Estructural Cercha Falsa y Soporte 1



## Verificación Estructural Cercha Falsa y Estructura Actual

