

**UNIVERSITAT  
JAUME·I**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

# Instalación de carga automática de coque en generadores: estructura y equipo mecánico en la zona de carbonera

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

AUTORA: Carla Jovani Sorli

TUTOR: Miquel Maria Gomez Fabra

Castellón, 4 de septiembre de 2016



# INDICE GENERAL

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| I. MEMORIA.....                 | 5   |
| II. ANEXOS.....                 | 57  |
| III. PLIEGO DE CONDICIONES..... | 185 |
| IV. PRESUPUESTO .....           | 203 |
| V. PLANOS .....                 | 219 |





# I. MEMORIA

---



## INDICE MEMORIA

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | ORGANIZACIÓN Y ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS..... | 11 |
| 2.     | OBJETO DEL PROYECTO.....                                 | 12 |
| 3.     | EMPLAZAMIENTO.....                                       | 13 |
| 4.     | ALCANCE.....   | 14 |
| 5.     | ANTECEDENTES .....                                       | 15 |
| 6.     | NORMATIVA Y REFERENCIAS.....                             | 16 |
| 6.1    | DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....           | 16 |
| 6.1.1  | Normativa interna de Bayer .....                         | 16 |
| 6.1.2  | Normativa española .....                                 | 16 |
| 6.1.3  | Normativa europea .....                                  | 17 |
| 6.1.4  | Normas de seguridad .....                                | 17 |
| 6.2    | BIBLIOGRAFIA.....  | 18 |
| 6.3    | PROGRAMAS DE CÁLCULO Y DISEÑO UTILIZADOS.....            | 19 |
| 6.3.1  | DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....                        | 21 |
| 7.     | CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN .....                     | 23 |
| 8.     | REQUISITOS DE DISEÑO .....                               | 24 |
| 9.     | DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....                         | 26 |
| 10.    | AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.....                            | 31 |
| 11.    | DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....    | 35 |
| 11.1.1 | COQUE.....   | 35 |
| 11.1.2 | MONÓXIDO DE CARBONO (CO) .....                           | 35 |
| 11.1.3 | MDI.....   | 36 |
| 11.1.4 | TOLVA.....   | 36 |
| 11.1.5 | ALIMENTADOR VIBRANTE.....                                | 37 |
| 11.1.6 | CRIBA.....   | 37 |
| 11.1.7 | CINTA TRANSPORTADORA .....                               | 39 |
| 11.1.8 | CÉLULAS DE CARGA.....                                    | 40 |
| 12.    | DATOS GENERALES.....                                     | 41 |
| 12.1.1 | DATOS EQUIPO MECÁNICO Y ESTRUCTURA.....                  | 41 |
| 13.    | ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA INSTALACIÓN .....          | 45 |
| 13.1.1 | TOLVA.....   | 45 |
| 13.1.2 | ESTRUCTURA METÁLICA.....                                 | 45 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 13.1.3 | CIMENTACIONES Y ZAPATAS .....                     | 46 |
| 14.    | RESULTADOS FINALES .....                          | 47 |
| 14.1.1 | CAPACIDAD.....                                    | 47 |
| 14.1.2 | PRESIONES SOBRE LAS PAREDES DE LA TOLVA.....      | 48 |
| 14.1.3 | ESPESOR DE CHAPA.....                             | 51 |
| 14.1.4 | RESULTADOS FINALES ESTRUCTURA SOPORTE TOLVA ..... | 52 |
| 15.    | PLANIFICACION.....                                | 54 |
| 16.    | CONCLUSIONES .....                                | 56 |

## INDICE ILUSTRACIONES

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Ilustración 1. Logo Cype .....</i>  | <i>19</i> |
| <i>Ilustración 2. Logo Autocad.....</i>  | <i>19</i> |
| <i>Ilustración 3. Logo Solid Works .....</i>                                   | <i>19</i> |
| <i>Ilustración 4. Logo Microsoft Word y Microsoft Excel. ....</i>              | <i>20</i> |
| <i>Ilustración 5. Logo Microsoft Project .....</i>                             | <i>20</i> |
| <i>Ilustración 6. Diagrama de proceso. ....</i>                                | <i>27</i> |
| <i>Ilustración 7. Carga del material .....</i>                                 | <i>28</i> |
| <i>Ilustración 8. Descarga de material desde la tolva hasta la criba .....</i> | <i>29</i> |
| <i>Ilustración 9. Descarga de la criba a la cinta transportadora.....</i>      | <i>29</i> |
| <i>Ilustración 10. Recogida de material rechazado por la criba.....</i>        | <i>30</i> |
| <i>Ilustración 11. Descarga del Tripper al generador .....</i>                 | <i>30</i> |
| <i>Ilustración 12. Coque.....</i>  | <i>35</i> |
| <i>Ilustración 13. Tolva de recepción.....</i>                                 | <i>36</i> |
| <i>Ilustración 14. Alimentador vibrante y Criba .....</i>                      | <i>38</i> |
| <i>Ilustración 15. Elementos principales cinta transportadora .....</i>        | <i>39</i> |
| <i>Ilustración 16. Cinta transportadora.....</i>                               | <i>39</i> |
| <i>Ilustración 17. Célula de carga Uticell.....</i>                            | <i>40</i> |
| <i>Ilustración 18. Dimensiones Tolva de recepción. ....</i>                    | <i>42</i> |
| <i>Ilustración 19. Dimensiones estructura.....</i>                             | <i>44</i> |
| <i>Ilustración 20. Estructura plataforma .....</i>                             | <i>52</i> |

## INDICE TABLAS

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Definiciones y abreviaturas .....</i>      | <i>22</i> |
| <i>Tabla 2. Propiedades material a trasegar.....</i>   | <i>41</i> |
| <i>Tabla 3. Propiedades acero S-275.....</i>           | <i>41</i> |
| <i>Tabla 4. Características cable alimentador.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Tabla 5. Parámetros de los cálculos.....</i>        | <i>48</i> |
| <i>Tabla 6. Presiones de llenado.....</i>              | <i>49</i> |
| <i>Tabla 7. Presiones de descarga .....</i>            | <i>50</i> |
| <i>Tabla 8. Descripción barras .....</i>               | <i>53</i> |

## INDICE GRÁFICAS

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Grafico 1. Representación presiones de llenado .....</i> | <i>49</i> |
| <i>Grafico 2. Representación presiones de descarga.....</i> | <i>50</i> |



## 1. ORGANIZACIÓN Y ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS

- **MEMORIA**  
Sirve de nexo de unión entre todos los documentos, en ella se describe el objeto y el entorno del proyecto y las normas aplicables al mismo. Se hace una descripción del funcionamiento de la instalación y de los diferentes componentes mecánicos y eléctricos de la misma.
- **ANEXOS**  
Se incluirán los documentos que justifiquen o aclaren algún apartado de la memoria o de cualquier otro documento. Incluirá los cálculos realizados para la comprobación de la tolva y la estructura metálica que soporta tanto a ésta como a los demás componentes.
- **PLIEGO DE CONDICIONES**  
En este documento se establecen las condiciones técnicas, económicas, administrativas, facultativas y legales para que el proyecto pueda materializarse en las condiciones especificadas sin que surjan diferentes interpretaciones de las que se desean.
- **ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO**  
El documento mediciones debe incluir el número de unidades y definir las características, modelos, tipos y dimensiones de cada elemento que compone el proyecto.
- **PLANOS**  
Se incluyen los planos que definen de forma unívoca el proyecto. En este caso se presentarán los planos de los distintos componentes mecánicos y de la estructura metálica.

El orden de prioridad debe ser el siguiente:

1. Planos
2. Pliego de condiciones
3. Presupuesto
4. Memoria

## **2. OBJETO DEL PROYECTO**

El transporte de materiales sólidos está presente en muchas plantas industriales, la necesidad de transportarlos de forma rápida y segura da lugar a la aparición de diferentes tipos de máquinas como cintas transportadoras, tolvas de almacenamiento y dosificación, cribas, etc.

La planta química donde se va a realizar la instalación está compuesta por diferentes zonas. La zona donde se va a trabajar es la planta de CO, que es la encargada de producir la energía necesaria para la planta de MDI, a través de los generadores.

El presente proyecto tiene como objetivo la automatización del proceso de carga de coque a estos generadores de vapor en la planta química de CO que la empresa Covestro tiene en Tarragona. Para ello es necesario el diseño, cálculo y construcción de una instalación automática para la recepción, cribado y distribución de la materia prima, el coque, que dispondrá de los siguientes equipos mecánicos: tolva de dosificación, criba y alimentador vibrante y de la estructura metálica de sujeción de los mismos.

La empresa Integring, S.L. tiene una gran experiencia en el transporte de sólidos por lo que ha sido la elegida por el cliente para la realización del proyecto.



### 3. EMPLAZAMIENTO

La instalación objeto de este proyecto está ubicada dentro de la fábrica que **Covestro, S.L** tiene en Vila Seca – La Pineda s/n Tarragona.



## **4. ALCANCE**

El proyecto está enfocado a satisfacer las necesidades del cliente en cuanto a la funcionalidad de la instalación, cumpliendo toda la normativa necesaria.

Los trabajos que engloba el presente proyecto son todos aquellos relacionados con la fabricación de la estructura y elementos mecánicos que estarán detallados en los planos que forman parte de él: tolva, estructura metálica, alimentador vibrante y criba, necesarios para la construcción del proyecto de carga automática de coque a generadores para la empresa Covestro.

- Estructura metálica: soportes de tolva, barandillas y tramex de piso.
- Tolva: recibirá el coque por medio de la grúa existente y será la encargada de almacenar y dosificar por medio de un alimentador vibrante el coque a la criba.
- Alimentador vibrante: dosificar el coque a la criba.
- Criba: estará posicionada debajo del alimentador vibrante y será la encargada de separar el coque que tenga un tamaño inferior a 40 mm. Estará apoyada directamente sobre la nueva plataforma.
- Cinta transportadora: una vez cribado el coque, pasa a una cinta transportadora que es la encargada de alimentar a un Tripper.

El proyecto incluirá el presupuesto real de la instalación, los cálculos y la ingeniería de detalle de los diferentes equipos y los cálculos de la estructura. Para el montaje en la planta, es de especial interés resaltar que la instalación está clasificada como ATEX Zona 2, por lo que se tendrá en cuenta para el montaje, ateniéndose a las Normas de Seguridad propias de la instalación y normativa propia de Covestro.

## **5. ANTECEDENTES**

Después de la realización de las prácticas en una empresa dedicada principalmente a la ingeniería, fabricación y montaje de los elementos y estructuras necesarias para el transporte de sólidos, surge el desarrollo de este proyecto como trabajo final de grado, siendo uno de los trabajos que la empresa tenía en curso en ese momento.

Este proyecto surge de la necesidad del cliente de aumentar la producción de MDI con el consiguiente aumento de CO, que es la planta que ocupa este proyecto.

En este momento el proceso de carga de coque a los generadores es manual, por lo que el proceso no es del todo efectivo, ya que el tiempo de carga a los generadores es demasiado elevado.

La cuchara existente carga una tolva de aproximadamente una capacidad teórica de 2.7 m<sup>3</sup>. La tolva dispone de un alimentador vibrante encargado de depositar el material en 5 cubiletes situados en una plataforma giratoria que funciona mediante un motor reductor encargado de posicionar los cubiletes debajo de la tolva hasta que estén completamente llenos. Cuando la tolva ha sido descargada totalmente en los diferentes cubiletes el operario cuelga uno de estos del polipasto y lo lleva hasta la boca del generador. Una vez el cubilete es descolgado se abre la compuerta que permite descargar el material al generador. Cuando se finaliza la descarga se vuelve a situar en la zona de la tolva para cargarlo de nuevo. Los generadores se van cargando según la demanda de energía.

Lo que se pretende con el proyecto actual es automatizar la carga de coque mediante una tolva, alimentador vibrante, criba, cinta y un Tripper que permitirán disminuir el tiempo que se tarda en cargar los generadores, ya que la cinta podrá estar continuamente recibiendo material y no habrá que esperar a que descarguen los cubiletes en los generadores para volver a cargarlos.

Tras un estudio de viabilidad económica, se ha encargado la realización del proyecto.

## **6. NORMATIVA Y REFERENCIAS**

### **6.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

Durante el desarrollo del proyecto se deberá cumplir con la reglamentación y normativas descritas en la Especificación Técnica General, a continuación se mencionan algunas de las normas de especial aplicación para los trabajos descritos en el presente proyecto

#### **6.1.1 Normativa interna de Bayer**

- Protección anticorrosión según procedimiento de Bayer WN 2207.
- Tolerancia en construcción soldada según DIN 8570 Part.1
- Accesorios para soldar según DIN 2605.
- Norma contratación empresas externas PNT0201.
- DIN Soportes: DIN 434, 435.
- Instalaciones de Baja Tensión PNT0668.
- Equipos ATEX Zona 2 T3 IIC
- Ruido según DIRECTIVA 2003/10/EC
- Directiva de máquinas europeas 2006/42/EC
- Reglamento de máquinas RD 1644/2008.
- Normativa de equipos de trabajo RD1215/1997
- Normas de Seguridad y Salud “Base Trabajos Planta CO”
- Procedimientos internos de Bayer BMS, S.L. (Permiso trabajo y fuego).

#### **6.1.2 Normativa española**

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RD 842 / 2002)
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (31/1995) y los Reglamentos y órdenes ministeriales que la desarrollan.
- Decreto 833/75 que desarrolla la ley 38/1972 (Protección del Ambiente atmosférico)
- RD 436 / 1997 (Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo)
- RD 681/2003 (Protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo)
- Reglamento actividades molestas, nocivas, insalubres y peligrosas
- RAP (Reglamento de Aparatos a Presión, e Instrucciones Técnicas Complementarias de aplicación)
- Código Técnico de la Edificación:

- -SE: Seguridad Estructural
- -SE AE: Acciones en la Edificación
- -SE A: Acero
- UNE-ENV 1993-1. Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero.
- UNE-ENV 1992-1 Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón.
- UNE-ENV 1991-4 Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 4: Silos y depósitos
- 

### **6.1.3 Normativa europea**

- 98/37/CEE Directiva de Máquinas
- 93/68/CEE
- Directiva 73/23/CEE y posteriores correcciones (Baja Tensión)
- 89/336/CEE y posteriores correcciones (Directiva de Compatibilidad Electromagnética)
- 97/23/CEE (Directiva de Aparatos a Presión)
- 94/9/CEE; RD 400/1996 (Directivas relativas a Atmósferas Explosivas, ATEX)
- Directivas Europeas Aplicables (declaración de conformidad de la instalación).
- EN 10204 (Certificación de Materiales - Material certification)
- Normas EN, IEC, CENELEC

### **6.1.4 Normas de seguridad**

Forman parte de este documento las “Normas de Seguridad y Salud del proyecto de “Base Trabajos Planta CO”, el “Plan de Emergencia de BMS” y el “Manual de actuación de medio ambiente de BMS”.

De igual manera son de obligado cumplimiento las Normas y reglamentos oficiales vigentes.

Todo el personal asistirá obligatoriamente a una formación específica sobre riesgos existentes en la planta CO y en general sobre el Plan de emergencia de BMS. La duración aproximada será como máximo de 1 hora y no representará cargo alguno a la propiedad.

## 6.2 BIBLIOGRAFIA

- <http://www.covestro.com/en>
- [http://www.stage.basf.com/urethanechemicals/pdfs/chemicals/Other/MDI\\_Hand\\_Span.pdf](http://www.stage.basf.com/urethanechemicals/pdfs/chemicals/Other/MDI_Hand_Span.pdf)
- <http://www.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol334.htm>
- <http://www.ecured.cu/Coque>
- <http://www.cintasa.com/es/productos/alimentadores/alimentador-vibrante/>
- <http://www.dartek.es/tolva-dosificadora-con-regulacion>
- [https://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Acero/Textos/EA\\_Bases\\_p.pdf](https://www.uclm.es/area/ing_rural/Acero/Textos/EA_Bases_p.pdf)
- “Manual de procesos químicos en la industria”. GEORGE T. AUSTIN. Editorial McGraw-Hill Interamericana de México, 1993.
- “Números Gordos”, Juan Carlos Arroyo Portero. Cinter Divulgación Técnica, S.L.L., 2009
- JUAN RAVENET. Silos 1 – Teoría. Investigación. Construcción. Editores técnicos asociados. S.A.

### **6.3 PROGRAMAS DE CÁLCULO Y DISEÑO UTILIZADOS**

Los programas utilizados son los siguientes:

#### **CYPECAD→NUEVO METAL 3D**

Este programa se ha elegido para el cálculo de la estructura de suportación para garantizar así el perfecto funcionamiento de esta ya que este programa utiliza muchas comprobaciones de seguridad.



*Ilustración 1. Logo Cype*

#### **AUTOCAD**

Se ha utilizado para la realización de los planos de la estructura y sus componentes.



*Ilustración 2. Logo Autocad*

#### **SOLIDWORKS**

Se ha utilizado para modelar los distintos componentes mecánicos y obtener los planos de los mismos.



*Ilustración 3. Logo Solid Works*

### **MICROSOFT WORD Y EXCEL**

Se ha utilizado el Microsoft Word y Excel para el desarrollo de la documentación del presente proyecto, tanto texto como las hojas de cálculo y gráficos.



*Ilustración 4. Logo Microsoft Word y Microsoft Excel.*

### **CUSTOM**

Este programa se ha utilizado para la realización del presupuesto. Se trata de un programa propio de la empresa.

### **MICROSOFT PROJECT**

Se ha utilizado para la planificación del proyecto, presentando esta planificación en un gráfico de Gantt.



*Ilustración 5 Logo Microsoft Project*



### 6.3.1 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

| Abreviatura      | Definición  | Unidades               |
|------------------|---|------------------------|
| $T^a$            | Temperatura   | $^{\circ}\text{C}$     |
| V                | Volumen   | $\text{m}^3$           |
| E                | Modulo de elasticidad del acero   | $\text{N}/\text{mm}^2$ |
| $f_y$            | Tensión máxima admisible del acero  | $\text{N}/\text{mm}^2$ |
| $f_{yd}$         | Tensión admisible para cálculos   | $\text{N}/\text{mm}^2$ |
| $\gamma$         | Peso específico del material  | $\text{kg}/\text{m}^3$ |
| $C_b$            | Coefficiente de mayoración de cargas  |                        |
| $\varphi_i$      | Ángulo de fricción interno  | $^{\circ}$             |
| $\varphi_{wh}$   | Ángulo de rozamiento con la pared   | $^{\circ}$             |
| $\mu$            | Coefficiente de rozamiento entre material y tolva   | -                      |
| K                | Coefficiente de presiones laterales   | -                      |
| $d_c$            | dimensión característica de la sección transversal interna  | m                      |
| A                | Area transversal  | $\text{m}^2$           |
| U                | Perímetro   | m                      |
| $\beta$          | Inclinación de la tolva respecto de la vertical   | $^{\circ}$             |
| $\alpha$         | Ángulo que forma la pared de la tolva con la horizontal   | $^{\circ}$             |
| $h_h$            | Altura de la tolva desde el vértice hasta la transición   | m                      |
| $l_h$            | Distancia inclinada desde el vértice de la tolva hasta la transición  | m                      |
| x                | Longitud comprendida entre 0 y $l_h$  | m                      |
| $z_0$            | Profundidad característica de Janssen   | m                      |
| $h_0$            | Profundidad bajo la superficie equivalente de la base del cono superior (punto más bajo de la pared que no está en contacto con el sólido almacenado) | m                      |
| n                | Potencia en el coeficiente de presiones en la tolva   | -                      |
| $z_v$            | Medida de profundidad usada en la evaluación de la tensión vertical   | -                      |
| $p_{vf}$         | Tensión vertical en el sólido almacenado después del llenado  | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $p_{vft}$        | Tensión vertical en el sólido después del llenado en la transición  | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $p_{n1}, p_{n2}$ | Presiones en la tolva debidas a la presión vertical del Material almacenado en la transición;   | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $p_{n3}$         | Presión en la tolva debida al sólido contenido en la tolva  | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $p_t$            | Presión de rozamiento   | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $p_s$            | Presión punta   | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $p_b$            | Presión en la boca de la tolva  | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $p_{ve}$         | Presión en el vértice   | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $L_b$            | Longitud pared hasta la boca de la tolva  | m                      |
| $L_{ve}$         | Longitud hasta el vértice de la tolva   | m                      |
| $n'$             | Tensión debida a la variación de temperatura  | $\text{kg}/\text{m}^2$ |
| $q_1, q_2$       | Cargas perpendiculares en los extremos de la pared de la tolva  | $\text{kg}/\text{m}$   |
| Mf               | Momento flector máximo  | T.m                    |
| I                | Momento de inercia  | $\text{cm}^4$          |

|          |   |                 |
|----------|---|-----------------|
| $\sigma$ | Tensión máxima admisible, Ley de Navier | $\text{kg/m}^2$ |
| e        | Espesor chapa de la tolva               | mm              |
| MDI      | disocianato de difenilmetano            | -               |
| CO       | Monóxido de carbono                     | -               |

*Tabla 1. Definiciones y abreviaturas*

## **7. CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN**

La organización del transporte de material en una planta industrial dependerá de aspectos tanto técnicos como económicos.

Algunos de los aspectos técnicos son:

- La naturaleza del material que se quiere transportar (dureza, tamaño, densidad...).
- La cantidad que se quiere transportar en un tiempo determinado.
- La dirección en la que se va a realizar el transporte.
- Si se trata de una zona abierta o cerrada.
- Como están almacenados los materiales.

Algunos de los aspectos económicos a tener en cuenta son:

- El consumo energético del equipo mecánico.
- La amortización de todo el equipo.
- Gastos de mantenimiento.

En este caso se decide hacer un transporte de material ya que, la zona de carbonera y los generadores están separados una cierta distancia así que el movimiento del material es imprescindible.

Se hace uso de una tolva y un alimentador vibrante para poder controlar el caudal de material, ya que para el óptimo funcionamiento de la planta se necesita una cantidad de 30Tn/h.

El diseño de la tolva tendrá una limitación, la altura de la nave en la que se encuentra. En la solución inicial la tolva no dispone de paredes verticales, pero por la forma en la que se carga, mediante pala, el material no queda confinado únicamente en la misma, por lo que finalmente se instalan unas paredes verticales en la zona superior. El interior de la tolva deberá estar recubierto de unas placas cerámicas debido al posible desgaste que puede ocasionar el material.

El material que se va a transportar es coque. Este material está presente en diferentes tamaños, por lo que será necesaria la instalación de una criba para realizar la clasificación del mismo, ya que se necesita el de granulometría mayor a 40 mm.

## **8. REQUISITOS DE DISEÑO**

Los datos de partida referentes al equipo mecánico y a la estructura que se derivan del cliente serán los que se describen a continuación.

- La instalación se ubicará en la primera planta (nivel +4,80 m) del edificio TAR C499 y en el “parque cerrado de carbón” del mismo edificio.

Los requisitos necesarios para los elementos mecánicos son los siguientes:

- Tolva: Situada en la carbonera y sobre la nueva plataforma situada a 7,9 m del suelo aproximadamente. Para evitar daños en la tolva en la carga con la grúa se dispondrá de unas defensas integradas en la estructura de suportación. El interior de la tolva estará recubierto por placas cerámicas anti-desgaste.
- Alimentador vibrante: Se trata de un equipo comercial que estará suspendido de la tolva mediante cables y amortiguadores.
- Criba: posicionada debajo del alimentador vibrante y se apoyará sobre la nueva plataforma mediante cuatro patas. Deberá separar el coque que tenga un tamaño inferior a 40mm.
- Se dispondrá de un sistema con tres células de carga situadas entre los apoyos de la tolva para controlar la carga de coque a introducir en cada generador.
- Todos los elementos mecánicos que se tienen que fabricar, se harán en módulos transportables y manejables para el montaje, siendo las uniones en obra mediante tornillos, según las instrucciones dadas en los planos del proyecto.

Los requisitos referentes a la estructura metálica son los siguientes:

- El proyecto implica la construcción de una plataforma en el parque de carbón con estructura metálica, con unas dimensiones en planta aproximadas de 12 x 5,0 m y una altura aproximada desde el nivel del suelo de 4,80 m.
- . En el suelo de la plataforma se instalará rejilla con malla de seguridad.
- La estructura de los equipos, recibirá una protección superficial adecuada para una categoría de corrosividad clasificada como tipo C5I (muy alta) según ISO12.944-2 consistente en:
  - Limpieza con chorro hasta grado SIS-SA 2 ½
  - Mano de imprimación epoxi rica en zinc. Espesor de 60 micras.
  - Capa intermedia epoxi espesor de 180 micras.
  - Mano de acabado esmalte poliuretano espesor de 60 micras.
  - Color acabado Ral 5010 AZUL

- El enlace de las estructuras a la estructura existente del edificio, se ejecutará mediante uniones atornilladas para evitar la necesidad de soldar en obra.
- La estructura de la plataforma estará apoyada sobre los pilares y vigas existentes, y una nueva zapata de hormigón.

## **9. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

La instalación de este proyecto estará situada en la planta química de CO, que produce la energía necesaria para la producción de MDI, que es el producto final que se quiere conseguir.

La cinta transportadora, tolva receptora, alimentador vibrante y criba es el equipo mecánico que compone la instalación y es el encargado de recibir el coque y transportarlo para alimentar a los 12 generadores de la planta de CO de forma automática.

La parte que abarca este proyecto es la zona de recepción de material. Para la realización de este será necesaria la instalación de una estructura principal que dispondrá de una plataforma en el parque de carbón con zona visitable. El resto de la estructura será utilizada para soportar la tolva de recepción de coque, alimentador, criba y parte de la cinta que sirve de alimentación al Tripper.

El proceso tiene lugar de la siguiente forma:

Los camiones descargan el coque en la nave carbonera. El material se apila de forma que la grúa pueda ser cargada. Una vez se ha cargado, esta transporta el material hasta la tolva por medio de un polipasto. Tanto la grúa como el polipasto estaban disponibles en la antigua instalación.

La tolva recibe el coque y debe almacenar y dosificar este por medio de un alimentador vibrante a la criba. En los apoyos de la tolva se sitúan tres células de carga para controlar la carga de coque a introducir a cada generador.

El alimentador vibrante descargará el material a la criba que esta posicionada debajo de este.

El alimentador puede controlar la alimentación de material ajustando la amplitud de su vibración. La criba selecciona el coque (rechazando el coque con granulometría inferior a 40mm) y alimenta a la cinta transportadora continuamente. En la parte inferior de la criba se dispone de un tolvín de rechazos con salida conectada a un tubo que baja por un lateral de la carbonera hasta la parte baja donde se sitúa un big-bag para la recogida de rechazos.

La descarga del coque a los generadores se realiza mediante un tripper que tiene un recorrido paralelo a los reactores y que se mueve automáticamente a lo largo de unas vigas de rodadura, posicionándose perpendicularmente al eje de la boca de cada generador.

Mediante una resbaladera fijada a la cabeza de vertido del tripper, y perpendicular a la misma, se descarga el coque en cada una de las bocas de los generadores. En el siguiente diagrama se puede observar el proceso de la instalación:

# Instalación de carga automática de coque a generadores: estructura y equipo mecánico en la zona de carbonera

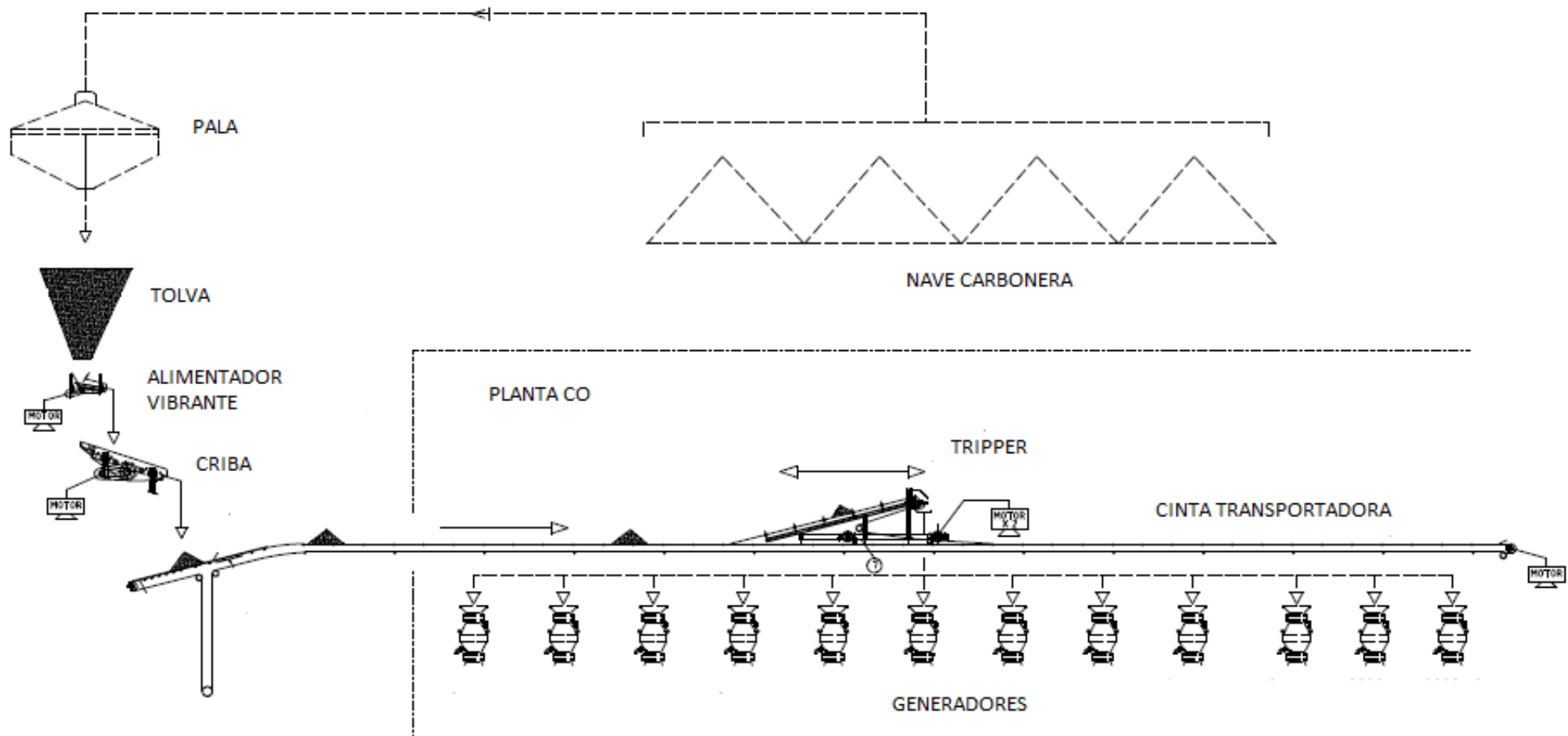
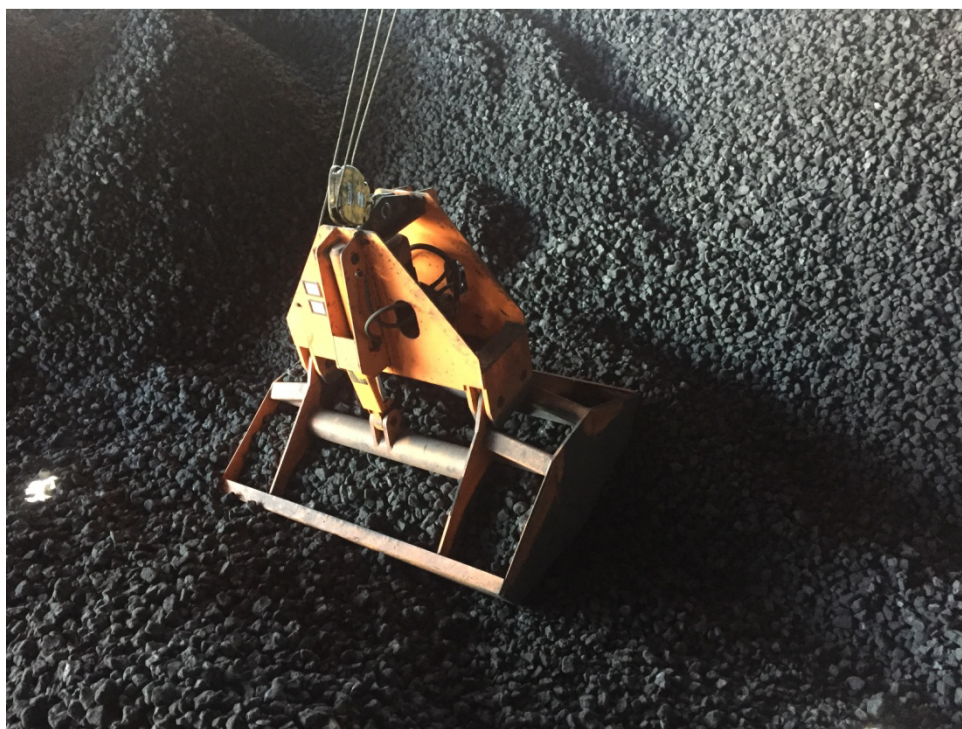
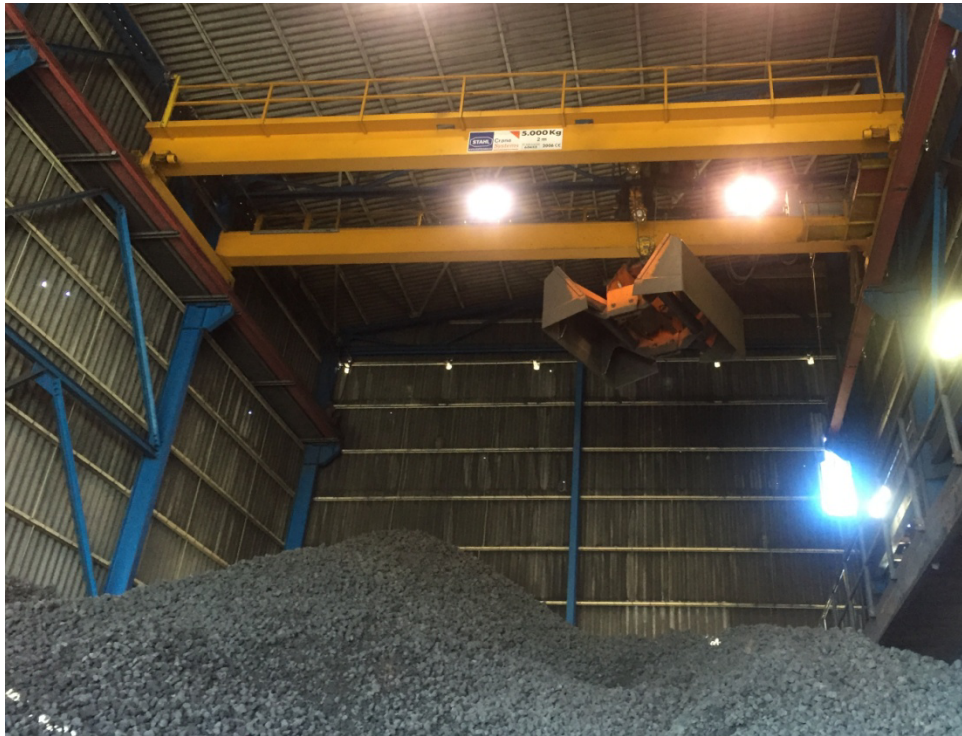


Ilustración 6. Diagrama de proceso.

## Instalación de carga automática de coque a generadores: estructura y equipo mecánico en la zona de carbonera

En las siguientes imágenes se pueden observar distintas fases del proceso una vez instalado:



*Ilustración 7. Carga del material*





*Ilustración 8. Descarga de material desde la tolva hasta la criba*



*Ilustración 9. Descarga de la criba a la cinta transportadora*





*Ilustración 10. Recogida de material rechazado por la criba*



*Ilustración 11. Descarga del Tripper al generador*

## 10. AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

El presente proyecto no detalla toda la información de la automatización del proceso, pero debido a su importancia para la instalación, se describe su funcionamiento.

El sistema de control puede funcionar tanto de manera manual como automática. En la mayoría de los casos funcionará de forma automática. Además, tiene la posibilidad de seleccionar manual /automático cada equipo.

- **Funcionamiento Manual**

Todos los equipos se podrán parar y arrancar desde los módulos de cada equipo del sistema de control. La marcha de cada equipo estará condicionada a la secuencia de marcha

Secuencia de marcha.

1. Arranque cinta, posicionamiento del tipper,
2. Apertura de tajadera, permiso radar;
3. Arranque criba;
4. Arranque alimentador;

Control manual del tripper.

Para poder mover el tripper la cinta tiene que estar en marcha.

Pulsador botón decantador. Mientras se pulsa se desplaza hacia el decantador.

Pulsador botón carbonera. Mientras se pulsa se desplaza hacia la carbonera.

Posicionado de generador del 1 al 11 y preparado para 12.

El Tripper tiene una ventana para seleccionar el número de generador de destino.

Al pulsar marcha se posiciona al generador seleccionado.

Al pulsar paro se para si aún no ha llegado a su destino.

- **Funcionamiento automático desde el sistema de control**

Todos los equipos tienen que estar en automático

El tripper tiene que estar en automático y haber pulsado marcha.

Secuencia de arranque paro en automático

1. Un generador pide carga.
2. Arranca la cinta.
3. Posicionamiento del tripper.

4. Abre la tajadera.
5. Radar da permiso.
6. Arranca la criba.
7. Carga la consigna de peso
8. Arranca el alimentador.
9. Control de peso a cargar.
10. Para el alimentador.
11. Para la criba.
12. Tiempo de limpieza.
13. Posicionado de siguiente petición.
14. Paro de cinta.

Descripción de las secuencias de arranque automático.

**1. Un generador pide carga.**

Un generador pide carga, parpadeo en campo de señal de falta carga.

Genera petición normal nivel en amarillo. General petición urgente nivel en rojo.

**2. Arranca la cinta.**

Si hay definida una petición de carga, la cinta arranca.

Cuando la cinta esté en marcha, hay que mantener activa la salida de marcha a la báscula de la cinta mientras se quiera pesar.

**3. Posicionamiento del tripper.**

Si coinciden varias peticiones a la vez se atenderá a la más cercana. Para decidir la más cercana se resta a la posición actual del tripper el número de generador que está pidiendo. En caso de empate se va al generador inferior.

La secuencia de posicionado se realiza de la siguiente forma:

El tripper decide hacia donde tiene que ir arranca y se desplaza a velocidad rápida contado cada generador por el que pasa para adecuar su valor de posición cuando la diferencia absoluta entre la posición y el generador de destino tenga valor 1 reducirá la velocidad a un valor intermedio y hará caso los detectores de acercamiento (un final de carrera inductivo y un final de carrera mecánico) que al detectar uno de ellos reducirá la velocidad a un valor mínimo para poder posicionarse con precisión. Al detectar cualquiera de los detectores de posición o el final de carrera mecánico de paro el tripper para. Una vez parado leerá el código binario y determinará si el lugar es el correcto.

Si no fuera el lugar adecuado, dará alarma y volverá a arrancar para posicionarse en el generador correcto. Si volviera a equivocarse se quedaría parado y con alarma. Para rearmarlo se tiene que pulsar reset y pulsar marcha estando en automático.

**4. Abre la tajadera**

Una vez posicionados correctamente, se envía señal al generador para que abra la tajadera.

**5. Radar de permiso**

Cuando el radar detecte suficiente nivel libre daría permiso a la criba para arrancar.

**6. Arranca la criba.**

La criba arranca si el tripper le da permiso.

**7. Carga la consigna de peso.**

En la función del generador a cargar está registrada la cantidad a dosificar.

La función coge esta cantidad para contar la carga.

**8. Arranca el alimentador.**

El alimentador arranca 5 segundos después de arrancar la criba.

**9. Control de peso a cargar.**

Cada generador tiene una ventana de peso a descargar normalmente de 200Kg variable. Límite máximo 230.

Si se ha seleccionado primera carga es posible seleccionar 800 Kg.

El valor de peso quedará registrado al empezar la carga del generador y al llegar a la resta del peso seleccionado dará por concluida la cantidad a dosificar.

Si la báscula de cinta detecta el peso total a dosificar más un 10% dará por concluida la cantidad a dosificar.

**10. Paro del alimentador.**

Al llegar a la cantidad de consigna parará el alimentador.

**11. Paro de la criba.**

La criba se para 15 segundos después de parar el alimentador.

**12. Tiempo de limpieza.**

Cada generador tendrá una ventana de tiempo de limpieza, en general de 120 segundos.

**13. Posicionado de siguiente petición.**

Una vez finalizado el tiempo de limpieza y hay selección de generador a llenar el tripper repite los pasos anteriores.

**14. Paro de cinta.**

A los 120 segundos si no hay más peticiones se para la cinta.

**15. Puesta a cero totalizador báscula cinta**

Se recomienda poner a cero el totalizador de la báscula de la cinta cada vez que se vaya a iniciar una nueva carga.

## 11. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

### 11.1.1 COQUE

El coque es un material obtenido a partir de la destilación destructiva, o pirolisis de carbones minerales que poseen propiedades coquizantes. Un carbón poseerá propiedades coquizantes si es capaz de transformarse en coque después de haber pasado por una fase plástica, como la descomposición de carbones bituminosos en ausencia de aire.

Es una forma de carbón sólido, duro y poroso de un color gris negruzco y brillo metálico.

El coque posee una elevada proporción de carbono, alrededor del 92%, siendo el 8% restante ceniza.

Existen muchas variedades de coque que difieren en sus características físicas y químicas, pero su principal característica es que tiene un poder calorífico muy elevado, utilizándose en diferentes aplicaciones industriales, dependiendo del método de producción empleado en su obtención.



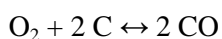
El proceso de pirolisis mediante el cual se obtiene el coque se denomina coquización. La coquización consiste en un calentamiento en los hornos de coque entre 1.000 y 1.200 °C en ausencia de oxígeno hasta eliminar la práctica totalidad de la materia volátil del carbón o mezcla de carbones que se coquiza, para dar un producto sólido rico en carbono.

#### *Ilustración 12. Coque*

El principal inconveniente de ésta técnica es que es altamente contaminante debido a la formación de gases, aunque en la actualidad los gases procedentes de la campana de extinción son tratados mediante conducción y filtrado.

### 11.1.2 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El monóxido de carbono se forma de la oxidación incompleta del carbono en la reacción de combustión debido a la falta de oxígeno.



Se trata de un gas tóxico, aun así es uno de los principales gases industriales utilizado en la formación de productos químicos, en este caso se utiliza para la producción de MDI.

### **11.1.3 MDI**

Se trata de disocianato de difenilmetano, abreviado comúnmente como MDI y es uno de los componentes principales para la formación de poliuretanos. Los poliuretanos son unos de los polímeros más versátiles, se pueden encontrar en automóviles, mobiliario, aislantes, etc.

### **11.1.4 TOLVA**

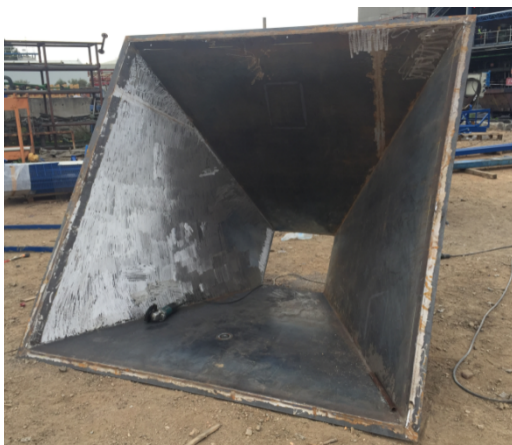
Según el Eurocódigo 1 una tolva es el fondo de un silo con paredes inclinadas. Se trata de un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño que sirve para el depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados entre otros. Este tipo de dispositivos son muy utilizados en agricultura, minería, e instalaciones industriales como en este caso. Las tolvas pueden construirse en hormigón o en chapa de acero y según el Eurocódigo pueden clasificarse en tolvas agudas o aplanadas.

Una tolva aguda es aquella en la que los sólidos se deslizan hacia la parte inferior de las paredes inclinadas de la tolva cuando el silo está lleno.

En una tolva aplanada los sólidos no deslizan hacia la parte inferior de las paredes inclinadas después del llenado del silo, debido a que la inclinación es demasiado baja o el rozamiento muy alto.

La carga en estos elementos se efectúa por la parte superior mediante cuchara o mediante cinta y la extracción se hace mediante alimentador o por gravedad.

En este proyecto se estudia el caso de una tolva aguda en la que la carga se realiza mediante la descarga de una cuchara por su parte superior y la extracción mediante un alimentador vibrante.



*Ilustración 13. Tolva de recepción*



### **11.1.5 ALIMENTADOR VIBRANTE**

Los alimentadores vibrantes son conjuntos de fuerza motriz electromagnética, cuya función principal es la extracción de materiales a granel almacenados en tolvas o silos con regulación de caudal. Estos se colocan en la zona de salida normalmente con cierto ángulo de inclinación positiva regulable según el flujo necesario de material.

En algunos casos se pueden suministrar accesorios como pico de tolva, tajadera, estructura portante, etc

En este caso se utilizará un pico de tolva para canalizar la extracción del material hacia el alimentador.

El alimentador electromagnético vibrante es un sistema dinámicamente equilibrado de dos masas vibrantes. Consiste en una bandeja acoplada a un accionamiento electromagnético por medio de un paquete de láminas elásticas.

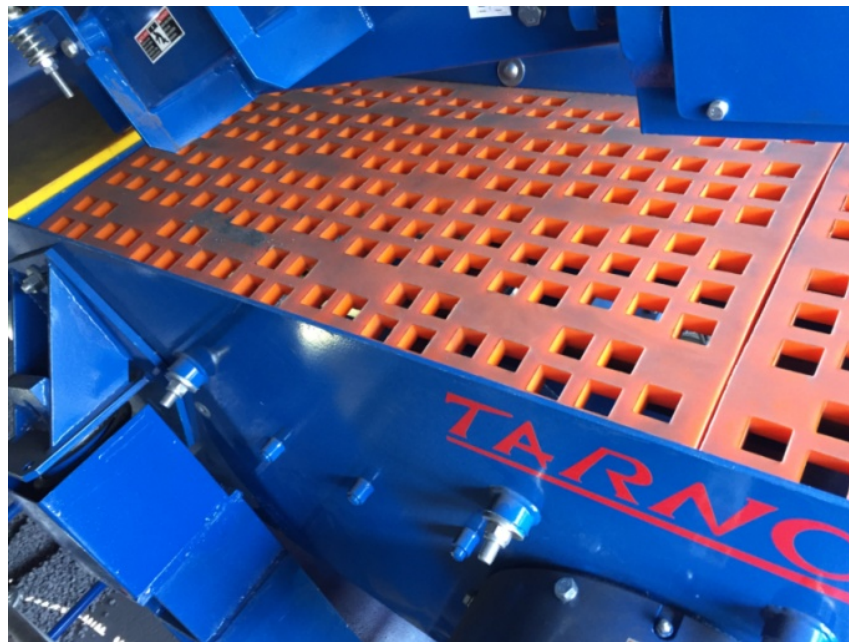
El ancho de la bandeja, la capacidad y la velocidad de transporte dependerán del producto y de las necesidades específicas de cada instalación.

### **11.1.6 CRIBA**

Las cribas tienen la función de clasificar los materiales, por tamaños, una separación preliminar, escurrido y lavado, tanto de materiales en polvo como materiales con mayores dimensiones.

El material se proyecta directamente contra la superficie sin incidir en ningún dispositivo mecánico durante la trayectoria por lo que el desgaste es mínimo, las cribas vibrantes tienen una gran duración. Además la vibración es suave y el material no sufre daños.

Su mecanismo vibrador está constituido por un eje dotado de contrapesos centrífugos apoyados sobre rodamientos de doble hilera de rodillos a rótula. Las cribas se deben instalar sobre cimientos y estructura soporte de acero rígido u hormigón. A través de los muelles aislantes de soporte se transmite a la estructura soporte un porcentaje de las cargas vibrantes de la criba y material que manipula. Debido a que estos muelles eficazmente absorben las vibraciones, las cargas reales transmitidas no son superiores a dos veces el peso muerto del cuerpo de la criba.

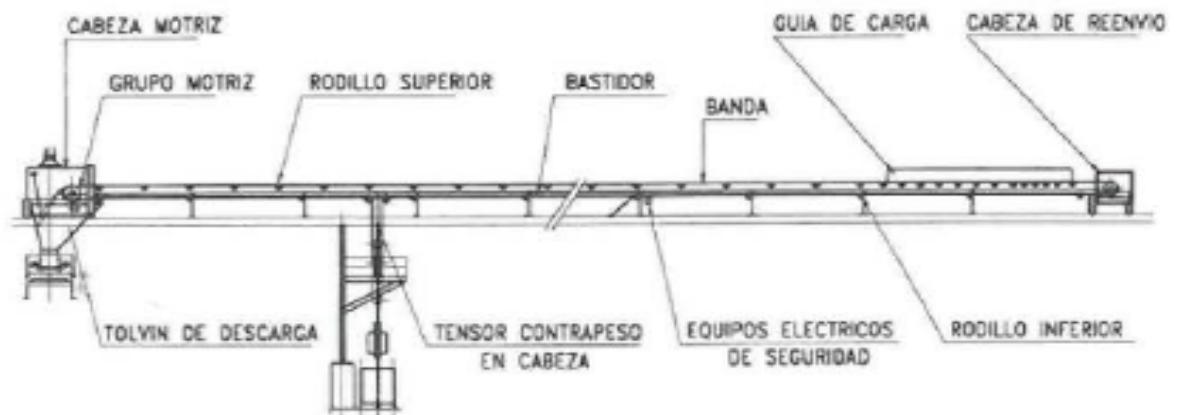


*Ilustración 14. Alimentador vibrante y Criba*

### 11.1.7 CINTA TRANSPORTADORA

Los cereales y el carbón son algunos de los primeros materiales que fueron transportados mediante cinta. Desde entonces las cintas transportadoras han evolucionado y la mayoría de materiales a granel disponibles en las industrias son transportados en ellas.

Hay diferentes tipos de cintas transportadoras dependiendo del material que se quiera transportar, la cantidad, etc. En la siguiente imagen se pueden observar los componentes principales de una cinta transportadora:



*Ilustración 15. Elementos principales cinta transportadora*



*Ilustración 16. Cinta transportadora*

### **11.1.8 CÉLULAS DE CARGA**

En los apoyos de la tolva se situarán tres células de carga para controlar la carga de coque a introducir a cada generador. En este caso se trata de células de carga a cortadura.

Las células de carga son transductores. El principio de su funcionamiento es convertir la fuerza mecánica en señales eléctricas mediante galgas extensiométricas que miden la deformación, para determinar la carga aplicada.



*Ilustración 17. Célula de carga Uticell.*

## 12. DATOS GENERALES

### Características del material a trasegar

Según el análisis realizado por el laboratorio de control de calidad, Industrial Química del Nalón, S.A, el material trasegado tiene las siguientes características:

COQUE DE PETRÓLEO:

|   |       |
|---|-------|
| Humedad (%)→                            | 7,64  |
| Cenizas (%)→                            | 6,56  |
| Materia Volátil (%)→                    | 0,45  |
| Azufre (%)→                             | 0,68  |
| Carbono fijo (%)→                       | 92,98 |
| Micum 40 (%) →                          | 64,40 |
| Micum 10 (%) →                          | 6,20  |
| PCS/GCV(Kcal/Kg)                        | 7,346 |
| Granulometría >60 (%) →                 | 30,10 |
| Granulometría < 40 (%)                  | 0,60  |
| $\gamma$ : Densidad Kg/m <sup>3</sup> → | 700   |
| $\phi$ : Ángulo de rozamiento interno → | 45°   |

Tabla 2. Propiedades material a trasegar

### 12.1.1 DATOS EQUIPO MECÁNICO Y ESTRUCTURA

#### Material de los equipos

Tanto la tolva como el alimentador como la criba estarán constituidos por chapas de acero al carbono, S-275 JR, soldadas con una imprimación Epoxi rica en Zinc de 60 $\mu$ m de espesor y un acabado final de esmalte de poliuretano de 60 $\mu$ m de espesor.

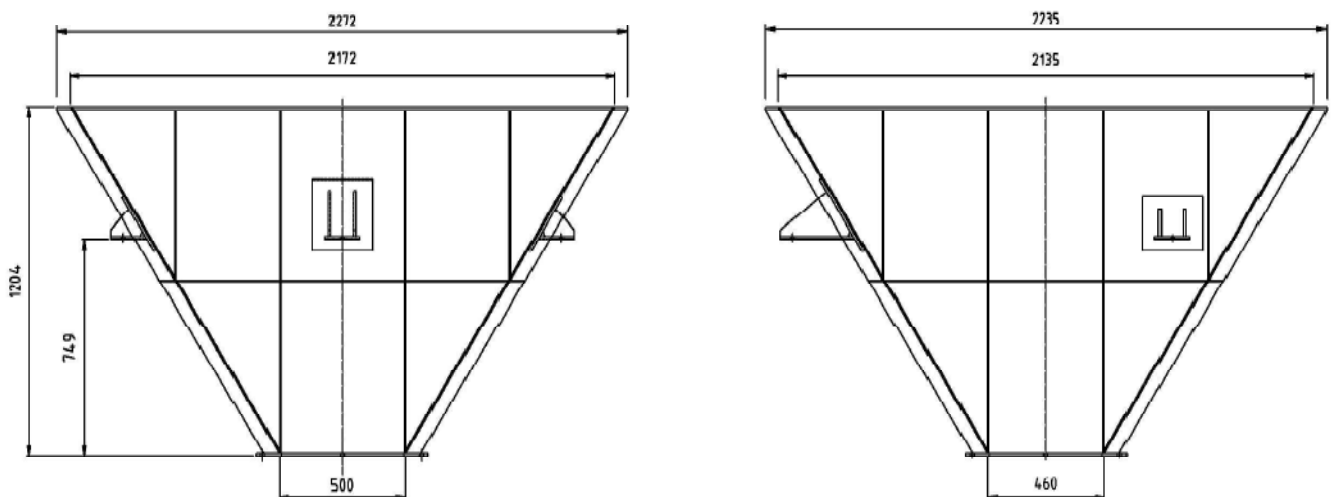
Las características de este acero son:

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Acero (UNE EN 10025)               | S-275                                   |
| $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )         | 275                                     |
| $f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )         | 430                                     |
| Módulo de Elasticidad E            | 210.000 N/mm <sup>2</sup>               |
| Coefficiente de Poisson            | 0,3                                     |
| Coefficiente de dilatación térmica | 1,2·10 <sup>-5</sup> (°C) <sup>-1</sup> |
| Densidad g (Kg/m <sup>3</sup> )    | 7.850                                   |

Tabla 3. Propiedades acero S-275

**Características tolva**

- Capacidad teórica aprox. de 2,5 m<sup>3</sup>.
- Tres células de carga situadas entre los apoyos de la tolva para controlar la carga.
- se dispondrá de unas defensas que estarán integradas en la estructura de suportación: proteger y evitar en lo posible daños en la tolva.
- El interior de la tolva estará recubierto por placas cerámicas anti-desgaste.
- Boca de descarga: rectangular de dimensiones 2272 X 2235.
- Recepción de material: manualmente por medio de cuchara.
- Alimentación: a cinta transportadora con ancho de banda de 400. (30 T/h con una velocidad de la banda de 1,4 m/s.)
- Suportación: sobre estructura metálica.



*Ilustración 18. Dimensiones Tolva de recepción.*

**Características alimentador vibrante**

El alimentador vibrante que se ha elegido es el modelo F220 fabricado por Tarnos con las características siguientes: Este estará construido también por chapas de acero al carbono soldadas con una imprimación Epoxi rica en Zinc de 60µm de espesor y un acabado final de esmalte de poliuretano de 60µm de espesor.

Lleva incorporado un motor vibrador con reguladores de frecuencia de vibración.

- Dimensiones 510 x 915 x 125 (mm) (Ancho x Largo x Alto)
- Tensión → 400V/50Hz
- Potencia → 460W
- Intensidad → 6ª
- Peso accionamiento aproximado → 180 kg
- Peso vibrante aproximado → 45 kg
- Peso pico gualdera aproximado → 80kg
- Fondo de la bandeja con un mosaico de alúmina de espesor 6mm.
- Cuadro de mando RSDC4B suministrado por la misma marca comercial. (Incorpora un potenciómetro de regulación manual de caudal entre 0 y 100% del nominal, señal de 4 a 20 mA para regulación automática de amplitud, marcha parada a distancia y de los elementos de protección).

| <b>Cable estándar de acero<br/>6 cordones con alma de cáñamo<br/>19 hilos por cordón</b> |  |                                  |  |                                   |
|--|--|----------------------------------|--|-----------------------------------|
| <b>Modelo</b>  | <b>Diámetro del cable suspensión trasera</b> | <b>Carga máxima en toneladas</b> | <b>Diámetro del cable suspensión delantera</b> | <b>Carga máxima den toneladas</b> |
| F-220  | 9mm  | 1                                | 6mm  | 0,45                              |

*Tabla 4. Características cable alimentador*

### Características criba

La criba proporcionada por el proveedor Tarnos es el modelo CS138 con las siguientes características:

- Dimensiones de 3 m de largo por 1,5 m de ancho.
- Peso vibrante → 790 kg.
- Peso Total → 940 kg.
- Velocidad accionamiento → 1040 rpm.
- Amplitud → 6,5 mm.
- Motor 5,5 CV a 1500 rpm.

### Características estructura

En la siguiente figura se pueden observar las dimensiones referidas a la estructura:

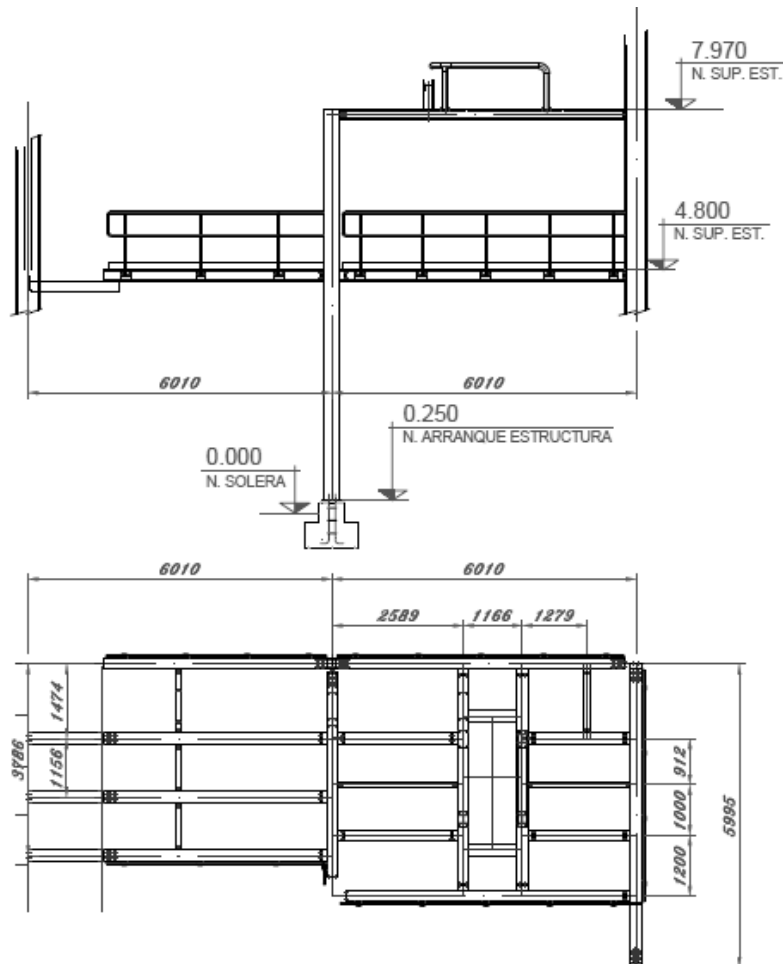


Ilustración 19. Dimensiones estructura



## 13. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA INSTALACIÓN

En referencia a la estructura se debe cumplir la premisa de seguridad estructural, para ello hay que cumplir con la normativa vigente, por lo que se realizan las diferentes comprobaciones haciendo uso del CTE y el EHE.

Las diferentes vías de estudio son:

1. Tolva de descarga
2. Estructura metálica de soporte de la tolva y plataforma de soporte de la criba.
3. Zapata

### 13.1.1 TOLVA

El análisis de la estructura de la tolva se basa en la comprobación del espesor de la chapa de la misma según las presiones que se ejercen sobre las paredes en el momento de carga y descarga del material. El cálculo de las presiones se realizará haciendo uso del Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 4: Silos y depósitos.

### 13.1.2 ESTRUCTURA METÁLICA

Esta debe soportar las acciones a las que está sometida que son:

- Acciones permanentes:
  - o Peso propio de la estructura.  
Acero estructural
  - o Cargas muertas:
    - Estructura tolva y alimentador vibrante
    - Estructura tolva de recogida de finos
    - Peso rejilla en la plataforma
    - Cargas criba
- Acciones variables:
  - o Sobrecarga de uso de las plataformas
  - o Peso del coque almacenado en la tolva
  - o Reacciones de la criba (facilitadas por el fabricante):

- Acciones accidentales:
  - o **Sismo:**

De acuerdo con la Norma NCSE-02, en el emplazamiento de la instalación, la aceleración básica de cálculo,  $a_b$ , es  $a_b < 0.04 g$  por lo que no es necesario considerar acciones sísmicas.
  - o **Incendio:**

El comportamiento de la estructura en situación de incendio viene regulado por el CTE-DB-SI-6. No se considera de aplicación en la presente estructura.
  - o **Impacto:**

Se han considerado 3 cargas puntuales de 1000 Kg cada una, debidas al posible impacto de la cuchara del puente grúa contra la estructura de defensa de la tolva de almacenamiento durante el proceso de aproximación del mismo para el llenado de la tolva.

### **13.1.3 CIMENTACIONES Y ZAPATAS**

Se considera el terreno existente en la zona donde se va a ubicar la estructura y la profundidad a la que se situará la cimentación respecto a la rasante. En este caso se adopta una cimentación superficial con una tensión admisible para el terreno de 0.14 MPa que se ajusta a lo establecido para arcilla firme o arena medianamente densa.

Solo se realizará el cálculo de la nueva zapata necesaria, para el pilar que se añadirá, ya que la estructura se sustenta en los pilares ya existentes.

## 14. RESULTADOS FINALES

### 14.1.1 CAPACIDAD

Tras realizar los cálculos pertinentes que se encuentran adjuntos a este documento, sabiendo que la cantidad necesaria de coque para un óptimo funcionamiento de la instalación es de 30Tn/h, dato suministrado por la empresa contratante, se obtiene:

$$\text{Capacidad tolva} = 2,8 \text{ Tn}$$

Por lo que la tolva deberá ser cargada 11 veces cada hora para poder abastecer a la planta de CO.

Se sabe que la pala tiene una capacidad de 4m<sup>3</sup>, por lo que se podrá llenar la tolva al completo con una sola carga.

### 14.1.2 PRESIONES SOBRE LAS PAREDES DE LA TOLVA

Los cálculos realizados para determinar las presiones que actúan sobre las paredes de la tolva se basan en el ANEXO G: REGLAS ALTERNATIVAS PARA PRESIONES EN TOLVAS del Eurocódigo1. Parte 4. Acciones en silos y depósitos.

En la siguiente tabla se recogen los parámetros y datos utilizados para el cálculo:

| SIMBOLO                                  | DESCRIPCIÓN   | VALOR          |
|--|---|----------------|
| $\gamma(\text{kg/m}^3)$                  | Peso específico del material  | <b>700,000</b> |
| <b>C<sub>b</sub></b>                     | Coefficiente de mayoración de cargas  | <b>1,300</b>   |
| $\varphi_i(^{\circ})$                    | Ángulo de fricción interno  | <b>45,000</b>  |
| $\varphi_{wh}$                           | Ángulo de rozamiento con la pared   | <b>21,801</b>  |
| $\mu$                                    | Coefficiente de rozamiento entre material y tolva   | <b>0,400</b>   |
| <b>K</b>                                 | Coefficiente de presiones laterales   | <b>0,322</b>   |
| <b>d<sub>c</sub>(m)</b>                  | dimensión característica de la sección transversal interna  | <b>2,135</b>   |
| <b>A(m<sup>2</sup>)</b>                  | Area transversal  | <b>4,637</b>   |
| <b>U(m)</b>                              | Perímetro   | <b>8,614</b>   |
| $\beta(^{\circ})$                        | Inclinación de la tolva respecto de la vertical   | <b>35,000</b>  |
| $\alpha(^{\circ})$                       | Ángulo que forma la pared de la tolva con la horizontal   | <b>55,000</b>  |
| <b>h<sub>h</sub>(m)</b>                  | Altura de la tolva desde el vértice hasta la transición   | <b>1,551</b>   |
| <b>l<sub>h</sub>(m)</b>                  | <b>Distancia inclinada desde el vértice de la tolva hasta la transición</b>   | <b>1,893</b>   |
| <b>z<sub>o</sub>(m)</b>                  | Profundidad característica de Janssen   | <b>4,177</b>   |
| <b>h<sub>o</sub>(m)</b>                  | Profundidad bajo la superficie equivalente de la base del cono superior (punto más bajo de la pared que no está en contacto con el sólido almacenado) | <b>0,534</b>   |
| <b>n</b>                                 | Potencia en el coeficiente de presiones en la tolva   | <b>-1,744</b>  |
| <b>z<sub>v</sub>(m)</b>                  | Medida de profundidad usada en la evaluación de la tensión vertical   | <b>0,355</b>   |
| <b>P<sub>vt</sub>(kg/m<sup>2</sup>)</b>  | Tensión vertical en el sólido almacenado después del llenado  | <b>248,234</b> |
| <b>P<sub>vft</sub>(kg/m<sup>2</sup>)</b> | Tensión vertical en el sólido después del llenado en la transición  | <b>322,704</b> |

Tabla 5. Parámetros de los cálculos

Las presiones de llenado calculadas según el método mencionado son:

| PRESIONES DE LLENADO |                          |                          |                          |                         |                         |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| x (m)                | pn1 (kg/m <sup>2</sup> ) | pn2 (kg/m <sup>2</sup> ) | pn3 (kg/m <sup>2</sup> ) | pn (kg/m <sup>2</sup> ) | pt (kg/m <sup>2</sup> ) |
| 0                    | 402,360                  | 138,016                  | 386,432                  | <b>524,448</b>          | <b>209,779</b>          |
| 0,436                | 402,360                  | 138,016                  | 386,432                  | <b>585,301</b>          | <b>234,120</b>          |
| 0,922                | 402,360                  | 138,016                  | 386,432                  | <b>653,131</b>          | <b>261,253</b>          |
| 1,408                | 402,360                  | 138,016                  | 386,432                  | <b>720,962</b>          | <b>288,385</b>          |
| 1,466                | 402,360                  | 138,016                  | 386,432                  | <b>729,177</b>          | <b>291,671</b>          |
| 1,893                | 402,360                  | 138,016                  | 386,432                  | <b>788,792</b>          | <b>315,517</b>          |

Tabla 6. Presiones de llenado

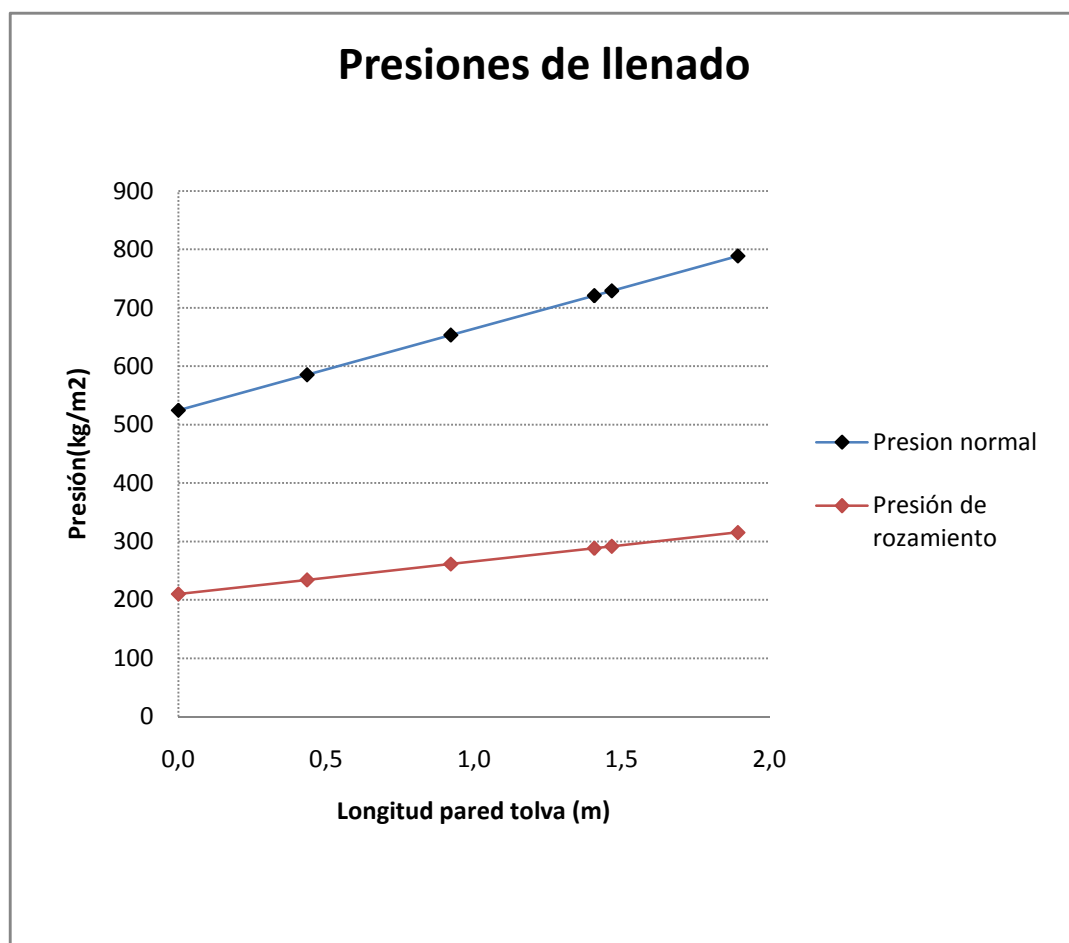


Grafico 1. Representación presiones de llenado

Las presiones de descarga teniendo en cuenta la sobrepresión son:

| PRESIONES DE DESCARGA |                        |                        |                         |
|-----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| x(m)                  | ps(kg/m <sup>2</sup> ) | pn(kg/m <sup>2</sup> ) | pt((kg/m <sup>2</sup> ) |
| 0                     | 0,000                  | 524,448                | 209,779                 |
| 0,436                 | 0,000                  | 585,301                | 234,120                 |
| 0,436                 | 0,000                  | 653,131                | 261,253                 |
| 0,436                 | 0,000                  | 720,962                | 288,385                 |
| 1,466                 | 207,939                | 937,116                | 374,846                 |
| 1,893                 | 207,939                | 996,731                | 398,693                 |

Tabla 7. Presiones de descarga

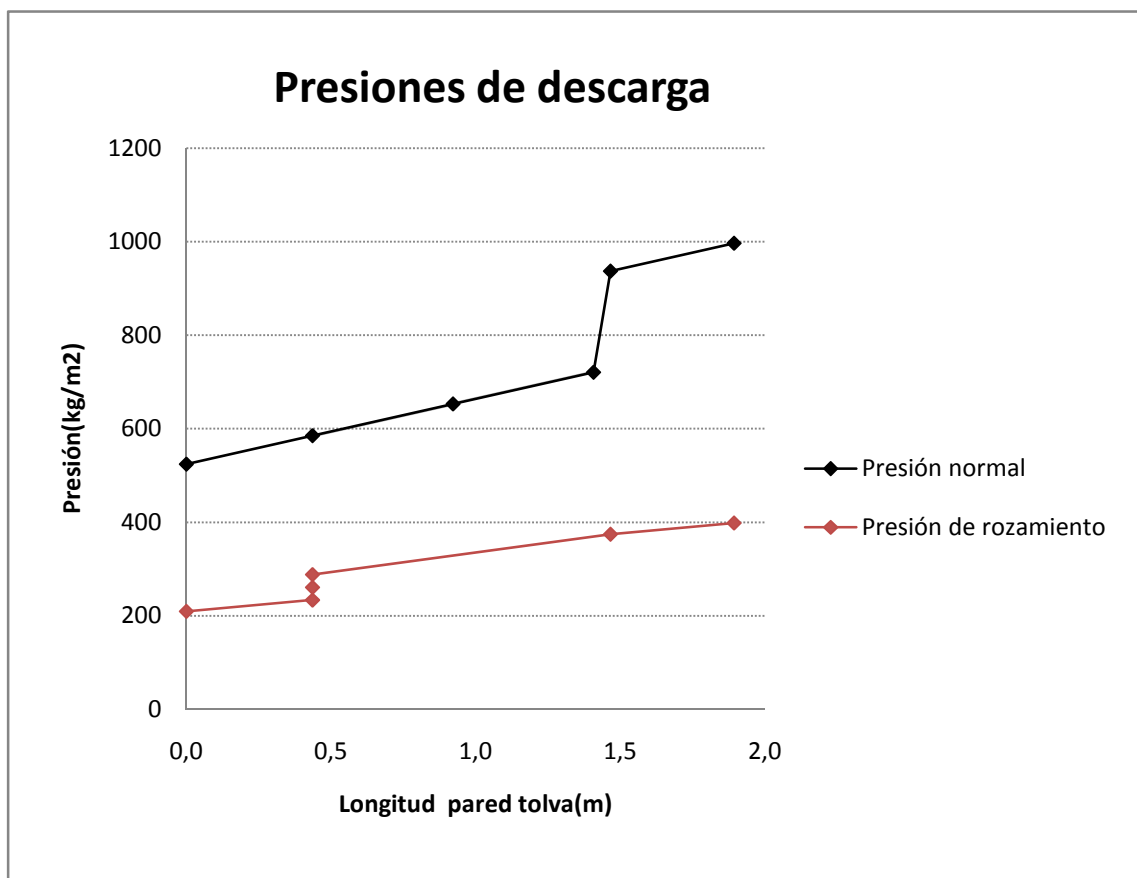


Grafico 2. Representación presiones de descarga

### 14.1.3 ESPESOR DE CHAPA

Teniendo en cuenta las sobrepresiones se calcula el espesor de la chapa necesario para la tolva.

En este caso se necesita un espesor de chapa:

$$e \geq 3,55mm$$

Finalmente se fabricará con un espesor de **6mm**, considerando un sobre-espesor adicional por el desgaste que pudiera sufrir.

Inicialmente la tolva no dispone de paredes verticales, pero por la forma en que se carga la misma (mediante pala), el material no queda confinado únicamente en la misma, pudiendo rebasar hasta en 1,086 m su altura. Este volumen adicional de mineral, puede asemejarse a una geometría piramidal (de base 2,135× 2,172 m y altura h = 1,086m) . Así las paredes verticales deberán tener una altura mínima de h/3=0,362 y su espesor será igual al resto de la tolva, 6mm Las reacciones en la zona inferior de paredes verticales, coinciden con los esfuerzos en la parte superior de la tolva.

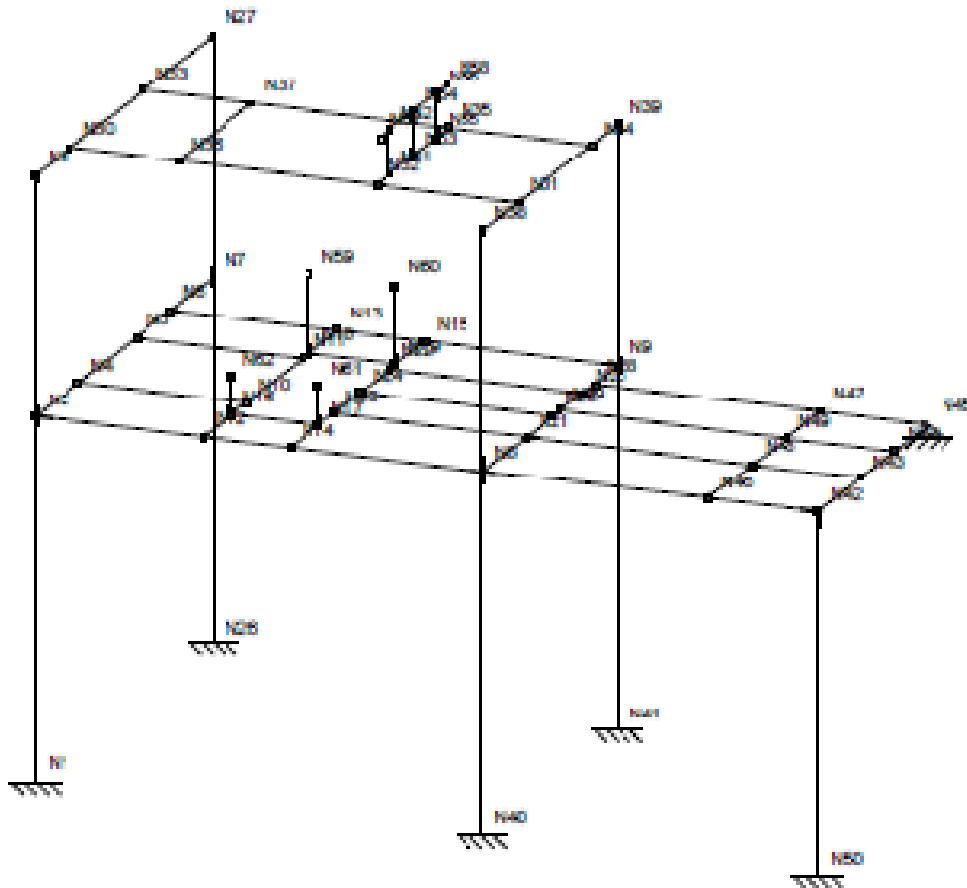
Además, Se dispondrá de montantes verticales soldados alrededor de todo el perímetro de la tolva para soportar las posibles tensiones a compresión con pandeo.

### 14.1.4 RESULTADOS FINALES ESTRUCTURA SOPORTE TOLVA

Se ha predimensionado la geometría de la bancada de soporte de los silos y las consideraciones estructurales necesarias, para posteriormente ser optimizada en cuanto a la resistencia y estabilidad con la ayuda del software informático CYPE y más concretamente mediante el CYPE 3D.

En la siguiente tabla, se describe todas y cada una de las barras que forman la estructura y se da una idea al lector de cuál es el peso global de la estructura soporte de los silos.

Todos los perfiles de la estructura son perfiles de acero laminado S275.



*Ilustración 20. Estructura plataforma*



| Tabla de medición |             |               |                |              |                           |           |
|-------------------|-------------|---------------|----------------|--------------|---------------------------|-----------|
| Material          |             | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie)  | Longitud (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Peso (kg) |
| Tipo              | Designación |               |                |              |                           |           |
| Acero laminado    | S275        | N1/N2         | IPN 450 (IPN)  | 4.800        | 0.071                     | 553.90    |
|                   |             | N2/N3         | IPN 450 (IPN)  | 3.170        | 0.047                     | 365.80    |
|                   |             | N2/N4         | HE 220 B (HEB) | 1.478        | 0.013                     | 105.58    |
|                   |             | N4/N5         | HE 220 B (HEB) | 1.912        | 0.017                     | 136.58    |
|                   |             | N5/N6         | HE 220 B (HEB) | 1.200        | 0.011                     | 85.72     |
|                   |             | N6/N7         | HE 220 B (HEB) | 1.415        | 0.013                     | 101.08    |
|                   |             | N2/N8         | HE 220 B (HEB) | 6.010        | 0.055                     | 429.32    |
|                   |             | N8/N9         | HE 220 B (HEB) | 4.590        | 0.042                     | 327.89    |
|                   |             | N6/N9         | HE 220 B (HEB) | 6.010        | 0.055                     | 429.32    |
|                   |             | N4/N10        | HE 220 B (HEB) | 2.248        | 0.020                     | 160.59    |
|                   |             | N5/N11        | HE 220 B (HEB) | 2.248        | 0.020                     | 160.59    |
|                   |             | N12/N13       | HE 220 B (HEB) | 4.590        | 0.042                     | 327.89    |
|                   |             | N14/N15       | HE 220 B (HEB) | 4.590        | 0.042                     | 327.89    |
|                   |             | N16/N17       | HE 220 B (HEB) | 1.166        | 0.011                     | 83.29     |
|                   |             | N18/N19       | HE 220 B (HEB) | 1.166        | 0.011                     | 83.29     |
|                   |             | N20/N21       | HE 220 B (HEB) | 2.596        | 0.024                     | 185.45    |
|                   |             | N22/N23       | HE 220 B (HEB) | 2.596        | 0.024                     | 185.45    |
|                   |             | N24/N25       | IPE 220 (IPE)  | 2.596        | 0.009                     | 68.06     |
|                   |             | N26/N27       | IPN 450 (IPN)  | 7.970        | 0.117                     | 919.70    |
|                   |             | N3/N27        | HE 200 B (HEB) | 6.005        | 0.047                     | 368.16    |
|                   |             | N30/N31       | HE 200 B (HEB) | 6.010        | 0.047                     | 368.46    |
|                   |             | N33/N34       | HE 200 B (HEB) | 6.010        | 0.047                     | 368.46    |
|                   |             | N32/N35       | HE 200 B (HEB) | 2.484        | 0.019                     | 152.29    |
|                   |             | N36/N37       | HE 200 B (HEB) | 2.484        | 0.019                     | 152.29    |
|                   |             | N38/N39       | HE 200 B (HEB) | 4.590        | 0.036                     | 281.41    |
|                   |             | N40/N38       | IPN 360 (IPN)  | 7.970        | 0.077                     | 606.88    |
|                   |             | N41/N39       | HE 300 B (HEB) | 7.970        | 0.119                     | 932.84    |
|                   |             | N8/N42        | IPN 360 (IPN)  | 4.502        | 0.044                     | 342.80    |
|                   |             | N21/N43       | HE 220 B (HEB) | 4.502        | 0.041                     | 321.60    |
|                   |             | N29/N44       | HE 220 B (HEB) | 4.502        | 0.041                     | 321.60    |
|                   |             | N28/N45       | HE 220 B (HEB) | 4.502        | 0.041                     | 321.60    |
|                   |             | N46/N48       | IPE 220 (IPE)  | 1.478        | 0.005                     | 38.75     |
|                   |             | N48/N49       | IPE 220 (IPE)  | 1.156        | 0.004                     | 30.31     |
|                   |             | N49/N47       | IPE 220 (IPE)  | 1.156        | 0.004                     | 30.31     |
|                   |             | N42/N45       | IPN 450 (IPN)  | 3.790        | 0.056                     | 437.35    |
|                   |             | N50/N42       | IPN 450 (IPN)  | 4.800        | 0.071                     | 553.90    |
|                   |             | N51/N52       | HE 200 B (HEB) | 0.587        | 0.005                     | 35.99     |
|                   |             | N53/N54       | HE 200 B (HEB) | 0.587        | 0.005                     | 35.99     |
|                   |             | N55/N56       | HE 200 B (HEB) | 0.587        | 0.005                     | 35.99     |
|                   |             | N57/N58       | HE 200 B (HEB) | 2.284        | 0.018                     | 140.03    |
|                   |             | N18/N59       | HE 180 B (HEB) | 1.025        | 0.007                     | 52.54     |
|                   |             | N19/N60       | HE 180 B (HEB) | 1.025        | 0.007                     | 52.54     |
|                   |             | N17/N61       | HE 180 B (HEB) | 0.509        | 0.003                     | 26.09     |
|                   |             | N16/N62       | HE 180 B (HEB) | 0.509        | 0.003                     | 26.09     |

Notación:  
Ni: Nudo inicial  
Nf: Nudo final

Tabla 8. Descripción barras

## **15. PLANIFICACION**

Se necesita llevar un correcto orden de las tareas y cumplir con todas ellas dentro del plazo de tiempo establecido.

Para la realización del proyecto se distinguen distintas fases que son:

1. Oficina técnica
2. Obra civil
3. Montaje mecánico
4. Automatización y control
5. Puesta en marcha

### **1. Oficina técnica.**

Durante esta fase se desarrolla la ingeniería básica para poder recibir las distintas ofertas de los fabricantes para el equipo mecánico como la tolva, criba y alimentador y de detalle, incluyendo los cálculos y planos necesarios.

### **2. Obra civil**

En esta fase se desarrollan las obras necesarias en la planta para poder instalar la estructura.

### **3. Montaje mecánico**

Durante esta fase se procede a la instalación de la estructura y posterior instalación de los diferentes equipos: tolva, alimentador, criba y tolva de rechazos.

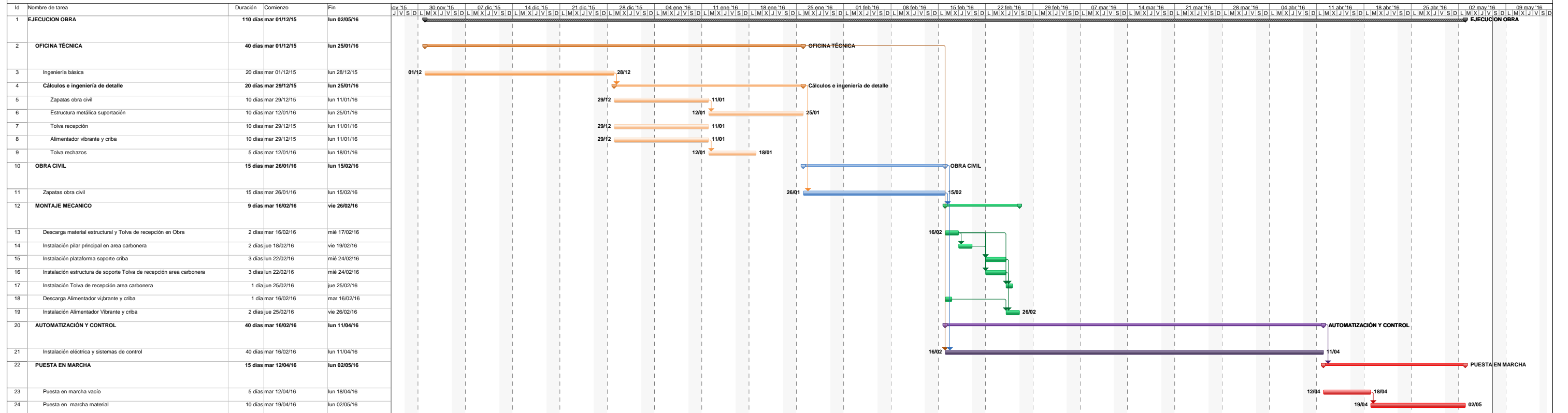
### **4. Automatización y control**

Esta fase coincide parcialmente con la fase del montaje mecánico. En ella se instalan las células de pesaje y los diferentes componentes eléctricos para el funcionamiento de la criba y el alimentador.

### **5. Puesta en marcha**

Se trata de la fase final, en la que se realizan diferentes pruebas variando el caudal (vibraciones, potencia...) tanto con material y sin él, para comprobar el funcionamiento de la instalación.

Se ha realizado un diagrama de Gantt para contrastar el tiempo de las tareas que engloba cada fase:



## **16. CONCLUSIONES**

Durante la realización del proyecto se han tratado aspectos del ámbito mecánico y de diseño, por lo que la autora ha podido poner en práctica los conocimientos adquiridos durante sus estudios de ingeniería mecánica.

Este proyecto ha servido a la autora para ampliar sus conocimientos sobre el transporte de sólidos y conocer los diferentes equipos mecánicos utilizados en este tipo de transporte.

Además, ha podido comprobar que muchas de las decisiones tomadas durante la realización del proyecto se basan en conocimientos empíricos, basados en la experiencia.

Conforme a todo lo expuesto en este documento, se consideran tanto las estructuras como la tolva de recepción, proyectadas y dimensionadas, totalmente aptas para el servicio que se les confía, habiéndose verificado su respuesta frente a las situaciones límite últimas y de servicio con resultados satisfactorios, y siempre habiéndose adoptado los márgenes de seguridad adecuados.

El resultado final ha sido satisfactorio para todas las partes involucradas en el proyecto, la autora, la empresa donde se han realizado las prácticas y el cliente.

## II. ANEXOS

---



## ÍNDICE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| ANEXO 1: CÁLCULOS.....                    | 61  |
| ANEXO 2: ANÁLISIS COQUE .....             | 121 |
| ANEXO 3: MANUALES DE INSTRUCCIONES .....  | 127 |
| ANEXO 4: MODELADO 3D .....                | 157 |
| ANEXO 5: NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD..... | 165 |





# ANEXO 1: CÁLCULOS

---



---

# INDICE ANEXO 1: CÁLCULOS

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.      | CÁLCULOS TOLVA .....  | 67 |
| 1.1     | CAPACIDAD .....   | 67 |
| 1.2     | CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES .....                                 | 69 |
| 1.2.1   | ACCIONES GRAVITATORIAS .....  | 69 |
| 1.2.2   | ACCIONES TÉRMICAS .....   | 69 |
| 1.2.3   | SOBRECARGAS DE USO .....  | 70 |
| 1.2.3.1 | Presiones de llenado .....  | 71 |
| 1.2.3.2 | Presión de descarga .....   | 74 |
| 1.3     | CÁLCULO ESPESOR DE CHAPA .....                                      | 77 |
| 2.      | CÁLCULOS ESTRUCTURALES .....  | 79 |
| 2.1     | METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS .....          | 79 |
| 2.1.1   | ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PROCESO DE DIMENSIONADO .....                | 79 |
| 2.1.2   | CÁLCULOS CON ORDENADOR .....  | 80 |
| 2.2     | CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD ..... | 81 |
| 2.2.1   | ACERO ESTRUCTURAL .....   | 81 |
| 2.2.2   | HORMIGÓN ARMADO .....   | 82 |
| 2.2.3   | CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN .....                    | 84 |
| 2.2.3.1 | Selección de ambientes .....  | 84 |
| 2.3     | CÁLCULOS ESTRUCTURA SOPORTE .....                                   | 85 |
| 2.3.1   | ACCIONES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO .....                           | 85 |
| 2.3.1.1 | Acciones permanentes .....  | 85 |
| 2.3.1.2 | Acciones variables .....  | 85 |
| 2.3.1.3 | Acciones accidentales .....   | 85 |
| 2.3.2   | GEOMETRÍA Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA .....   | 86 |
| 2.3.2.1 | Definición y disposición de barras .....                            | 86 |
| 2.3.2.2 | Pandeo .....  | 88 |
| 2.3.2.3 | Uniones .....   | 89 |
| 2.3.2.4 | Cimentación .....   | 90 |
| 2.3.3   | LISTADOS DE CÁLCULO .....   | 91 |



---

## INDICE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| <i>Ilustración 1. Geometría inicial de la tolva</i> .....   | 67 |
| <i>Ilustración 2. Formas de silo con notación de las dimensiones y presiones.</i> .....           | 70 |
| <i>Ilustración 3. Distribución de presiones de llenado sobre tolvas agudas y aplanadas.</i> ..... | 72 |
| <i>Ilustración 4. Método alternativo para las cargas en la tolva.</i> .....                       | 72 |
| <i>Ilustración 5. Distribución de presiones</i> .....   | 76 |
| <i>Ilustración 6. Carga perpendicular en las paredes de la tolva.</i> .....                       | 77 |
| <i>Ilustración 7. Vista 3D plataforma y estructura soporte tolva</i> .....                        | 87 |
| <i>Ilustración 8. Condiciones según apoyos en los extremos</i> .....                              | 88 |
| <i>Ilustración 9. Placa de anclaje</i> .....  | 89 |
| <i>Ilustración 10. Cimentación</i> .....  | 90 |

## INDICE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Datos Tolva de recepción</i> .....                    | 67 |
| <i>Tabla 2. Parámetros de los cálculos</i> .....                  | 75 |
| <i>Tabla 3. Propiedades acero estructural</i> .....               | 82 |
| <i>Tabla 4. Propiedades hormigón</i> .....                        | 83 |
| <i>Tabla 5. Propiedades armaduras</i> .....                       | 83 |
| <i>Tabla 6. Características estructuras hormigón armado</i> ..... | 84 |
| <i>Tabla 7. Perfiles de acero S275</i> .....                      | 87 |



# 1. CÁLCULOS TOLVA

## 1.1 CAPACIDAD

La geometría de la tolva que se instala es la siguiente:

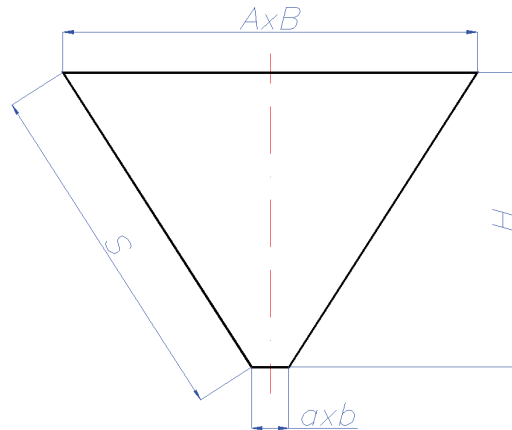


Ilustración 1. Geometría inicial de la tolva

$$V = \frac{Hx((a \times b) + (A \times B) + \sqrt{((A \times B) \times (a \times b))})}{3}$$

$$A = (A + a) \times S_a + (B + b) \times S_b$$

| DATOS                |       |
|----------------------|-------|
| A (m)                | 2,172 |
| B (m)                | 2,135 |
| a (m)                | 0,500 |
| b (m)                | 0,460 |
| H (m)                | 1,204 |
| $\alpha$ (°)         | 55    |
| LONGITUD PARED TOLVA |       |
| $S_a$ (m)            | 1,466 |
| $S_b$ (m)            | 1,467 |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| <b>VOLUMEN (m3)</b> | 2,368 |
| <b>AREA (m2)</b>    | 7,722 |

Tabla 1. Datos Tolva de recepción

El material al ser almacenado en la tolva podrá rebasar el borde. Sabiendo que el ángulo de fricción del material es de  $45^\circ$ , la altura que podrá alcanzar el material será de:

$$h_{mat} = \frac{2,172}{2} \cdot \tan 45 = 1,086m$$

Se instala una pared vertical alrededor del perímetro de la boca de entrada que deberá ser al menos de:

$$\frac{h_{mat}}{3} = 0,36m$$

Por tanto, al volumen de la tolva se deberá sumar el volumen que puede almacenarse en la parte superior, este volumen adicional se asemeja a una forma piramidal de base  $2,172m \times 2,135m$  y  $1,086m$  de altura.

$$V_{adicional} = \frac{2,135 \times 2,172}{3} \times 1,086 = 1,679 m^3$$

$$V_{total} = V_{tolva} + V_{adicional} = 2,368 + 1,679 = 4,05m^3 \approx 4m^3$$

La capacidad de la instalación es de **30 Tn/h**.

La tolva tiene una capacidad de:

$$Capacidad = 4m^3 \times 0,7 \frac{Tn}{m^3} = 2,8 Tn$$

Siendo  $0,7 Tn/m^3$  la densidad del material.

Así, la tolva deberá ser cargada un número exacto de veces para abastecer a los generadores:

$$30 \frac{Tn}{h} \times \frac{1}{2,8Tn} = 10,7 veces cada hora \approx \mathbf{11 veces cada hora}$$

Como la cuchara tiene un volumen de  $4m^3$ , con una carga de esta se cargará la tolva al completo.



## 1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES

La tolva se encuentra bajo cubierta, por lo que no se considera la sobrecarga de nieve ni la carga de viento.

Las acciones que se consideraran en los cálculos son las siguientes:

### 1.2.1 ACCIONES GRAVITATORIAS

- El peso propio de la estructura. Como se ha mencionado anteriormente la tolva está fabricada de acero laminado S275JR.
- El peso del material contenido en la tolva, coque.

### 1.2.2 ACCIONES TÉRMICAS

El material sufre una dilatación debido al aumento de la Tª. Al bajar la Tª se anula el alargamiento y el material intenta volver a su estado inicial pero el material almacenado lo impide parcialmente y se produce una compresión. Esta tensión en la chapa se sumará a las otras tensiones calculadas y se expresa mediante la expresión:

$$n' = \frac{E\alpha\Delta t}{3}$$

E = 210.000 N/mm<sup>2</sup> es el módulo de elasticidad

A = 1,2 · 10<sup>-5</sup> °C es el coeficiente de dilatación térmica

Se considerará una variación máxima de temperatura de 15° entre dos ciclos de carga y descarga consecutivos en la tolva, así se obtiene:

$$n' = \frac{(2,1 \cdot 10^6) \cdot (1,2 \cdot 10^{-5}) \cdot 15^\circ}{3} = 126 \text{ kg/cm}^2$$

### 1.2.3 SOBRECARGAS DE USO

Este estudio tiene por objeto el dimensionado de una tolva destinada a carga de coque de petróleo a una cinta transportadora. La materia almacenada produce una presión sobre las paredes de la tolva. Esta presión es transmitida a los elementos de soporte de la tolva y a los refuerzos de la chapa.

Dicho análisis de cargas se realiza a partir de la norma UNE-ENV 1991-4 (EUROCÓDIGO 1, Parte 4: Acciones en silos y depósitos)

**La norma destaca que la tolva deberá ser proyectada tanto para la condición de llenado como para la de descarga.**

Las siguientes limitaciones relativas de los sistemas de carga y descarga se aplican a las reglas de cálculo para silos:

- En el llenado solo se producen efectos de inercia y cargas de impacto despreciables;
- Cuando se utilizan dispositivos de descarga (por ejemplo alimentadores o tubos de flujo internos) el flujo es regular y centrado.

En este caso se utiliza un alimentador vibrante dotado con un pico gualdera, por lo que el flujo será regular y centrado.

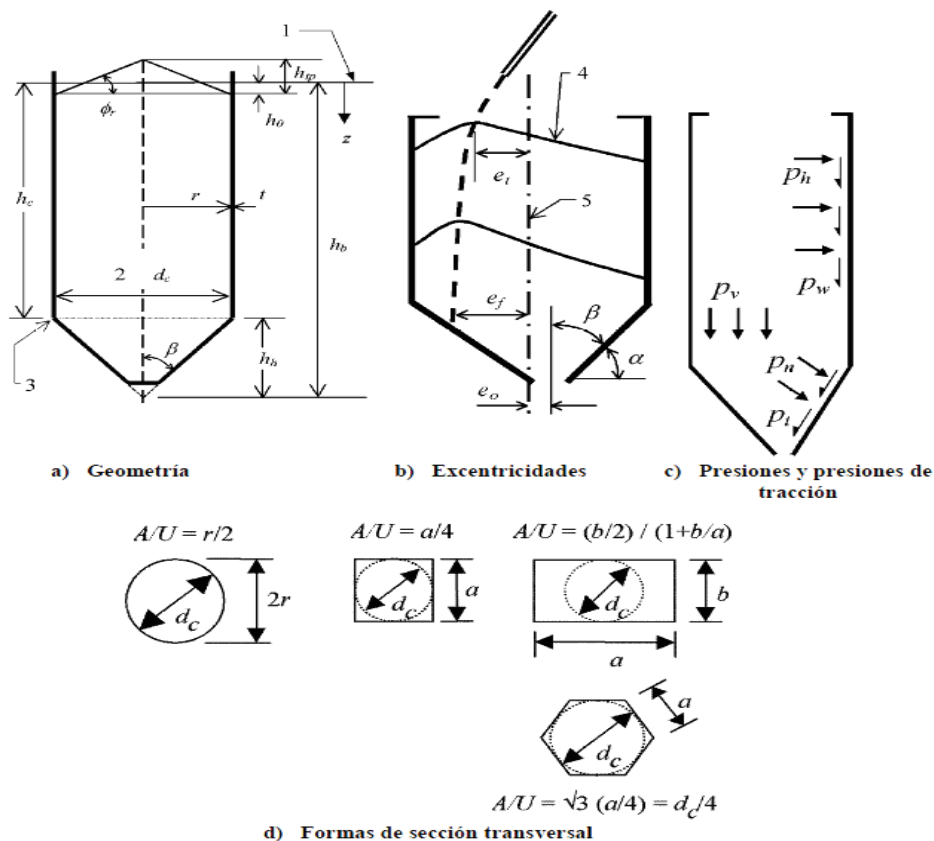


Ilustración 2. Formas de silo con notación de las dimensiones y presiones.

### 1.2.3.1 Presiones de llenado

En este documento se utiliza el método alternativo disponible en el Eurocódigo 1 para el cálculo de las presiones.

La norma define **tolva** como el fondo de un silo con paredes inclinadas.

Según el Capítulo 6 de la norma:

Las cargas sobre las paredes de la tolva deben evaluarse en función de la inclinación de la tolva distinguiéndose las siguientes clases:

- Un fondo plano debe tener una inclinación respecto de la horizontal a menor que 5°;
- Una tolva aplanada debe ser aquella tolva que no puede clasificarse ni como fondo plano ni como aguda;
- Una tolva aguda debe ser una tolva que satisface el siguiente criterio:

$$\tan \beta < \frac{1-K}{2\mu_h} \quad ec.1$$

$K$ : es el valor característico del coeficiente de presiones laterales;

$$K = 1,1 \cdot (1 - \sin \varphi_r) = 0,322$$

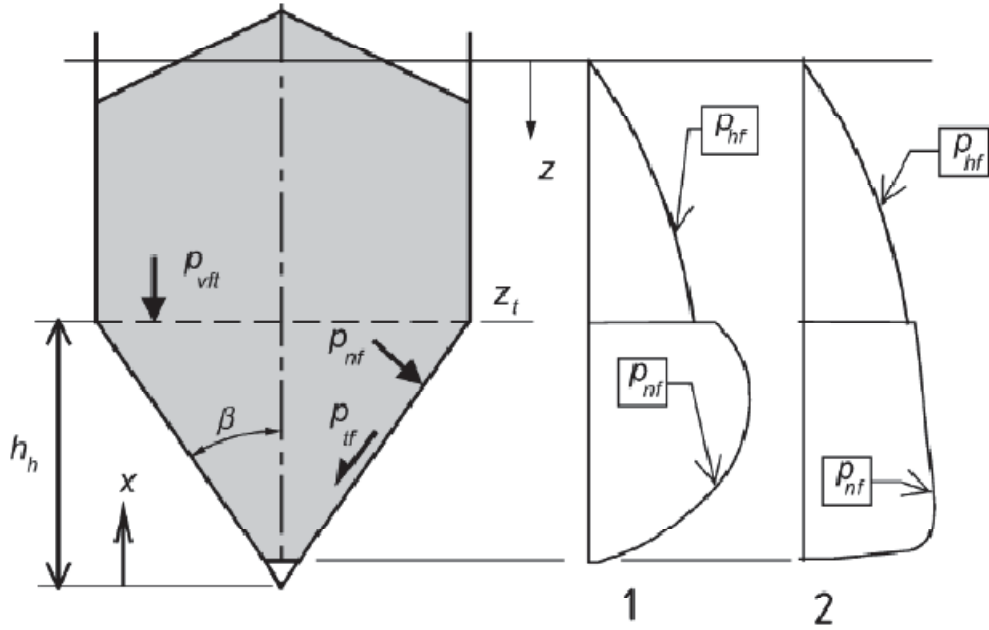
$\varphi_r$ ; es el ángulo de fricción interno;

$\beta$  es el semiángulo del vértice de la tolva;

$\mu_h$ ; es el valor característico del coeficiente de rozamiento con la pared de la tolva.

En nuestro caso se trata de una tolva aguda ya que se cumple la *ec.1*

$$\tan 35^\circ = 0,7 < \frac{1-K}{2\mu_h} = \frac{1-0,322}{2,0,4} = 0,8475$$



Leyenda:

1 tolva aplanada

2 tolva aguda

Ilustración 3. Distribución de presiones de llenado sobre tolvas agudas y aplanadas

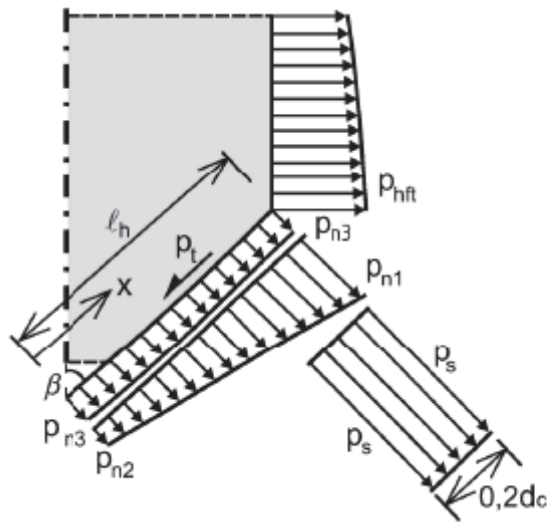


Ilustración 4. Método alternativo para las cargas en la tolva

$p_{ni}$ : presión normal a la pared inclinada de la tolva

$p_t$ : presión de rozamiento sobre la pared inclinada

- **Presión perpendicular de llenado**

La tolva tiene forma tronco-piramidal, y está compuesta por cuatro paredes de chapa de forma trapezoidal.

Cuando  $\alpha > 20^\circ$  (ángulo que forma la pared de la tolva con la horizontal, en este caso  $\alpha = 55^\circ$ ) la presión perpendicular a la pared inclinada de la tolva a cualquier altura se calcula como sigue:

$$P_n = P_{n3} + P_{n2} + (P_{n1} - P_{n2}) \cdot \frac{x}{l_h}$$

Donde:

$$P_{n1} = P_{vft} \cdot (C_b \cdot \text{sen}^2(\beta) + \text{cos}^2(\beta)) = 402,360 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{n2} = C_b \cdot P_{vft} \cdot \text{sen}^2(\beta) = 138,016 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{n3} = 3 \frac{A}{U} \frac{\gamma K}{\sqrt{\mu_h}} \text{cos}^2(\beta) = 386,432 \text{ kg/m}^2$$

siendo:

$x = 1,893\text{m}$ ; es la longitud comprendida entre 0 y  $l_h$  (véase ilustración 4).

$p_{n1}$ ,  $p_{n2}$  definen presiones en la tolva debidas a la presión vertical del material almacenado en la transición;

$p_{n3}$  es la presión en la tolva debida al sólido contenido en la misma;

$C_b = 1,3$ ; es el coeficiente de mayoración de cargas en el fondo, según Eurocódigo;

$\mu_h = 0,4$ ; es el valor característico del coeficiente de rozamiento con la pared de la tolva;

$K$  es el valor del coeficiente de presiones laterales calculado anteriormente;

$A$  es el área plana de la sección transversal del segmento de pared vertical;

$U$  es el perímetro interior de la sección transversal plana del segmento de pared vertical;

$P_{vft}$  es la presión vertical  $P_{vf}$  que actúa a la altura de la transición después del llenado, calculado mediante expresión:

$$p_{vft} = \gamma \cdot z_v$$

Siendo:

$$z_v = h_0 - \frac{1}{(n+1)} \left( z_0 - h_0 - \frac{(z + z_0 - 2 \cdot h_0)^{n+1}}{(z_0 - h_0)^n} \right)$$

$$n = -(1 + \tan \varphi_r) \cdot \left( 1 - \frac{h_0}{z_0} \right)$$

$$z_0 = \frac{1}{K \cdot \mu_h} \frac{A}{U}$$

Para una tolva de sección rectangular:

$$h_0 = \frac{d_c}{4} \cdot \tan \varphi_r$$

$h_0$  : profundidad bajo la superficie equivalente de la base del cono superior (punto más bajo de la pared que no está en contacto con el sólido almacenado).

$d_c$  : dimensión característica de la sección transversal interna.

- **Presión de rozamiento**

Una vez calculado  $P_n$  el valor de la presión de rozamiento con la pared  $P_t$  viene dado por:

$$P_t = P_n \cdot \mu_h$$

### 1.2.3.2 Presión de descarga

En tolvas con flujo másico se aplica una presión normal fija adicional, la presión punta  $p_s$  (véase *Ilustración 4*) sobre una distancia inclinada de  $0,2d_c$ , bajo la pared de la tolva y alrededor de todo su perímetro:

$$p_s = 2Kp_{vft}$$

Esta presión se añadirá a la presión normal calculada para el llenado en el intervalo desde  $l_h$  hasta  $l_h - 0,2d_c$ . Una vez calculada la presión normal añadiendo esta sobrepresión, la presión de rozamiento durante la descarga se calcula de la misma forma que durante el llenado.

A continuación se muestra una tabla resumen de los parámetros calculados y utilizados para el cálculo de las distintas presiones:

| SIMBOLO                                  | DESCRIPCIÓN   | VALOR          |
|--|---|----------------|
| $\gamma(\text{kg/m}^3)$                  | Peso específico del material  | <b>700,000</b> |
| <b>C<sub>b</sub></b>                     | Coefficiente de mayoración de cargas  | <b>1,300</b>   |
| $\varphi_i(^{\circ})$                    | Ángulo de fricción interno  | <b>45,000</b>  |
| $\varphi_{wh}$                           | Ángulo de rozamiento con la pared   | <b>21,801</b>  |
| $\mu$                                    | Coefficiente de rozamiento entre material y tolva   | <b>0,400</b>   |
| <b>K</b>                                 | Coefficiente de presiones laterales   | <b>0,322</b>   |
| <b>d<sub>c</sub>(m)</b>                  | dimensión característica de la sección transversal interna  | <b>2,135</b>   |
| <b>A(m<sup>2</sup>)</b>                  | Area transversal  | <b>4,637</b>   |
| <b>U(m)</b>                              | Perímetro   | <b>8,614</b>   |
| $\beta(^{\circ})$                        | Inclinación de la tolva respecto de la vertical   | <b>35,000</b>  |
| $\alpha(^{\circ})$                       | Ángulo que forma la pared de la tolva con la horizontal   | <b>55,000</b>  |
| <b>h<sub>h</sub>(m)</b>                  | Altura de la tolva desde el vértice hasta la transición   | <b>1,551</b>   |
| <b>l<sub>h</sub>(m)</b>                  | Distancia inclinada desde el vértice de la tolva hasta la transición  | <b>1,893</b>   |
| <b>z<sub>0</sub>(m)</b>                  | Profundidad característica de Janssen   | <b>4,177</b>   |
| <b>h<sub>0</sub>(m)</b>                  | Profundidad bajo la superficie equivalente de la base del cono superior (punto más bajo de la pared que no está en contacto con el sólido almacenado) | <b>0,534</b>   |
| <b>n</b>                                 | Potencia en el coeficiente de presiones en la tolva   | <b>-1,744</b>  |
| <b>z<sub>v</sub>(m)</b>                  | Medida de profundidad usada en la evaluación de la tensión vertical   | <b>0,355</b>   |
| <b>P<sub>vf</sub>(kg/m<sup>2</sup>)</b>  | Tensión vertical en el sólido almacenado después del llenado  | <b>248,234</b> |
| <b>P<sub>vft</sub>(kg/m<sup>2</sup>)</b> | Tensión vertical en el sólido después del llenado en la transición  | <b>322,704</b> |

Tabla 2. Parámetros de los cálculos

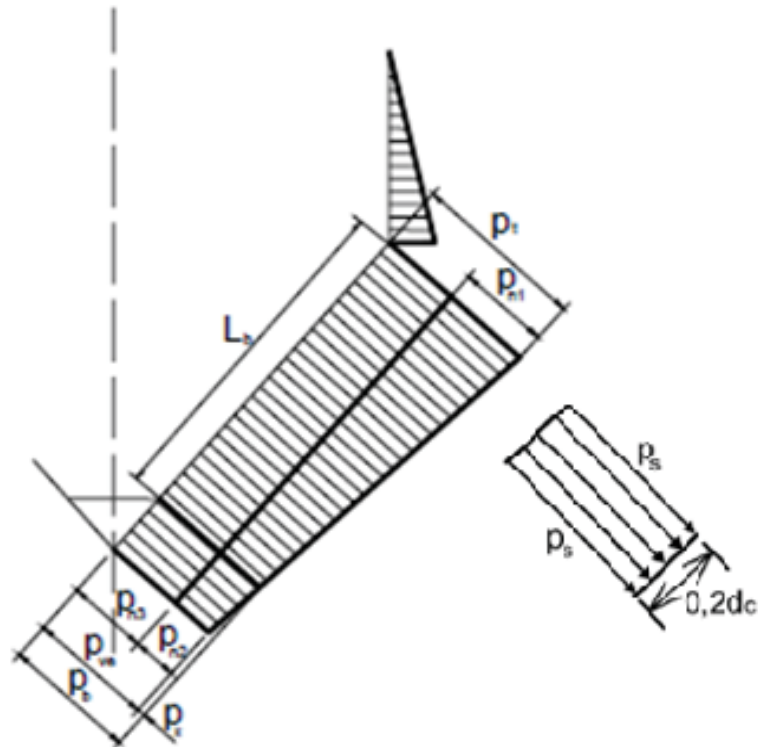


Ilustración 5. Distribución de presiones

Como se puede observar en la Ilustración 5:

- la presión en la zona de transición será:

$$p_t = p_{n3} + p_{n1} + p_s = 996,73 \text{ kg/m}^2$$

- en el vértice será:

$$p_{ve} = p_{n3} + p_{n2} = 524,488 \text{ kg/m}^2$$

La longitud de la pared de la tolva es:  $L_{ve} = 1,893 \text{ m}$

La longitud hasta la boca de la tolva es:  $L_b = 1,457 \text{ m}$

La presión correspondiente a la boca de la tolva se obtendrá por semejanza de triángulos:

$$p_b = p_{ve} + p_x = 585,37 \text{ kg/m}^2$$

$$p_x = \frac{(p_{n1} - p_{n2})(L_{ve} - L_b)}{L_{ve}} = 60,88 \text{ kg/m}^2$$

Conocidas las presiones en la transición y en la boca de la tolva queda determinada la carga trapezoidal que actúa sobre la pared inclinada de la tolva.



### 1.3 CÁLCULO ESPESOR DE CHAPA

Como se ha mencionado anteriormente la tolva estará fabricada de acero laminado S275. Se elige este acero ya que es resistente al material almacenado y resulta económico. Los parámetros de este acero necesarios para los cálculos son:

Módulo de elasticidad:  $E=210000\text{N/mm}^2$ ;

Densidad:  $\gamma=7850\text{Kg/m}^3$ ;

Tensión máxima admisible:  $f_y=275\text{N/mm}^2$ ;

Coefficiente de seguridad:  $\gamma_m=1,1$ ; (según el eurocódigo 3)

Tensión máxima admisible para cálculo  $f_{yd}=f_y/\gamma_m=275/1,1=250\text{N/mm}^2=2551,02\text{Kg/cm}^2$

Para el cálculo del espesor de la chapa se considera una sección de chapa de 1m de ancho por 1,457m de largo. Esta estará apoyada en sus extremos por dos apoyos articulados y en la mitad por otro apoyo articulado correspondiente al refuerzo que forma un marco horizontal a lo largo del perímetro de la tolva a media altura.

La carga que se situará en dicha viga para el cálculo consistirá en una carga distribuida trapezoidal obtenida por semejanza de triángulos a partir de los valores calculados anteriormente:

$$q_1 = 585,37\text{ kg/m}$$

$$q_2 = 996,73\text{ kg/m}$$

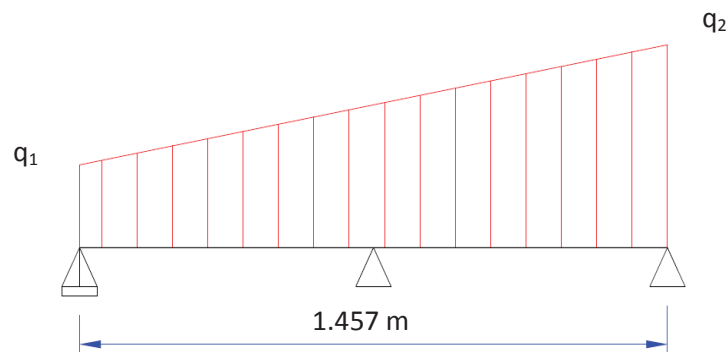


Ilustración 6. Carga perpendicular en las paredes de la tolva

El momento flector máximo es calculado mediante el software Cype 3D, y aparece a una distancia de 1,09m, es decir en la parte media de la segunda mitad de la viga. El valor de este es:

$$Mf = 0.05T \cdot m = 5000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

La ley de Navier determina que la tensión máxima en la viga debida a la flexión es:

$$\sigma = \frac{Mf}{I} \cdot y_{\text{máx}}$$

El valor del momento de inercia responde a la siguiente expresión:

$$I = \frac{100 \cdot e^3}{12} (\text{cm}^4)$$

Sustituyendo, la fórmula de Navier queda como:

$$\sigma = \frac{6 \cdot Mf}{100 \cdot e^2} \left( \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

La tensión máxima es el resultado de restarle a la tensión admisible para el cálculo la tensión por variación de temperatura calculada anteriormente. Por tanto, la tensión máxima será:

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_{\text{adm}} - n' = 2551,02 - 126 = 2425,02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Conocidos el momento flector máximo y la máxima tensión admisible se puede conocer el valor mínimo para el espesor:

$$\frac{6Mf}{100 \cdot e^2} \leq \sigma_{\text{max}} \rightarrow e \geq \sqrt{\frac{6Mf}{100 \cdot \sigma_{\text{max}}}} \rightarrow e \geq 3,55 \text{ mm}$$

Según los resultados obtenidos, y considerando un sobre-espesor adicional justificado por el desgaste que pudiera sufrir la tolva en su periodo de vida útil, **se adopta un espesor de 6 mm para las chapas de acero S 275JR de las paredes de la tolva.**

## 2. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

### 2.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS

#### 2.1.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y PROCESO DE DIMENSIONADO

El proceso para el dimensionado es el siguiente:

- Determinación de las situaciones de dimensionados determinantes.
- Establecimiento de las acciones a adoptar y los modelos estructurales adecuados.
- Realización de análisis estructural adoptando métodos de cálculo adecuados.
- Verificación de que no se sobrepasan los estados límites para las situaciones de dimensionado.

Las situaciones de dimensionado se pueden clasificar en:

- PERSISTENTES: Se refieren a las condiciones normales de uso.
- TRANSITORIAS: Se refieren a las condiciones que se aplican durante un tiempo limitado.
- EXTRAORDINARIAS: Se refieren a las condiciones excepcionales en las que se puede encontrar o estar expuesta la estructura.

El método de comprobación es el de Estado Límite para un periodo de servicio de 50 años. El estado límite se refiere a las situaciones que de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple con alguno de los requisitos estructurales para los que se ha diseñado.

Las hipótesis de cálculo que se contemplan en el proyecto son:

- En las secciones transversales de los elementos se supone que se cumple la hipótesis de Bernouilli, es decir, que permanecen planas después de la deformación.
- Para la estructura de acero se considera un diagrama tensión-deformación simplificado elasto-plástico en función de la clasificación de las secciones.
- 

La verificación de la estabilidad y resistencia se realiza a partir de:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad E_{d,dst}: \text{valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.}$$

$$E_{d,stab}: \text{valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.}$$

$$E_d \leq R_d \quad E_d: \text{valor de cálculo del efecto de las acciones.}$$

$R_d$ : valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

La verificación de la aptitud al servicio se realiza a partir de:

$$E_d \leq C_d$$

$E_d$ : valor de cálculo del efecto de las acciones.

$C_d$ : valor de cálculo admisible para el estado límite.

### **2.1.2 CÁLCULOS CON ORDENADOR**

El cálculo de la estructura se ha realizado con ayuda de ordenador, empleando el programa informático Cype, Metal 3d.

En los siguientes apartados se muestran los datos introducidos en el programa.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD

### 2.2.1 ACERO ESTRUCTURAL

Se indican a continuación las características mecánicas consideradas en el cálculo para los elementos estructurales de acero laminado, tales como secciones de perfiles comerciales, perfiles de sección armada y chapas:

| Tipo de acero                      | S 275                        |          |                   |
|------------------------------------|------------------------------|----------|-------------------|
| Límite elástico                    | $f_y$ ( $t \leq 16$ mm)      | 275      | N/mm <sup>2</sup> |
|                                    | $f_y$ ( $16 < t \leq 40$ mm) | 265      | N/mm <sup>2</sup> |
|                                    | $f_y$ ( $40 < t \leq 63$ mm) | 255      | N/mm <sup>2</sup> |
| Densidad                           | $\rho$                       | 7.850    | kg/m <sup>3</sup> |
| Resistencia a la rotura            | $f_u$                        | 410      | N/mm <sup>2</sup> |
| Módulo elástico                    | E                            | 210.000  | N/mm <sup>2</sup> |
| Módulo transversal                 | G                            | 81.000   | N/mm <sup>2</sup> |
| Coefficiente de Poisson            | $\nu$                        | 0,3      | -                 |
| Coefficiente de dilatación térmica | $\alpha$                     | 0,000012 | °C <sup>-1</sup>  |

Tabla 3. Propiedades acero estructural

#### COEFICIENTES DE SEGURIDAD DEL MATERIAL:

- Coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material  $\gamma_{m0}=1,05$
- Coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad  $\gamma_{m1}=1,05$
- Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección y a la resistencia de los medios de unión  $\gamma_{m2}=1,25$
- Coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en estado límite de servicio  $\gamma_{m3}=1,1$
- Coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en estado límite último  $\gamma_{m3}=1,25$
- Coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobre medida  $\gamma_{m3}=1,4$

## 2.2.2 HORMIGÓN ARMADO

### HORMIGÓN

| Tipo de hormigón                           | HA-25/B/20/IIa+Qa |         |                   |
|--|-------------------|---------|-------------------|
| Nivel de control                           | Estadístico       |         |                   |
| Consistencia                               | Blanda            |         |                   |
| Tamaño máximo de árido                     | 20mm              |         |                   |
| Ambiente                                   | IIa+Qa            |         |                   |
| Coefficiente de Seguridad                  | $\gamma_c$        | 1,5     | N/mm <sup>2</sup> |
| Resistencia a compresión                   | $f_{ck}$          | 25      | N/mm <sup>2</sup> |
| Resistencia media a la tracción            | $f_{ct,m}$        | 2,50    | N/mm <sup>2</sup> |
| Resistencia de cálculo a compresión        | $f_{cd}$          | 16,66   | N/mm <sup>2</sup> |
| Resistencia de cálculo media a la tracción | $f_{ct,m,d}$      | 1,66    | N/mm <sup>2</sup> |
| Coefficiente de Poisson                    | $\nu$             | 0,2     |                   |
| Coefficiente de dilatación térmica         | $\alpha$          | 0.00001 | °C <sup>-1</sup>  |

Tabla 4. Propiedades hormigón

### ARMADURAS PASIVAS EN BARRAS

| Tipo de acero                      | B-500-SD   |        |                   |
|------------------------------------|------------|--------|-------------------|
| Nivel de control                   | Normal     |        |                   |
| Coefficiente de Seguridad          | $\gamma_c$ | 1,5    | N/mm <sup>2</sup> |
| Límite elástico                    | $f_y$      | 500    | N/mm <sup>2</sup> |
| Resistencia de cálculo             | $f_{yd}$   | 434    | N/mm <sup>2</sup> |
| Carga unitaria a rotura            | $f_s$      | >574   | N/mm <sup>2</sup> |
| Módulo de deformación longitudinal | $E_s$      | 200000 | N/mm <sup>2</sup> |

Tabla 5. Propiedades armaduras

| ESTRUCTURAS DE HORMIGON EN MASA, ARMADO O PRETENSADO CUADRO DE CARACTERÍSTICAS ADECUADO A LA INSTRUCCIÓN “EHE-08” |  |  |                           |   |   |                     |                  |
|---|--|--|---------------------------|---|---|---------------------|------------------|
| HORMIGON  |  |  |                           |   |   |                     |                  |
| Elementos estructurales   | Tipo de hormigón   | Nivel de Control   | Recubrimiento nominal(mm) | Coeficientes parciales de seguridad( $\gamma_c$ ) |   |                     |                  |
| Toda la obra  | HA-25/B/20/IIa+Qa  | Estadístico  | 50                        | Situación persistente                             |   |                     |                  |
| -   | -  | -  | -                         | 1,5   |   |                     |                  |
| -   | -  | -  | -                         | Situación accidental                              |   |                     |                  |
| -   | -  | -  | -                         | 1,3   |   |                     |                  |
| ACERO   |  |  |                           |   |   |                     |                  |
| Elementos estructurales   | Tipo de acero  | Todo el acero a emplear en las armaduras vendrá acompañado de los certificados de conformidad con la Instrucción EHE-08.<br>Los productos para los que sea exigible el marcado CE vendrán acompañados por la documentación acreditativa correspondiente. |                           |   | Coeficientes parciales de seguridad( $\gamma_s$ ) |                     |                  |
| Toda la obra  | B 500-SD   |  |                           |   | Situación persistente                             |                     |                  |
| -   | -  |  |                           |   | 1,15  |                     |                  |
| -   | -  |  |                           |   | Situación accidental                              |                     |                  |
| -   | -  |  |                           |   | 1   |                     |                  |
| EJECUCIÓN   |  |  |                           |   |   |                     |                  |
| Nivel de control de la ejecución  | Coeficientes parciales de seguridad para la comprobación de Estados Límite Últimos |  |                           |   |   |                     |                  |
|   | Tipo de acción   | Situación persistente  |                           | Situación persistente                             |   | Cimentación         |                  |
| normal  |  |  | Efecto favorable          | Efecto desfavorable                               | Efecto favorable                                  | Efecto desfavorable | Efecto favorable |
|   | Variable   | $\gamma_Q=0,00$  | $\gamma_Q=1,50$           | $\gamma_Q=0,00$                                   | $\gamma_Q=1,00$                                   | $\gamma_G=0,00$     | $\gamma_G=1,50$  |
|   | Permanente   | $\gamma_G=1,00$  | $\gamma_G=1,35$           | $\gamma_G=1,00$                                   | $\gamma_G=1,00$                                   | $\gamma_G=1,00$     | $\gamma_G=1,35$  |

Tabla 6. Características estructuras hormigón armado

### **2.2.3 CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO DE CIMENTACIÓN**

A nivel de cálculo, considerando el terreno existente en la zona donde se va a ubicar la estructura y la profundidad a la que se situará la cimentación, se adopta una cimentación superficial con una tensión admisible para el terreno de 0,14 MPa (1,4 kg/cm<sup>2</sup>), que se ajusta a lo establecido para arcilla firme o arena medianamente densa.

Desde la cara inferior de la zapata se alcanzará el nivel de apoyo en el terreno competente mediante el vertido de una solera de asiento, de espesor mínimo 10 cm.

#### **2.2.3.1 Selección de ambientes**

Se ha seleccionado para la totalidad de la obra el ambiente tipo Ila+Qa  
Es válido para elementos de cimentación en general (Ila) y para ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (Qa).



## 2.3 CÁLCULOS ESTRUCTURA SOPORTE

### 2.3.1 ACCIONES CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO

Esta debe soportar las acciones a las que está sometida que son:

#### 2.3.1.1 Acciones permanentes

- Peso propio de la estructura.
  - Acero estructural: **7850kg/m<sup>3</sup>**
- Cargas muertas:
  - Estructura tolva y alimentador vibrante **1500kg / 3 apoyos= 500 kg apoyo**
  - Estructura tolva de recogida de finos **500kg**
  - Peso rejilla en la plataforma **40kg/m<sup>2</sup>**
  - Cargas criba **233kg/pata trasera-190kg/pata delantera**

#### 2.3.1.2 Acciones variables

- Sobrecarga de uso de las plataformas **500kg/m<sup>2</sup>**
- Peso del coque almacenado en la tolva **3000kg/3apoyos=1000kg/apoyo**
- Reacciones de la criba (facilitadas por el fabricante):
  - **363 kg** dirección vertical en cada una de las 2 patas traseras.
  - **100 kg** dirección horizontal en cada una de las 2 patas traseras.
  - **323 kg** dirección vertical en cada una de las 2 patas delanteras.
  - **100 kg** dirección horizontal en cada una de las 2 patas delanteras.

#### 2.3.1.3 Acciones accidentales

- **Sismo:**

De acuerdo con la Norma NCSE-02, en el emplazamiento de la instalación, la aceleración básica de cálculo,  $a_b$ , es  $a_b < 0.04$  g por lo que no es necesario considerar acciones sísmicas.
- **Incendio:**

El comportamiento de la estructura en situación de incendio viene regulado por el CTE-DB-SI-6. No se considera de aplicación en la presente estructura.
- **Impacto:**

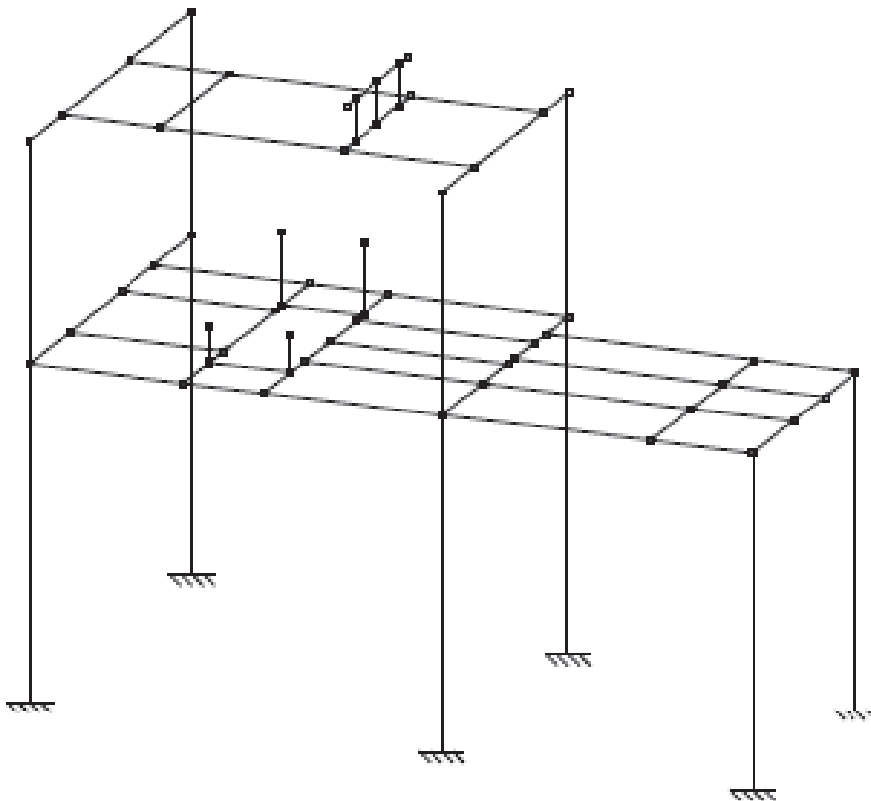
Se han considerado 3 cargas puntuales de 1000 Kg cada una, debidas al posible impacto de la cuchara del puente grúa contra la estructura de

defensa de la tolva de almacenamiento durante el proceso de aproximación del mismo para el llenado de la tolva.

## **2.3.2 GEOMETRÍA Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA**

### **2.3.2.1 Definición y disposición de barras**

Una vez se han definido los materiales que se utilizaran, las acciones accidentales, y se ha seleccionado el ambiente, se procede a la introducción de la estructura en el programa, la geometría en este caso es la siguiente:



*Ilustración 7. Plataforma y estructura soporte tolva*

Las longitudes de barras se encuentran especificadas en los planos.

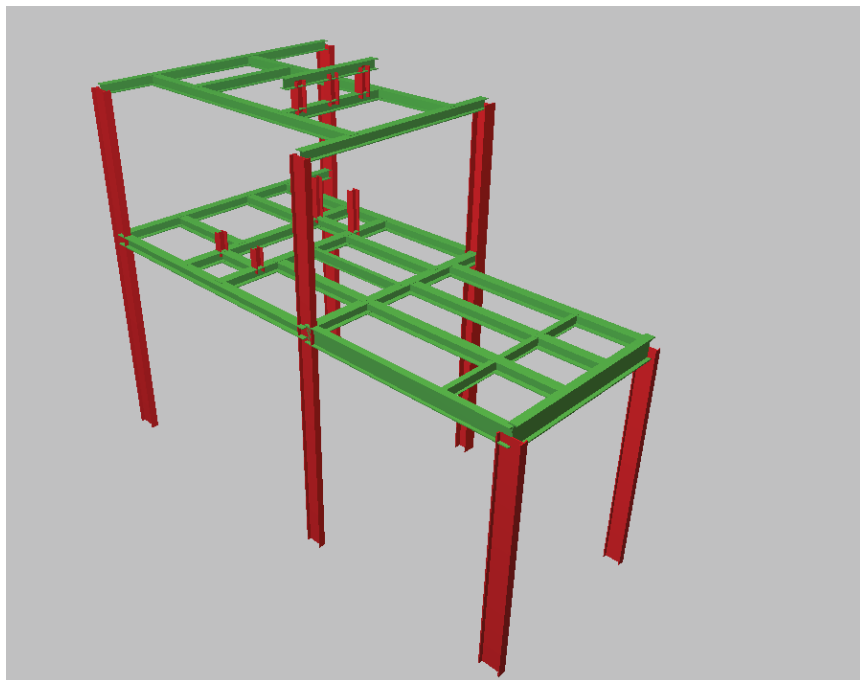
El siguiente paso es definir los perfiles de cada barra. En esta estructura se han definido los siguientes tipos de perfiles:

|         |                                    |
|---------|------------------------------------|
| PILARES | IPN 450, IPN360, HEB300            |
| VIGAS   | HEB 200, HEB 220, IPE 220, HEB 180 |

*Tabla 7. Perfiles de acero S275*

El tipo de perfil de cada barra se encuentra especificado en los planos.

Una vez se han definido los pilares y las vigas, es muy importante fijarse en la disposición de cada uno, es decir, la posición en la que debe estar el eje débil y el eje fuerte, ya que sino podría surgir algún sobredimensionamiento.



*Ilustración 7. Vista 3D plataforma y estructura soporte tolva*

### 2.3.2.2 Pandeo

El paso siguiente será definir los coeficientes de pandeo para cada barra.

El pandeo es un fenómeno que proporciona inestabilidad i deformación de una barra al someter dicha barra a un esfuerzo de compresión. Si esta deformación se incrementa i llega a superar el límite resistente de la estructura, esta colapsará y se derrumbará.

Los valores de pandeo dependen de las uniones en los extremos.

Los pilares estarán empotrados- articulados, y todos los demás elementos biarticulados. En la tabla siguiente se muestran las longitudes equivalentes según el tipo de extremo:

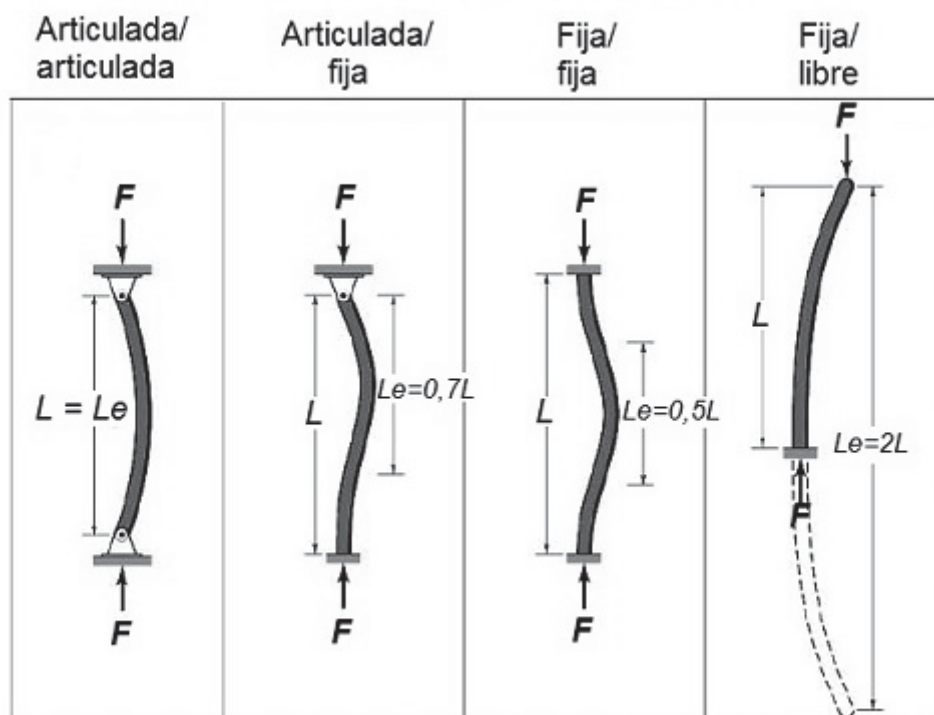


Ilustración 8. Condiciones según apoyos en los extremos

### 2.3.2.3 Uniones

Para un correcto dimensionamiento habrá que definir todas las uniones de la estructura.

#### Vinculación interna

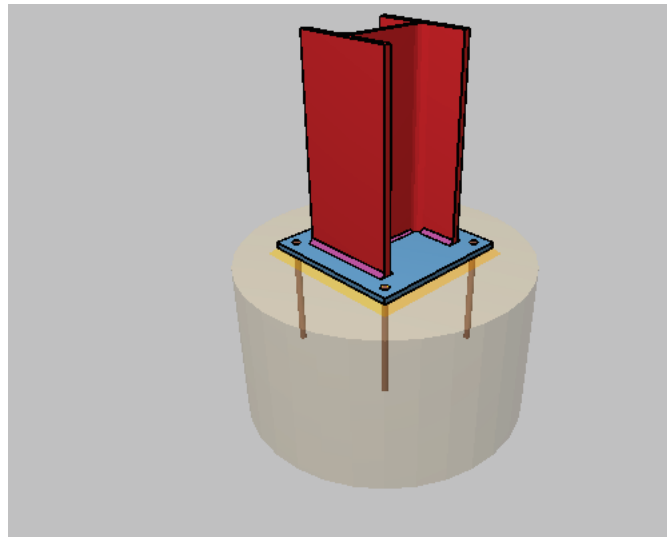
Todas las barras de la estructura estarán soldadas entre sí, por lo que la vinculación interna de los nudos se definirá como nudo empotrado, es decir, nudo rígido. Esto implica que el ángulo relativo que forman las barras entre sí antes de estar sometidas a ninguna sollicitación se va a mantener después de cargar la estructura.

#### Vinculación exterior

La estructura se monta sobre los pilares existentes, los cuales se encuentran empotrados a la cimentación mediante placas de anclaje. Este proyecto solo incluye la zapata del nuevo pilar que se instalará.

La unión a la cimentación del mismo se hace mediante placas de anclaje dotadas de pernos roscados.

En el caso de necesitar aumentar la rigidez de las placas de anclaje para cumplir con las comprobaciones, se podrían introducir cartelas.



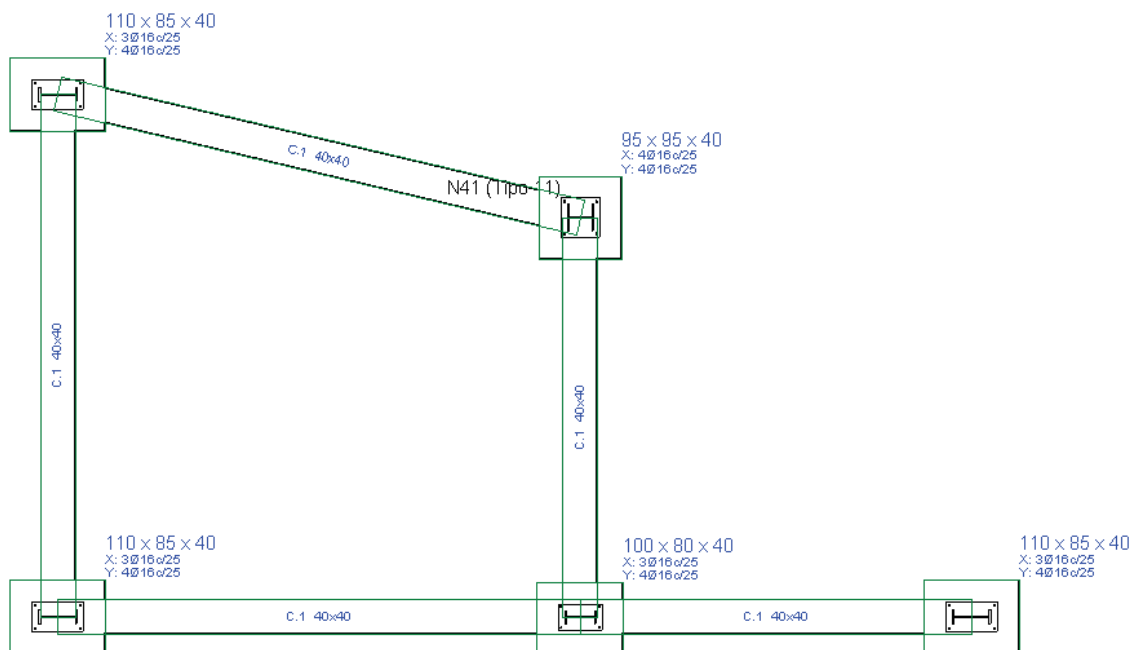
*Ilustración 9. Placa de anclaje*

### 2.3.2.4 Cimentación

La cimentación soportará las acciones transmitidas por los pilares.

Como se ha mencionado con anterioridad, la estructura está montada sobre los pilares existentes, por lo que solo hará falta dimensionar las dos zapatas intermedias, que es donde se situará el nuevo pilar.

El resultado es el siguiente:



*Ilustración 10. Cimentación*

Se tratan de dos zapatas rectangulares excéntricas:

Zapata 1: Dimensiones: 95 x 95 x 40 cm

Zapata 2: Dimensiones: 100 x 80 x 40 cm

### **2.3.3 LISTADOS DE CÁLCULO**

A modo de ejemplo se adjuntan los listados de cálculo obtenidos del software de cálculo empleado para una de las vigas y uno de los pilares de la estructura

Estas comprobaciones serán realizadas para todos los componentes de la estructura.

## GEOMETRÍA

| Materiales utilizados   |             |                       |       |                       |                       |            |                     |
|---|-------------|-----------------------|-------|-----------------------|-----------------------|------------|---------------------|
| Material  |             | E                     | $\nu$ | G                     | $f_v$                 | $\alpha_t$ | $\gamma$            |
| Tipo  | Designación | (kp/cm <sup>2</sup> ) |       | (kp/cm <sup>2</sup> ) | (kp/cm <sup>2</sup> ) | (m/m°C)    | (t/m <sup>3</sup> ) |
| Acero laminado  | S275        | 2140672.8             | 0.300 | 825688.1              | 2803.3                | 0.000012   | 7.850               |
| Notación:<br><i>E</i> : Módulo de elasticidad<br><i><math>\nu</math></i> : Módulo de Poisson<br><i>G</i> : Módulo de cortadura<br><i><math>f_v</math></i> : Límite elástico<br><i><math>\alpha_t</math></i> : Coeficiente de dilatación<br><i><math>\gamma</math></i> : Peso específico |             |                       |       |                       |                       |            |                     |

### Descripción

| Descripción   |             |               |               |                |                     |            |                      |              |              |                        |                        |
|---|-------------|---------------|---------------|----------------|---------------------|------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|
| Material  |             | Barra (Ni/Nf) | Pieza (Ni/Nf) | Perfil(Serie)  | Longitud (m)        |            |                      | $\beta_{xy}$ | $\beta_{xz}$ | Lb <sub>Sup.</sub> (m) | Lb <sub>Inf.</sub> (m) |
| Tipo  | Designación |               |               |                | Indeformable origen | Deformable | Indeformable extremo |              |              |                        |                        |
| Acero laminado  | S275        | N26/N7        | N26/N27       | IPN 450 (IPN)  | -                   | 4.690      | 0.110                | 1.03         | 2.00         | -                      | -                      |
|   |             | N30/N33       | N3/N27        | HE 200 B (HEB) | -                   | 2.484      | -                    | 1.00         | 1.00         | -                      | -                      |
| Notación:<br><i>Ni</i> : Nudo inicial<br><i>Nf</i> : Nudo final<br><i><math>\beta_{xy}</math></i> : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'<br><i><math>\beta_{xz}</math></i> : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'<br><i>Lb<sub>Sup.</sub></i> : Separación entre arriostramientos del ala superior<br><i>Lb<sub>Inf.</sub></i> : Separación entre arriostramientos del ala inferior |             |               |               |                |                     |            |                      |              |              |                        |                        |

## RESULTADOS

### Barras

#### Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

| Grupo   | Flechas                   |             |                           |             |                           |             |                           |             |
|---------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
|         | Flecha máxima absoluta xy |             | Flecha máxima absoluta xz |             | Flecha activa absoluta xy |             | Flecha activa absoluta xz |             |
|         | Pos. (m)                  | Flecha (mm) | Pos. (m)                  | Flecha (mm) | Pos. (m)                  | Flecha (mm) | Pos. (m)                  | Flecha (mm) |
| N26/N27 | 5.565                     | 1.75        | 3.224                     | 0.15        | 0.000                     | 0.00        | 0.000                     | 0.00        |
|         | 5.565                     | L/(>1000)   | 3.224                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |
| N3/N27  | 2.771                     | 0.89        | 2.978                     | 3.88        | 0.000                     | 0.00        | 0.000                     | 0.00        |
|         | 2.771                     | L/(>1000)   | 2.978                     | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   | -                         | L/(>1000)   |



**Comprobaciones E.L.U.**

Barra N26/N7

| Perfil: IPN 450<br>Material: Acero (S275)   |       |              |                           |  |  |  |
|---|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N26   | N7    | 4.800        | 147.00                    | 45850.00   | 1730.00  | 267.00   |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |  |  |  |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
| β   |       | 1.03         | 2.00                      | 0.00   | 0.00   |  |
| L <sub>K</sub>  |       | 4.947        | 9.600                     | 0.000  | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |
| C <sub>1</sub>  |       | -            |                           | 1.000  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |  |  |  |

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$  :

1.63



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :**

1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :**

147.00

cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :**

2701.33

kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :**

149.368

t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :**

1051.107

t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

$N_{cr,z}$  : 149.368 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$N_{cr,T}$  : ∞

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y$  : 45850.00 cm<sup>4</sup>

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z$  : 1730.00 cm<sup>4</sup>

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t$  : 267.00 cm<sup>4</sup>

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$I_w$  : 791000.00 cm<sup>6</sup>

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E$  : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$G$  : 825688 kp/cm<sup>2</sup>

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky}$  : 9.600 m

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz}$  : 4.947 m

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt}$  : 0.000 m

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0$  : 17.99 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y$  : 17.66 cm

$i_z$  : 3.43 cm

$y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$y_0$  : 0.00 mm

$z_0$  : 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \quad 24.78 \leq 298.27 \quad \checkmark$$

Donde:

|   |                            |                                   |
|---|----------------------------|-----------------------------------|
| <b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.                               | <b>h<sub>w</sub></b> :     | <u>401.40</u> mm                  |
| <b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.                              | <b>t<sub>w</sub></b> :     | <u>16.20</u> mm                   |
| <b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.                                 | <b>A<sub>w</sub></b> :     | <u>65.03</u> cm <sup>2</sup>      |
| <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.          | <b>A<sub>fc,ef</sub></b> : | <u>41.31</u> cm <sup>2</sup>      |
| <b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.         | <b>k</b> :                 | <u>0.30</u>                       |
| <b>E</b> : Módulo de elasticidad.                                     | <b>E</b> :                 | <u>2140673</u> kp/cm <sup>2</sup> |
| <b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida. | <b>f<sub>yf</sub></b> :    | <u>2701.33</u> kp/cm <sup>2</sup> |

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.009} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{0.032} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP.

|   |                           |                |
|---|---------------------------|----------------|
| <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. | <b>N<sub>c,Ed</sub></b> : | <u>3.581</u> t |
|---|---------------------------|----------------|

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

|   |  |
|---|--|
| $N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$   | $N_{c,Rd} : \underline{\hspace{10em}} 378.186 \text{ t}$ |
| Donde:  |  |
| <b>Clase:</b> Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. | <b>Clase :</b> <u>1</u>                                  |
| <b>A:</b> Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  | <b>A :</b> <u>147.00 cm<sup>2</sup></u>                  |
| <b>f<sub>yd</sub>:</b> Resistencia de cálculo del acero.  | <b>f<sub>yd</sub> :</b> <u>2572.69 kp/cm<sup>2</sup></u> |
| $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$  |  |
| Siendo:   |  |
| <b>f<sub>y</sub>:</b> Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)   | <b>f<sub>y</sub> :</b> <u>2701.33 kp/cm<sup>2</sup></u>  |
| <b>γ<sub>M0</sub>:</b> Coeficiente parcial de seguridad del material.   | <b>γ<sub>M0</sub> :</b> <u>1.05</u>                      |

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

|  |  |
|--|--|
| $N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$   | $N_{b,Rd} : \underline{\hspace{10em}} 112.834 \text{ t}$ |
| Donde:   |  |
| <b>A:</b> Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.                     | <b>A :</b> <u>147.00 cm<sup>2</sup></u>                  |
| <b>f<sub>yd</sub>:</b> Resistencia de cálculo del acero.                                     | <b>f<sub>yd</sub> :</b> <u>2572.69 kp/cm<sup>2</sup></u> |
| $f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$   |  |
| Siendo:  |  |
| <b>f<sub>y</sub>:</b> Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)                              | <b>f<sub>y</sub> :</b> <u>2701.33 kp/cm<sup>2</sup></u>  |
| <b>γ<sub>M1</sub>:</b> Coeficiente parcial de seguridad del material.                        | <b>γ<sub>M1</sub> :</b> <u>1.05</u>                      |
| <b>χ:</b> Coeficiente de reducción por pandeo.   |  |
| $\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$                           | <b>χ<sub>y</sub> :</b> <u>0.88</u>                       |
|  | <b>χ<sub>z</sub> :</b> <u>0.30</u>                       |
| Siendo:  |  |
| $\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$ | <b>Φ<sub>y</sub> :</b> <u>0.73</u>                       |
|  | <b>Φ<sub>z</sub> :</b> <u>2.07</u>                       |
| <b>α:</b> Coeficiente de imperfección elástica.  | <b>α<sub>y</sub> :</b> <u>0.21</u>                       |
| <b>λ̄:</b> Esbeltez reducida.  | <b>α<sub>z</sub> :</b> <u>0.34</u>                       |

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.61$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\hspace{2cm}} \quad 1.63$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 149.368 \quad t$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,y} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 1051.107 \quad t$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 149.368 \quad t$$

$$N_{cr,T} : \underline{\hspace{2cm}} \quad \infty$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.009 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.534 \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.000 \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 61.745 \quad t \cdot m$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : \underline{\hspace{2cm}} \quad 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente

$$W_{pl,y} : \underline{\hspace{2cm}} \quad 2400.00 \quad cm^3$$

plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico.  
(CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_{yd} : \underline{\hspace{2cm} 2572.69 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : \underline{\hspace{2cm} 2701.33 \hspace{2cm}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{\hspace{2cm} 1.05 \hspace{2cm}}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\hspace{2cm} 0.020 \hspace{2cm}} \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\hspace{2cm} 0.000 \hspace{2cm}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.690 m del nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\hspace{2cm} 0.180 \hspace{2cm}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm} 8.876 \hspace{2cm}} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\hspace{2cm} 1 \hspace{2cm}}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente

$$W_{pl,z} : \underline{\hspace{2cm} 345.00 \hspace{2cm}} \text{ cm}^3$$

plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico.  
(CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad \underline{0.073} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{113.168} \quad \text{t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad \underline{76.19} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \quad \underline{450.00} \quad \text{mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{16.20} \quad \text{mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico.  
(CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

#### Abolladura por cortante del alma:

(CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{22.78} < \mathbf{65.92} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{22.78}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$f_y$ : Límite elástico.  
(CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

#### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{\mathbf{0.001}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.036} \text{ t}$$



El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{121.758} \quad t$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v : \quad \underline{81.97} \quad \text{cm}^2$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A : \quad \underline{147.00} \quad \text{cm}^2$

$d$ : Altura del alma.  $d : \quad \underline{401.40} \quad \text{mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w : \quad \underline{16.20} \quad \text{mm}$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \quad \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \quad \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.073 \text{ t} \leq 56.584 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \quad \underline{0.073} \quad t$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \quad \underline{113.168} \quad t$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.036 \text{ t} \leq 60.879 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.036} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{121.758} \text{ t}$$

### Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.031} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.690 m del nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.850} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{v,Ed}^+ : \underline{0.192} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{0.180} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{378.186} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.745} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{8.876} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{147.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos

$$W_{pl,y} : \underline{2400.00} \text{ cm}^3$$

correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$W_{pl,z} : \underline{345.00} \text{ cm}^3$$

$$f_{vd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.04}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.88}$$

$$\chi_z : \underline{0.30}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.61}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.63}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$0.036 \text{ t} \leq 60.866 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{0.036} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{121.733} \text{ t}$$

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \quad \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **M<sub>T,Ed</sub>** : 0.001 t·m

El momento torsor resistente de cálculo **M<sub>T,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \qquad M_{T,Rd} : \quad \underline{1.632} \quad \text{t·m}$$

Donde:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión. **W<sub>T</sub>** : 109.88 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub>** : 1.05

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \quad \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.073 t

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\quad 0.001 \quad} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{\quad 113.144 \quad} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\quad 113.168 \quad} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\quad 0.77 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\quad 109.88 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 2572.69 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 2701.33 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{\quad 0.001 \quad} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 0.036 \quad} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\quad 0.001 \quad} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{\quad 121.733 \quad} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{121.758}} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{0.77}} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{109.88}} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

Barra N30/N33

| Perfil: HE 200 B<br>Material: Acero (S275)  |       |              |                           |  |  |  |
|---|-------|--------------|---------------------------|--|--|--|
| Nudos   |       | Longitud (m) | Características mecánicas |  |  |  |
| Inicial   | Final |              | Área (cm <sup>2</sup> )   | I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
| N30   | N33   | 2.484        | 78.10                     | 5696.00  | 2003.00  | 59.28  |
| Notas:<br>(1) Inercia respecto al eje indicado<br>(2) Momento de inercia a torsión uniforme   |       |              |                           |  |  |  |
|   |       | Pandeo       |                           | Pandeo lateral                                   |  |  |
|   |       | Plano XY     | Plano XZ                  | Ala sup.   | Ala inf.   |  |
| β   |       | 1.00         | 1.00                      | 0.00   | 0.00   |  |
| L <sub>k</sub>  |       | 2.484        | 2.484                     | 0.000  | 0.000  |  |
| C <sub>m</sub>  |       | 1.000        | 1.000                     | 1.000  | 1.000  |  |
| C <sub>1</sub>  |       | -            |                           | 1.000  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |       |              |                           |  |  |  |

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$  :

0.56



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :**

1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :**

78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :**

2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :**

685.848 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :**

1950.369 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :**

685.848 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :**

∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 5696.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 2003.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 59.28 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 171100.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 2.484 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 2.484 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 0.000 m

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 9.93 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>** , **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 8.54 cm

**i<sub>z</sub>** : 5.06 cm

**y<sub>0</sub>** , **z<sub>0</sub>**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>0</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>0</sub>** : 0.00 mm



**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \quad \mathbf{18.89 \leq 163.60 \checkmark}$$

Donde:

|  |               |                                   |
|--|---------------|-----------------------------------|
| $h_w$ : Altura del alma.                                 | $h_w$ :       | <u>170.00</u> mm                  |
| $t_w$ : Espesor del alma.                                | $t_w$ :       | <u>9.00</u> mm                    |
| $A_w$ : Área del alma.                                   | $A_w$ :       | <u>15.30</u> cm <sup>2</sup>      |
| $A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.          | $A_{fc,ef}$ : | <u>30.00</u> cm <sup>2</sup>      |
| $k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección. | $k$ :         | <u>0.30</u>                       |
| $E$ : Módulo de elasticidad.                             | $E$ :         | <u>2140673</u> kp/cm <sup>2</sup> |
| $f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida. | $f_{yf}$ :    | <u>2803.26</u> kp/cm <sup>2</sup> |

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\mathbf{0.001}} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \quad \underline{\mathbf{0.001}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed} : \quad \underline{0.211} \quad t$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \quad \underline{208.509} \quad t$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**Clase :** 1

**A :** 78.10 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub> :** 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :** 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

**N<sub>b,Rd</sub> :** 168.045 t

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**A :** 78.10 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub> :** 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :** 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M1</sub> :** 1.05

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

**χ<sub>y</sub> :** 0.95

**χ<sub>z</sub> :** 0.81

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

**φ<sub>y</sub> :** 0.58

**φ<sub>z</sub> :** 0.75

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub> :** 0.34

**α<sub>z</sub> :** 0.49

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

**λ̄<sub>y</sub> :** 0.34

**λ̄<sub>z</sub> :** 0.56

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub> :** 685.848 t

|   |              |                            |   |
|---|--------------|----------------------------|---|
| $N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. | $N_{cr,y}$ : | <u>1950.369</u>            | t |
| $N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. | $N_{cr,z}$ : | <u>685.848</u>             | t |
| $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.                   | $N_{cr,T}$ : | <u><math>\infty</math></u> |   |

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \quad \underline{0.110} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \quad \underline{1.890} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \quad \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \qquad M_{c,Rd} : \quad \underline{17.153} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \quad \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \quad \underline{642.50} \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.017 ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.000 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 0.137 t·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$  : 8.164 t·m

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$  : 305.80 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.012 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.445 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 38.304 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 24.85 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 200.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:**

(CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{14.89} < \mathbf{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 14.89

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon$  : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.003 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \mathbf{96.800} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : rea transversal a cortante.  $A_v$  : 62.80 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A:** Área de la sección bruta.

**d:** Altura del alma.

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.

|                        |  |               |                 |
|------------------------|--|---------------|-----------------|
| <b>A :</b>             |  | <u>78.10</u>  | cm <sup>2</sup> |
| <b>d :</b>             |  | <u>170.00</u> | mm              |
| <b>t<sub>w</sub> :</b> |  | <u>9.00</u>   | mm              |

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

|                         |  |                |                    |
|-------------------------|--|----------------|--------------------|
| <b>f<sub>yd</sub> :</b> |  | <u>2669.77</u> | kp/cm <sup>2</sup> |
| <b>f<sub>y</sub> :</b>  |  | <u>2803.26</u> | kp/cm <sup>2</sup> |
| <b>γ<sub>M0</sub> :</b> |  | <u>1.05</u>    |                    |

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**0.445 t ≤ 19.152 t** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub> :** 0.445 t

**V<sub>c,Rd</sub>:** Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

**V<sub>c,Rd</sub> :** 38.304 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

**0.003 t ≤ 48.400 t** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>́</sub>simos se producen para la combinaci3n de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p3simo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de c3lculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{96.800} \text{ t}$$

**Resistencia a flexi3n y axil combinados** (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.128} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.121} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.084} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p<sub>́</sub>simos se producen en el nudo N33, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p<sub>́</sub>simo.

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p<sub>́</sub>simos, seg3n los ejes Y y Z, respectivamente.

**Clase**: Clase de la secci3n, seg3n la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)

**A**: 3rea de la secci3n bruta.

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de c3lculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$N_{c,Ed} : \underline{0.211} \text{ t}$$

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.890} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{0.137} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd} : \underline{208.509} \text{ t}$$

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{17.153} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{8.164} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$



|   |                     |             |
|---|---------------------|-------------|
| $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  | $\gamma_{M1} :$     | <u>1.05</u> |
| $k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.   |                     |             |
| $k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$  | $k_y :$             | <u>1.00</u> |
| $k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$  | $k_z :$             | <u>1.00</u> |
| $C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  | $C_{m,y} :$         | <u>1.00</u> |
|   | $C_{m,z} :$         | <u>1.00</u> |
| $\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.                                    | $\chi_y :$          | <u>0.95</u> |
|   | $\chi_z :$          | <u>0.81</u> |
| $\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. | $\bar{\lambda}_y :$ | <u>0.34</u> |
|   | $\bar{\lambda}_z :$ | <u>0.56</u> |
| $\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.   | $\alpha_y :$        | <u>0.60</u> |
|   | $\alpha_z :$        | <u>0.60</u> |

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante  $\gamma$ , además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2} \quad 0.003 \text{ t} \leq 48.400 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$$V_{Ed,y} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed,y} : \underline{0.003} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd,y} : \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd,y} : \underline{96.800} \text{ t}$$

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### 2.1.3.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

| Barras  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)    |  |  |                        |                             |                            |                        |              |              |              |                             |                     |  |                     | Estado              |                                |
|---------|---------------------------------|--|--|------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|---------------------|--|---------------------|---------------------|--------------------------------|
|         | $\bar{\lambda}$                 | $\lambda_w$  | $N_t$                                  | $N_c$                  | $M_y$                       | $M_z$                      | $V_z$                  | $V_y$        | $M_y V_z$    | $M_z V_y$    | $N M_y M_z$                 | $N M_y M_z V_y V_z$ | $M_t$                                  | $M_y V_z$           |                     | $M_z V_y$                      |
| N26/N7  | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$<br>Cumple | $N_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | x: 0 m<br>$\eta = 3.2$ | x: 0 m<br>$\eta = 0.9$      | x: 4.69 m<br>$\eta = 2.0$  | $\eta = 0.1$           | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 4.69 m<br>$\eta = 4.8$   | $\eta < 0.1$        | $\eta = 0.1$                           | $\eta = 0.1$        | $\eta < 0.1$        | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 4.8$  |
| N30/N33 | $\bar{\lambda} < 2.0$<br>Cumple | $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$<br>Cumple | $N_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(1)</sup> | $\eta = 0.1$           | x: 2.484 m<br>$\eta = 11.0$ | x: 2.484 m<br>$\eta = 1.7$ | x: 0 m<br>$\eta = 1.2$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | $\eta < 0.1$ | x: 2.484 m<br>$\eta = 12.8$ | $\eta < 0.1$        | $M_{Ed} = 0.00$<br>N.P. <sup>(2)</sup> | N.P. <sup>(3)</sup> | N.P. <sup>(3)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>$\eta = 12.8$ |

*Notación:*  
 $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida  
 $N_t$ : Resistencia a tracción  
 $N_c$ : Resistencia a compresión  
 $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y  
 $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z  
 $V_z$ : Resistencia a corte Z  
 $V_y$ : Resistencia a corte Y  
 $M_y V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 $M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 $N M_y M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados  
 $N M_y M_z V_y V_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 $M_t$ : Resistencia a torsión  
 $M_y V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 $M_z V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



# ANEXO 2: ANÁLISIS COQUE



## INDICE ANEXO 2: ANÁLISIS COQUE

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 1. PROPIEDADES DEL COQUE ..... | 125 |
|--------------------------------|-----|





# 1. PROPIEDADES DEL COQUE



**Industrial Química del Nalón, S.A.**  
NalónChem

## LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD / QUALITY CONTROL LABORATORY

Certificado de Análisis / Certificate of Analysis

**COVESTRO, S.L.**

|                                |                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| FECHA / DATE:                  | 16/10/2015                           |
| PRODUCTO / PRODUCT:            | 235105000 COQUE METALURGICO NALON MG |
| ENVIADO DESDE / SEND FROM:     | 002 SUELO                            |
| REFERENCIA / REFERENCE:        | 2411719582                           |
| Nº ALBARÁN / DELIVERY NOTE Nº: | 408341                               |
| TONELADAS / METRIC TONS:       | 24,940                               |

| Análisis / Analysis                   | Valor / Value |
|---------------------------------------|---------------|
| HUMEDAD / MOISTURE (%)                | 7,64          |
| CENIZAS / ASH (%)                     | 6,56          |
| MATERIA VOLÁTIL / VOLATILE MATTER (%) | 0,45          |
| AZUFRE / SULFUR (%)                   | 0,68          |
| CARBONO FIJO / CARBON FIX (%)         | 92,98         |
| MICUM 40 (%)                          | 64,40         |
| MICUM 10 (%)                          | 6,20          |
| PCS / GCV (KCAL/KGRS)                 | 7.346         |
| GRANULOMETRÍA / GRANULOMETRY > 60 (%) | 30,10         |
| GRANULOMETRÍA / GRANULOMETRY < 40 (%) | 0,60          |



**Oficina central, Oviedo:**  
Auda Galicia, 31, bajo  
33005 Oviedo - España  
Teléfono: +34 98 598 26 00  
Fax: +34 98 598 26 26  
E-mail: [lqn@nalonchem.com](mailto:lqn@nalonchem.com)  
[www.nalonchem.com](http://www.nalonchem.com)

**Fábrica, Trubia:**  
Apartado: 8  
33100 Trubia (Asturias)  
Teléfono: +34 98 598 26 00  
Fax: +34 98 598 26 66

**Fábrica, La Nueva:**  
Apartado: 1  
33090 Bama de Lengreo (Asturias)  
Teléfono: +34 98 598 26 00  
Fax: +34 98 598 26 66





**ANEXO 3: MANUALES DE**  
**INSTRUCCIONES**



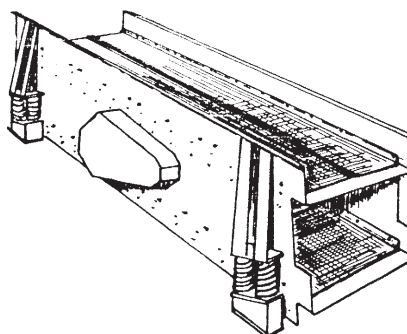
## INDICE ANEXO 3: MANUALES DE INSTRUCCIONES

|  |     |
|--|-----|
| 1. MANUAL INSTRUCCIONES CRIBA CS138 .....              | 131 |
| 2. MANUAL INSTRUCCIONES ALIMENTADOR VIBRANTE F220..... | 152 |



## Manual de instrucciones

### Cribas Vibrantes Inclinadas Link-Belt® Modelos CS y CH



| CONTENIDO  | PAG |
|--|-----|
| INTRODUCCION                                     | 1   |
| SEGURIDAD: PRECAUCIONES, INSTRUCCIONES           | 1   |
| INSTALACION                                      | 2   |
| MANTENIMIENTO                                    | 9   |
| LUBRICACION CON ACEITE                           | 13  |
| LUBRICACION CON GRASA                            | 13  |
| PETICION DE PIEZAS DE REPUESTO                   | 14  |
| EMISION DE RUIDO                                 | 15  |
| GUÍA PARA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS                  | 16  |
| ILUSTRACIONES DE DESPIECE (LISTA DE MATERIALES): | 17  |
| VIBRADOR – LUBRICADO CON ACEITE                  | 17  |
| VIBRADOR - LUBRICADO CON GRASA                   | 18  |
| CRIBA VIBRANTE DE UNA BANDEJA                    | 19  |
| CRIBA VIBRANTE DE DOS BANDEJAS                   | 20  |
| CRIBA VIBRANTE DE TRES BANDEJAS                  | 21  |
| DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD CE                    | 22  |

(Compruébese si cualquier daño ha ocurrido durante el transporte, y si hubiese algún daño póngase en contacto con el transportista y con TARNOS).

### INTRODUCCION

Las Cribas Vibrantes Inclinadas, Modelos CS y CH están proyectadas para manipular una gama amplia de materiales, para su clasificación por tamaños, separación preliminar, escurrido y lavado.

Recurra a este Manual de Instrucciones antes de proceder a la instalación, funcionamiento o cualquier mantenimiento de las Cribas Vibrantes CS y CH. No obstante, se tomará por preferente a la información de este Manual de Instrucciones la información complementaria para todos los diseños especiales, planos, o suplementos.



**PRECAUCION:** La falta de seguimiento de las instrucciones de este manual puede traer las consecuencias de acortamiento de la vida de servicio, daño a la Criba Vibrante o a la propiedad, o lesiones serias a personas. Nunca modifiquen la Criba Vibrante, ni la pongan para uso distinto al debido, ni sometan a un uso más severo que el especificado.

### SEGURIDAD: PRECAUCIONES, INSTRUCCIONES

Evítese que cerca de la criba se hallen acumulados herramientas, desperdicios, piezas desechadas o suciedad. La criba debe estar siempre con buena ventilación e iluminación.

Debido a que ocasionalmente partículas de material sólido rebotan desde la superficie de cribado o que salpican líquidos sobre los laterales de la criba, las personas que trabajen próximas a la criba debieran llevar gafas protectoras, sombrero fuerte, calzado de seguridad, y posiblemente, ropa de hule, guantes, tapones para oídos y máscara contra el polvo.

Todo el personal responsable del equipo debe conocer la situación y funcionamiento del cuadro de mando para el motor, para parada de la Criba Vibrante.

Instrucciones de seguridad: Los encabezamientos de seguridad que se detallan a continuación, los hallarán en las páginas de este manual. Préstele atención a las instrucciones correspondientes. En el funcionamiento y mantenimiento, las prácticas de

seguridad deben mantenerse siempre.



**ADVERTENCIA:** Esto identifica instrucciones o procedimientos especiales para advertir contra riesgos potenciales y prácticas peligrosas. De no seguirse correctamente tales advertencias, puede derivarse lesiones personales graves o fallecimiento.



**PRECAUCION:** Esto identifica instrucciones o procedimientos especiales para advertir contra riesgos potenciales y prácticas peligrosas. De no seguirse correctamente tales precauciones puede derivarse daños al equipo o a la propiedad, o lesiones personales.

**NOTA:** Indica puntos de interés particular para un funcionamiento de la Criba Vibrante más eficiente y conveniente.

## INSTALACION



**PRECAUCION:** Las alteraciones que se hagan a la Criba Vibrante afectarán al rendimiento de la criba y causarán daños al equipo. No efectúen modificaciones en el equipo sin la autorización de TARNOS.

## ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION

Para el almacenamiento de la Criba Vibrante utilícese un local seco y limpio. Si se almacena al aire libre recubra la criba con lona impermeable o plástico. Para aminorar los efectos corrosivos de agua y atmosféricos en las piezas de rodamientos y retenes, gírese el vibrador varias vueltas semanalmente. Para girar el mecanismo del vibrador, coloque un encastre con trinquete sobre el tornillo (vea ítem A, en el conjunto del vibrador).

Para la manipulación de la Criba Vibrante, se utilizará siempre eslingas de cable de acero cuando se desplace a la criba o se descargue. Las eslingas de cable tienen que ponerse alrededor de todo el cuerpo (chasis) de la criba, y no justamente por el

tubo transversal, carcasa del mecanismo vibrador. Nunca utilice cadenas ni cuerdas de fibra. Para manipular la Criba Vibrante debe utilizarse siempre un equipo elevador de amplia capacidad de carga.

## CIMIENTOS Y ESTRUCTURA SOPORTE

Las cribas vibrantes se deben instalar sobre cimientos y estructura soporte de acero rígidos y/u hormigón, o se pueden suspender de una estructura armazón de acero, rígida, capaz de resistir las vibraciones.

Para los cálculos de proyecto de los cimientos y estructura soporte, puede suponerse que la fuerza ejercida por la masa vibrante es igual al doble de peso de la criba vibrante en vacío. Esta fuerza alternativa se sitúa en las gualderas laterales de la estructura de la criba vibrante.

Todos los elementos (perfiles metálicos) principales de las estructuras soporte tienen que ser lo suficientemente rígidos para que tengan frecuencias naturales de vibración de por lo menos 2,5 veces la frecuencia de funcionamiento de la criba. Los elementos secundarios (de refuerzo de la estructura) deben tener una frecuencia natural de 1,5 a 1,8 veces la frecuencia de funcionamiento.

Cada criba debe soportarse independientemente de otras cribas o de cualquier otra maquinaria. Si se monta en una planta baja, la criba ha de soportarse independientemente de la estructura del edificio. Estos soportes principales deben estar arriostrados por todas las partes y por los laterales por una cantidad mínima de elementos secundarios.

TARNOS únicamente suministra unos adaptadores de apoyo para asentar los muelles de soporte y de este modo posicionar el cuerpo vibrante de la criba.



**PRECAUCION:** Los soportes para la criba que proporciona el cliente, tienen gran importancia, puesto que unos soportes inadecuados pueden afectar de manera adversa el movimiento y función de la Criba Vibrante.



A través de los muelles aislantes de soporte se transmite a la estructura soporte un porcentaje de las cargas vibrantes de la criba y material que manipula. Debido a que estos muelles eficazmente absorben las vibraciones, las cargas reales transmitidas no son superiores a dos veces el peso muerto del cuerpo de la criba.

Sin embargo, a pesar de la aminoración de estas fuerzas y amortiguación de los muelles, es posible que en las estructuras soporte o adyacentes se exciten vibraciones armónicas o simpáticas de magnitud inconveniente.

NOTA: A pesar de las recomendaciones que se hagan TARNOS no asume responsabilidad por estructuras soportes a excepción de aquellas que bajo pedido formal hayan sido las especificadas en diseño y fabricación.

Algunos de los elementos que componen las estructuras soporte y adyacente suelen entrar en vibraciones simpáticas entre sí. A veces es difícil lograr que estos elementos se mantengan con el movimiento fatiga y nivel de ruido tolerables. Puede que el cliente necesite adquirir servicios especiales para conseguir un funcionamiento satisfactorio.

Las estructuras, deben proyectarse de modo que las frecuencias naturales no sean excitadas.

## INCLINACION DE LA CRIBA

La inclinación recomendada para la criba y el sentido de giro del vibrador se indican en la Tabla 1 (para algunas aplicaciones corrientes de cribado). Esta información se basa en instalaciones anteriores, y da resultados de cribado generalmente satisfactorios. Para materiales que no estén en la lista o si tienen dudas, consulte a TARNOS. Las cribas CS y CH están diseñadas con la superficie de cribado inclinada en sentido descendente según se especifica en la aplicación en particular.

Tabla 1-  
Inclinación de la criba para varios materiales.

| MATERIAL  | Grados de inclinación de la criba ∇ |
|---|-------------------------------------|
| Arena; silicea, de fundiciones  | 20°                                 |
| Caliza, piedra; de 50 mm o más  | 18° *                               |
| De 50 a 0 mm  | 20°                                 |
| Carbón; como sale de la mina  | 15° *                               |
| De 130 a 50 mm  | 18°*                                |
| De 50 a 25 mm y de 25 a 0 mm  | 20°                                 |
| Vegetal   | 25°                                 |
| Caucho, molido  | 25°                                 |
| Cenizas   | 20°                                 |
| Coque; separación de cisco  | 18°*                                |
| De petróleo, clasificación  | 25°                                 |
| Escorias, y escorias de alto horno  | 25°                                 |
| Fertilizante  | 25°                                 |
| Fosfato, roca   | 20°                                 |
| Gránulos de techado   | 20°                                 |
| Grava   | 20°                                 |
| Madera, astillas  | 25°                                 |
| Mineral; cobre, hierro menor de 50 mm   | 20°                                 |
| Piedra, triturada   | 20°                                 |
| Piensos: separación preliminar, clasificación   | 20°                                 |
| Potasa  | 25°                                 |
| Sal   | 20°                                 |
| Soja, habas de; triturado   | 20°                                 |
| Yeso, roca  | 20°                                 |
| ∇ Extremo de descarga más bajo que el de alimentación.  |                                     |
| * Giro del Vibrador en sentido del flujo, en los restantes el sentido de giro es contraflujo. |                                     |



**PRECAUCION:** Las Cribas Vibrantes Modelos CS y CH tienen que instalarse con la inclinación que se indica en el plano de instalación. Una instalación inadecuada puede afectar a la duración del mecanismo vibrador.

Tabla 2 - Posición del visor indicador de lubricación por aceite.

| Rodamiento     | Ref: $\phi$ exterior de tapa de retención rodamiento |   | 15°, 20°, 25° |            | 15° | 20°        | 25°        |
|----------------|--|---|---------------|------------|-----|------------|------------|
| 22317 (85 mm)  | 218 mm (8-9/16")                                     | X | 70            | Z          | 51  | 78         | 105        |
|                |  | Y | 305           | Espaciador | --- | B-801634-1 | B-801634-3 |
| 22320 (100 mm) | 267 mm (10-1/2")                                     | X | 79            | Z          | 51  | 92         | 133        |
|                |  | Y | 470           | Espaciador | --- | B-801634-5 | B-801634-7 |
| 22324 (120 mm) | 311 mm (12-1/4")                                     | X | 95            | Z          | 51  | 92         | 133        |
|                |  | Y | 470           | Espaciador | --- | B-801634-5 | B-801634-7 |
| 22328 (140 mm) | 359 mm (14-1/8")                                     | X | 110           | Z          | 51  | 105        | 159        |
|                |  | Y | 615           | Espaciador | --- | B-801634-3 | B-801634-9 |
| 22332 (160 mm) | 397 mm (15-5/8")                                     | X | 125           | Z          | 51  | 105        | 159        |
|                |  | Y | 615           | Espaciador | --- | B-801634-3 | B-801634-9 |

15°, 20°, 25°: Inclinación descendente de la criba, grados  
X, Y, Z: Dimensiones en milímetros ( vean la Figura 1)

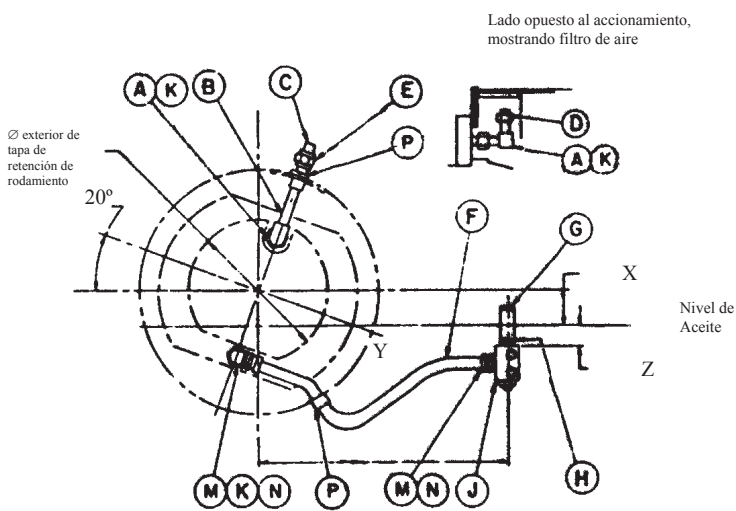


FIGURA 1 – Conjunto lubricación por aceite

| ITEM | DESCRIPCION                 | CANTIDAD |
|------|-----------------------------|----------|
| A    | Adaptador                   | 4        |
| B    | Entrerrosca de tubo         | 1        |
| C    | Tapón de tubo               | 3        |
| D    | Respiradero de aire         | 1        |
| E    | Casquillo de reducción      | 2        |
| F    | Tubo (especifique longitud) | 2        |
| G    | Visor indicador de nivel    | 2        |
| H    | Espaciador                  | 2        |
| J    | Cartela de montaje          | 2        |
|      | Tornillo, cabeza hexagonal  | 2        |
|      | Arandela de seguridad       | 2        |
|      | Tuerca hexagonal            | 2        |
| K    | Codo L, 90°                 | 4        |
| M    | Adaptador                   | 4        |
| N    | Giratorio                   | 4        |
| P    | Casquillo de goma           | 3        |

Si se cambia el grado de inclinación descendente de la criba, también se tiene que cambiar (en cribas con vibrador lubricado con aceite) la posición del visor indicador de lubricación por aceite.

En la Tabla 2 y la Figura 1, se indican las dimensiones de montaje para el visor indicador de lubricación por aceite para cribas inclinadas a 15°, 20° y 25°. Para información sobre la posición del visor indicador para otros ángulos de inclinación de la criba, contacte con TARNOS.

## MONTAJE

Las características de montaje de la criba consisten en un montaje completamente flotante sin conexión mecánica fija entre las partes vibrantes y la base o estructura soporte. La criba vibrante y la carga del material se apoya sobre muelles aislantes de soporte.

## RECOMENDACION DE HOLGURAS

1. Deje un espacio libre mínimo de 40 mm. horizontalmente y de 50 mm. verticalmente entre el marco vibrante de la criba y la estructura circundante.
2. Instale una pasarela alrededor de la criba para facilitar el acceso a todas las piezas que necesiten mantenimiento.
3. Deje un espacio libre mínimo de 760 mm. a cada lado de ambas chapas guialderas laterales de la criba, para facilitar el desmontaje de las protecciones del contrapeso, y acceso a los dispositivos para lubricación.
4. Deje espacio suficiente para permitir el cambio del medio de cribado (malla,...). El medio de cribado de la bandeja superior se puede instalar desde arriba. Cuando las cribas son de dos o tres bandejas, el medio de cribado de las bandejas inferiores tiene que quitarse e instalarse desde el extremo de la criba. Por lo tanto, déjese espacio suficiente por uno o por ambos extremos.
5. Deje espacio suficiente para sacar el eje del vibrador a efectos de mantenimiento mayor.
6. El cambio de los muelles aislantes de soporte, que requiere la elevación del conjunto de la criba aproximadamente 130 mm., debe tenerse en cuenta, cuando se establecen las holguras.
7. Los pesos de los conjuntos vibrantes se muestran en el plano de instalación que acompaña la Criba Vibrante. Cuando se eleven estos conjuntos, utilídense eslingas y equipo elevador con resistencia suficiente.

## PROCEDIMIENTO DE INSTALACION

1. Fije los apoyos, de los muelles de soporte de la criba, a los cimientos o estructura soporte, de acuerdo con el plano definitivo de dimensiones que se suministra con la criba vibrante.

2. Para levantar la criba, pase las eslingas de elevación por debajo de todo el cuerpo (chasis) de la criba, o use los taladros de las orejetas de las cuatro cartelas de los muelles.



**PRECAUCION:** Para elevar la criba, no utilicen los extremos del eje, protecciones de contrapesos, polea del vibrador, carcasa del eje, ni elementos de la bandeja.

3. Las cribas suspendidas se suministran con cable de alambre y accesorios, para soportar la criba. Con la criba colocada en la posición que se desee, fije a las cartelas de la criba los extremos de las horquillas de los conjuntos de los cables. Instale los cables verticalmente. Corte la parte de arriba de cada cable de manera que el cable sobresalga de 50 a 75 mm sobre la parte alta de la viga de soporte.
4. Monte en la parte de arriba de cada cable la horquilla superior y el accesorio de perno prisionero. (Vea la Fig. 2). Con una mordaza de tomillo agarre el cable verticalmente, poniendo en las mordazas de la prensa un recubrimiento protector. Aplique una segunda mordaza en Dimensión A. (Vea a la Tabla 3).

Tabla 3- Dimensiones de cable para accesorios.

| Tamaño de cable | A   | B  | C   |
|-----------------|-----|----|-----|
| 13              | 110 | 45 | 90  |
| 16              | 130 | 50 | 100 |
| 19              | 150 | 60 | 115 |

Dimensiones en milímetros

Figura 2 A. Instale el manguito. Conduzca la mordaza, próxima al extremo del cable, para que el manguito pueda ponerse fácilmente sobre ella.

Utilícese una barra de cobre o pieza de madera dura para proteger el borde del manguito y meta hacia

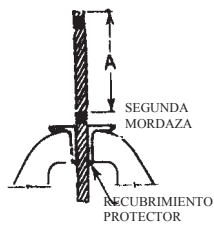


FIG. 2

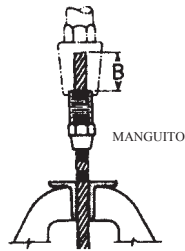


FIG. 2A

abajo el manguito y mordazas hasta que el extremo del cable y la parte alta del manguito estén a ras. Atornille el perno prisionero sobre el manguito unas pocas vueltas. Utilice una barra de cobre o pieza de madera dura para proteger el extremo del perno prisionero y continúe llevando el manguito y mordaza cable abajo hasta que la parte superior del manguito esté a Dimensión B. (Vea Tabla 3).

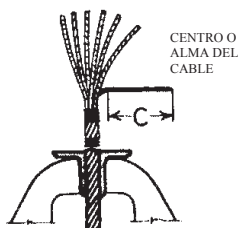


FIG. 2B

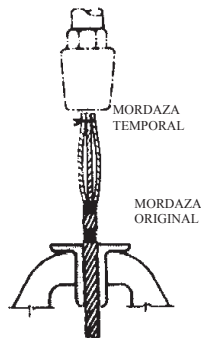


FIG. 2C

Figura 2B. Coloque de nuevo el cable en la prensa de tornillo, justo por debajo de las mordazas, y quite el manguito temporalmente.

Tire del centro o alma del cable sacándolo hacia un lado entre los cordones y córtelo a la Dimensión C (Vea Tabla 3).

Empuje hacia atrás el espárrago del centro (alma) del cable, adentro del centro del cable, no separe los alambres para obturar el centro (alma) del cable; manténgalos retorcidos juntos en cordones por separado.



FIG. 2D

CLAVE LA ESTACA HACIA ABAJO HASTA UN ASIENTO SOLIDO

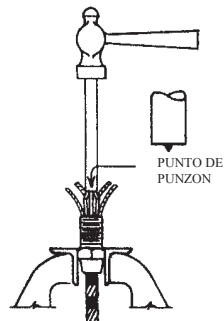


FIG. 2E

Quite el cable de la prensa y limpie todo el lubricante, con un disolvente limpiador, de la parte exterior de cada cordón, especialmente de la superficie interna donde se agarrará el taco.

Figura 2C. Comprima juntos los cordones del cable en la parte alta y aplique una vuelta de mordaza temporal de cable. Apriete el cable con unos alicates.

Instale el manguito retorciéndolo y empujándolo sobre el extremo del cable.

Figura 2D. Quite la mordaza temporal y fuerce el manguito hacia abajo hasta las mordazas originales.

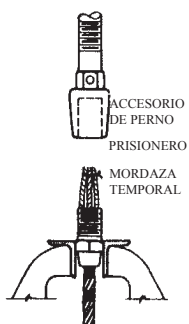


FIG. 2F

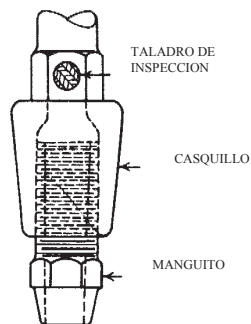


FIG. 2G

Agarre otra vez el cable en la prensa sobre las mordazas de manera que el extremo del manguito se apoye sólidamente contra las mordazas de la prensa.

Inserte el taco en el centro entre los cordones. Si el taco es ranurado (para cable de tamaño mayor) cerciórese que los cordones quedan asentados en sus respectivas ranuras.

Figura 2 E. Con martillo y punzón golpee el taco hacia abajo, con suavidad.

Sujete los extremos de los cordones alrededor de la parte externa del punzón girándolos ligeramente en dirección opuesta al torcido del cable. Esto permite que los cordones se ajusten bien por sí mismos, en las ranuras.

El taco liso (para los cables de tamaño más pequeño) evita que los cordones se esponjen. Asegúrese de que queden distribuidos simétricamente alrededor del taco según van introduciéndolo.

Meta el taco hacia abajo a un asentamiento moderado, suficiente para aguantar el cable, manguito y taco firmemente unidos.

Vuelva a agarrar con la prensa el manguito y enclave el taco con el punzón firmemente. Asegúrese que baje lo más posible.

Figura 2F. Aplique una vuelta de mordaza temporal de cable y apriete con alicates para que todos los cordones entren en el extremo abierto del accesorio de perno prisionero.

Figura 2F. Quite la mordaza temporal después de que los cordones hayan entrado en el accesorio de perno. Empuje y retuerza hacia abajo el accesorio de perno al manguito hasta que se encajen las roscas, y atornille hacia abajo firmemente el accesorio de perno. Si está bien instalado, habrá visibles en el manguito de 1 a 5 roscas.

Quite todas las mordazas.

Compruebe a través del taladro de inspección el torcido de los cordones del cable. Los cordones tienen que estar, a través del taladro de inspección, totalmente visibles y torcidos en un ángulo en comparación con el eje del cable y los accesorios de perno.

5. Coloque los muelles aislantes de soporte sobre las protuberancias.

6. Baje la criba vibrante con cuidado; compruebe que los muelles y las protuberancias estén alineados para asegurar un asentamiento adecuado. Para las cribas suspendidas, mida la altura comprimida de los muelles. Haga que las alturas sean

aproximadamente iguales ajustando las tuercas de los espárragos.

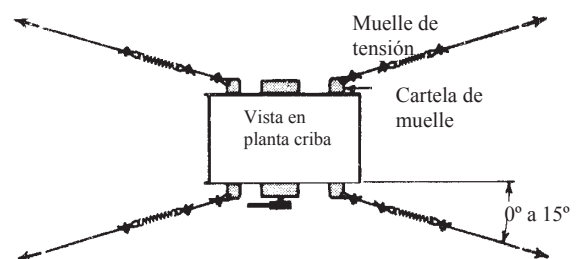
7. Las cribas suspendidas se pueden estabilizar, si fuese necesario, por medio de cuatro muelles de tensión, cables de 10 mm., y abrazaderas de cable. Córtese el cable a las longitudes convenientes y conéctelos a los muelles de tensión haciendo cuatro conjuntos que se extenderán desde las esquinas de cada cartela de muelle hasta una estructura fija. Estos conjuntos estabilizadores, (Fig. 3) con muelles estirados, evitan que la criba vibrante cimbree.

8. Los conjuntos de cable de suspensión de más de 2.500 mm. es probable que den latigazos. Se suministran dos abrazaderas pesadas de cable para añadir masa a los dos cables de suspensión más próximos al extremo de descarga de la criba. Las abrazaderas se aferran hacia la mitad de estos cables. Si no se eliminan los latigazos, ajusten las abrazaderas más altas o bajas en los cables, hasta que los cables dejen de dar latigazos.

Eslingas de Seguridad. Como medida de precaución extra para las instalaciones de montaje suspendido, es importante colocar eslingas de seguridad (de cables flexibles) alrededor de la criba. Estas eslingas evitarán la caída del alimentador, en el caso que un conjunto de suspensión se rompiera. El calibre del cable de seguridad debe ser de igual tamaño al del cable de suspensión.

9. Las Cribas Vibrantes Modelo CH, montadas sobre base de apoyo, para evitar el cimbreo llevan unos topos de fricción de goma con resorte, que forman parte del conjunto de soporte de muelle.

Figura 3- Equipos suspendidos.



## ACCIONAMIENTO (TRANSMISION)



**PRECAUCION:** Antes de poner el equipo en funcionamiento, las protecciones (tapas) tienen que estar colocadas en su sitio. Mantenga la energía eléctrica desconectada durante los procesos de mantenimiento.

1. Atorníllese el motor a su base.
2. Coloque las correas trapezoidales en las ranuras de la polea. Se comprobará su correcta alineación.
3. Ajústese la posición del motor hasta lograr la tensión adecuada que impida la sacudida de correas, pero con la suficiente holgura que permita el movimiento de la criba sin restricciones.

## VERIFICACIÓN FINAL DE DAÑOS QUE PUEDE HABER OCURRIDO DURANTE EL TRÁNSITO O DURANTE LA INSTALACIÓN.

1. Compruébese si cualquier daño ha ocurrido durante el transporte, y si hubiese algún daño, pónganse en contacto con el transportista y con TARNOS.
2. Verifique la libre movilidad del mecanismo vibrador, haciendo girar el mecanismo, colocando un encastre con trinquete sobre el tomillo (vea Item A, en el Conjunto del Vibrador).
3. Ponga en marcha la criba vibrante, en vacío, a la velocidad especificada en la chapa de características del equipo. Si existe algún ruido extraño o movimiento errático, pare la criba y compruebe el asiento de los muelles aislantes de soporte, la rigidez de la estructura de soporte, la tensión de las correas, etc. Compruebe la temperatura de los rodamientos, al cuarto de hora y a la hora de funcionamiento. No pongan en funcionamiento la criba sin antes corregir cualquier anomalía de funcionamiento.
4. Si al completar la instalación de la criba vibrante, no funcionase satisfactoriamente, consúltese con TARNOS.

## AJUSTE DEL CONTRAPESO

Las cribas vibrantes se envían de fábrica con los suficientes contrapesos de segmentos para aplicaciones generales de cribado. Si se utiliza la criba para aplicación de cribado por debajo del promedio, reduzca el número de segmentos hasta los cuales el rendimiento obtenido sea satisfactorio. Una reducción de contrapeso presta a las piezas de la criba mayor durabilidad, sobre todo a los rodamientos.



**PRECAUCION.** Para aplicaciones especiales en las que se quiera mayor movimiento de cribado, antes de añadir segmentos de contrapeso consúltese con TARNOS.

Si se quitan o se añaden segmentos, pudiera ser necesario montar tornillos de diferente longitud para sujetar los segmentos de contrapeso. Asegúrese que estos tornillos queden despejados de roce cuando el accionamiento esté en funcionamiento.

El espesor total de los segmentos debe ser igual a ambos lados del mecanismo vibrante, y en lo posible que estén colocados simétricamente en los conjuntos de contrapeso.

## AJUSTE DE VELOCIDAD

La velocidad de funcionamiento pueden reducirla, hasta un 25 %, si quieren aumentar el tiempo de duración de los rodamientos y de la estructura de la criba. No obstante, una reducción de la velocidad de funcionamiento producirá una disminución de la eficiencia de cribado. Para un incremento de la velocidad de funcionamiento tienen que consultar antes con TARNOS.

## CUADRO DE MANDO PARA FRENADO POR CONMUTACIÓN ELÉCTRICA DEL MOTOR

El motor necesita tener un alto par de arranque, a causa de la gran masa desequilibrada, para acelerar rápidamente el mecanismo del vibrador (accionamiento).



Es esencial que el arranque y la parada sean rápidos, para evitar las perniciosas vibraciones resonantes que se desarrollan cuando, la masa soportada en los resortes aislantes pasa por la frecuencia crítica.

Para procurar que durante la parada de la criba, la deceleración sea rápida, opcionalmente suministramos un cuadro de mando para conmutación eléctrica del motor. Este mando invierte la corriente a través del motor, frenándolo eficazmente.

El circuito del control provee un retardo desde el momento en que se presiona el botón de parada hasta que el contactor de inversión (conmutación eléctrica) se conecta. Este retardo permite que el vibrador (accionamiento) marche por inercia disminuyendo hasta una velocidad que se aproxime a la frecuencia crítica, de esta manera reduce la energía almacenada en las piezas giratorias en el momento de la conmutación eléctrica.

El circuito de control también limita la duración de la conmutación eléctrica para evitar que el motor desacelere por la velocidad cero y comience a girar en rotación inversa.

Opcionalmente TARNOS puede suministrar los temporizadores y relé de control.

TARNOS suministra bajo pedido un cuadro de mando unitario precableado, con información detallada del mismo.



**PRECAUCION:** Si al completar la instalación alguna característica de este equipo no funcionase satisfactoriamente, consúltese con TARNOS.

## MANTENIMIENTO



**ADVERTENCIA:** Asegúrese de que se han completado las conexiones de puesta a tierra. Desconecte el suministro eléctrico, antes de comenzar a efectuar cualquier trabajo de mantenimiento.

En los armazones vibrantes, nadie debe subirse, sujetarlos ni apoyarse. Las vibraciones transmitidas a personas pueden ser perjudiciales. Nunca proceda al mantenimiento de la criba estando la criba en movimiento, a excepción de los rodamientos que pueden lubricarse por medio de tubos flexibles instalados previamente.

Un programa regular de revisión completa y, si fuera necesario, el desmontaje, limpieza y engrase, después de cada 1.500 horas de funcionamiento, aseguran la máxima duración y el mínimo tiempo de inactividad de la criba.

Se debe llevar un registro completo sobre el mantenimiento preventivo, además de un registro sobre las reparaciones efectuadas. Por ser las Cribas CS y CH máquinas vibrantes, deben corregirse las averías menores antes de que se produzca un daño grave. Repóngase de inmediato los muelles aislantes de soporte que estén defectuosos y los tornillos que falten. Son signos de que se desarrolla un fallo en la máquina: Los ruidos o movimientos extraños, la formación de grietas en la estructura (en o cerca de las juntas, principalmente). A dichas grietas se les debe hacer unos taladros, de  $\varnothing$  6 mm., en los extremos.



**PRECAUCION.** En caso de que surjan dichos fallos deben consultarse lo antes posible con TARNOS.



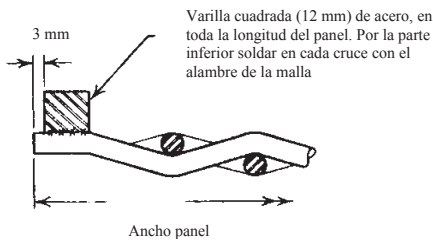
**PRECAUCION:** Si se hace alguna soldadura, la conexión a tierra de la soldadora no se debe hacer a través de la Criba Vibrante.

Las correas trapezoidales deben mantenerse a la tensión adecuada, y se ajustan mediante la posición del motor. Se tensarán sólo lo suficiente para evitar que patinen en el arranque, o que den sacudidas.

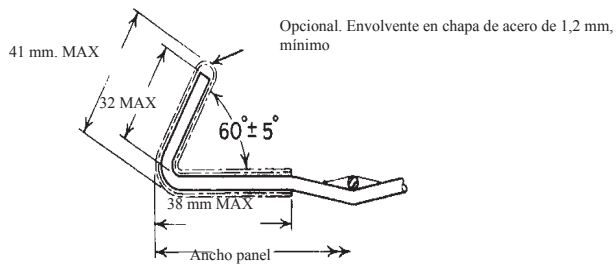
La puesta a tierra de la corriente del motor debe hacerse a la cimentación o estructura del edificio, y no a la criba vibrante.

Figura 4 – Elementos de fijación de la malla

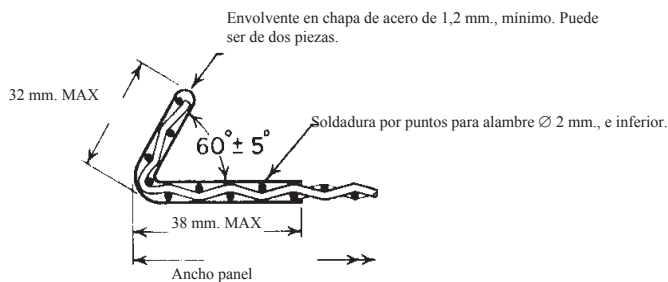
TIPO: A – Para alambre de malla  $\varnothing$  8 mm o mayor



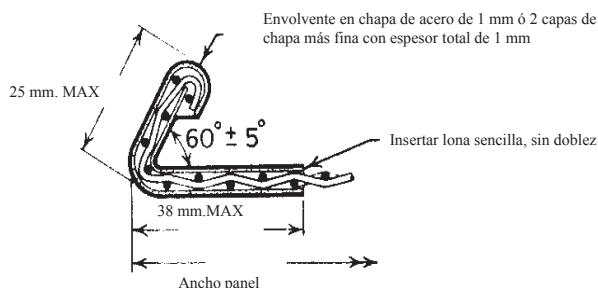
Tipo: B – Para alambre de malla  $\varnothing$  5 a 8 mm



Tipo: C - Para alambre de malla  $\varnothing$  1 a 5 mm



Tipo: D – Para alambre de malla inferior a  $\varnothing$  1 mm



## MALLAS DE CRIBAR - CUIDADOS Y REPOSICION



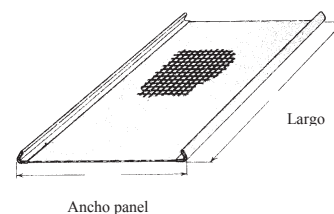
**PRECAUCION:** No se debe andar ni dejar herramientas sobre las mallas de la criba. Debe tenerse una precaución especial con las mallas de alambre fino, que se dañan fácilmente por estos motivos.

Las mallas de alambre fino, por lo general, presentan un alargamiento del alambre, al poco tiempo de poner la criba en funcionamiento. Por lo tanto, compruebe la tensión de la malla durante el primer día de funcionamiento y si es necesario reajuste la tensión.



**PRECAUCION:** Para la mayor durabilidad de la malla, manténgase a su debida tensión. Compruébese periódicamente.

Las mallas se tensan rápidamente, apretando las tuercas de tensión de malla. Apriete las tuercas uniformemente, comenzando por el centro del panel de malla y prosiguiendo hacia los extremos. La malla debe estar centrada respecto a ambas gualderas laterales de la criba.



Ajuste la malla a la tensión correcta según su buen criterio y experiencia. Una malla de luz pequeña debidamente tensada, al golpearla con la mano abierta entre soportes de bandeja, tendrá elasticidad y producirá el rebote de la mano. Las mallas más fuertes al golpearlas con la mano cerrada, deben resistir el golpe, sin movimiento de la malla contra los soportes. El movimiento relativo entre la malla y la estructura de la bandeja de soporte, disminuirá la eficacia de cribado y reducirá la duración de la malla.



Tabla 4 - Dimensiones del panel de malla

| BANDEJA O CRIBA<br>ANCHO NOMINAL<br>mm      Pies |      | PANEL DE MALLA<br>ANCHO<br>MILIMETROS | BANDEJA O CRIBA<br>LARGO NOMINAL<br>MM      (PIES) |       | PANEL DE MALLA<br>LARGO<br>MILIMETROS | NUMERO DE PIEZAS<br>DE MALLA POR<br>PANEL |
|--|------|---------------------------------------|--|-------|---------------------------------------|---|
| 1.220  | (4') | 1.180                                 | 2.440  | (8')  | 1.220                                 | 2   |
| 1.525  | (5') | 1.485                                 | 3.050  | (10') | 1.525                                 | 2   |
| 1.830  | (6') | 1.790                                 | 3.660  | (12') | 1.220                                 | 3   |
| 2.135  | (7') | 2.095                                 | 4.270  | (14') | 1.420                                 | 3   |
| 2.440  | (8') | 2.400                                 | 4.880  | (16') | 1.220                                 | 4   |
|  |      |                                       | 5.490  | (18') | 1.370                                 | 4   |
|  |      |                                       | 6.100  | (20') | 1.220                                 | 5   |

Algunas cribas que tengan mallas de cribar muy finas o que funcionen a temperaturas cuyas oscilaciones sean extremadas, están equipadas con conjuntos de un tornillo de tensión provisto de muelle para el tensionado de la malla. Compriman estos muelles hasta que sus espiras extremas se toquen. Estos muelles mantienen la suficiente tensión de malla sin necesidad de tener que tensar a mano, frecuentemente. Para comprobar el buen estado de funcionamiento de los conjuntos de tornillo de tensión con muelle, será suficiente con una inspección visual.

La malla de la criba apoya sobre perfiles de goma que además de apoyo le sirven de almohadilla. Compruebe periódicamente estos perfiles en cuanto a su colocación y estado.



**PRECAUCION:** Los perfiles de goma desgastados deben cambiarse siempre..

Las mallas se desgastarán con el tiempo de uso, aunque hayan estado bien cuidadas y tensadas. Las dimensiones de los paneles y los tipos de fijación de la malla al bastidor, se muestran en la Tabla 4 y en la Figura 4.

Solicite a TARNOS los repuestos de mallas (u otras superficies de cribado) para asegurar la calidad y aplicación correctas.

#### Selección del panel de malla y del tipo de montaje de fijación al bastidor.

Un pedido de panel de cribado o de montaje de fijación de malla, debe cumplimentarse con la siguiente información:

1. Ancho y largo del panel de malla (y/o tamaño de la bandeja-criba) -ver Tabla 4-, luz de malla, diámetro del alambre, clase de alambre, tipo de fijación de la malla al bastidor (Si la superficie de cribado fuese de chapa indique el espesor).
2. Malla y montaje de fijación en acero inoxidable, si se necesita resistente a la corrosión.
3. Si la malla de la criba fuese a ser calentada eléctricamente.

Consulte con TARNOS los repuestos necesarios para elementos opcionales y accesorios, como bandejas de bolas de rebote, mallas calentadas eléctricamente, etc.



**ADVERTENCIA.** Para efectuar trabajos de mantenimiento o inspección, primero desconecte la entrada de energía eléctrica al motor y afiance el conmutador de desconexión en posición de abierto.

#### DESMONTAJE DEL MECANISMO DEL VIBRADOR (Accionamiento)

Inspeccione el mecanismo del vibrador (accionamiento) cada 1.500 a 2.000 horas de funcionamiento, o cuando sea necesario, para reponer las piezas deterioradas o desgastadas. Lo más práctico sería, llevar el conjunto del vibrador a una zona limpia para efectuar su desmontaje y mantenimiento.

Debido a la sencillez de diseño del vibrador, no se necesitan unas instrucciones paso a paso para su desmontaje y montaje.

Quite la protección del contrapeso. Después, desconecte el tubo de engrase AE o F (Figura 5 ó Figura 1).

Los rodamientos están ajustados dentro del hueco del portarrodamiento y así sujetos se deslizan sobre el eje. Por lo tanto, el portarrodamiento y rodamientos se pueden sacar y meter conjuntamente deslizándolos sobre el eje. Para poder sacar fuera este conjunto hay que quitar primero el anillo de retención exterior del rodamiento, que está en el lado de accionamiento.

Nota: Tenga especial cuidado en no dañar los anillos o aros de estanqueidad. Antes de proceder a ensamblar de nuevo, aplíquese grasa o aceite al retén de lubricante.

En los portarrodamientos (vibrador lubricado con grasa) se han previsto tres taladros auxiliares (N) (vea la Fig. 5), para facilitar el desmontaje de los rodamientos. Saque de los taladros los tornillos prisioneros de cabeza hueca, que taponan la salida de lubricante, y meta unos tornillos con suficiente longitud que puedan empujar los rodamientos fuera del alojamiento.

Cuando vuelva a montar los rodamientos en los portarrodamientos, ponga de nuevo tornillos prisioneros en los tres taladros auxiliares, antes de añadir grasa.

Al volver a montar el mecanismo del vibrador, esparza albayalde (blanco de plomo) no endurecedor, sobre el eje y en los sitios del rodamiento y espaciador.

Después de varias horas de funcionamiento, es de importancia reapretar los tornillos de alta resistencia a los pares recomendados (véase Tabla 5). Los taladros de los tornillos deben quedar ligeramente recalados. Durante el apriete, no debe haber movimiento de las piezas atornilladas.

Se puede dar la vuelta a los espaciadores para que el extremo sirva de nueva superficie de desgaste al retén de lubricante.

No se citan averías resultantes de la carencia de un debido mantenimiento preventivo. Debe ponerse en práctica un mantenimiento bien planificado.

## EMPLEO DE TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA

En los puntos donde se transmiten grandes cargas vibrantes se utilizan tornillos de alta resistencia. Estos son: Tornillo de cabeza hexagonal de alta resistencia, y tornillo de cabeza cilíndrica con hexágono interior de acero aleado tratado térmicamente. Se identifican: por tres líneas radiales en la cabeza del tornillo hexagonal, o por el hexágono interior en el tornillo de cabeza cilíndrica. Si tiene que desmontar los tornillos de alta resistencia, tenga la precaución de que no vayan a ser sustituidos por otros que no fuesen sus iguales de alta resistencia.

Para el montaje de tornillos de alta resistencia observe las siguientes normas:

1. Quite el aceite o grasa de los tornillos, tuercas, arandelas y superficies de unión.
2. No pinte las superficies de asiento de los tornillos de alta resistencia.
3. Monte arandelas aceradas (templadas), planas sobre superficie de asiento lisa. Si existiese algún tropiezo o impedimento, se puede reparar el borde externo de las arandelas, aunque sin llegar a reducir la superficie de apoyo de la arandela en más del 20%.
4. Apriete los tornillos utilizando una llave de torsión dinamométrica. Si no se dispone de una llave de torsión, apriétese primero con una llave de 30 centímetros de larga, y posteriormente utilice una llave mayor provista con una extensión como mango, con la que se dará a los tornillos un apretón de media vuelta más. Apriete los tornillos de alta resistencia a los pares de apriete indicados en la Tabla (5).

Tabla 5. Pares de apriete de tornillos de alta resistencia

| Diámetro del tornillo (métrica) | Par de apriete en Kg/metro de tornillos de alta resistencia |  |
|---------------------------------|---|--|
|                                 | Tornillo cabeza hexagonal                                   | Tornillo cabeza cilíndrica con hexágono interior |
| M.10                            | 6   | 6,5  |
| M.12                            | 14  | 16   |
| M.16                            | 29  | 32   |
| M.20                            | 53  | 60   |
| M.22                            | 80  | 92   |

Ejemplo: 53 kg/metro de par = 45 kg de fuerza en una palanca de 1,14 metros.

Pida a TARNOS los tornillos de alta resistencia, las tuercas y las arandelas para asegurar la calidad correcta. En el pedido se debe especificar, para los tornillos: diámetro, longitud, tipo de rosca y de cabeza, y la cantidad necesaria. En caso de emergencia, se puede utilizar tornillos de clase aleado tratado térmicamente (cabeza con hexágono interior) en lugar de tornillos de alta resistencia de cabeza hexagonal.

## LUBRICACION CON ACEITE

(Vibrador de accionamiento)

NOTA: En la Tabla (6) se indica la cantidad de aceite necesario según el tamaño de rodamiento. El nivel de aceite se debe comprobar a diario, y añadir el aceite que fuese necesario.

Las instrucciones de lubricación deben cumplirse lo más estrictamente posible en beneficio de la máxima duración de la vida del vibrador.

Para lubricar los rodamientos del vibrador, quite el tapón de tubo situado cerca de la parte superior de la protección del contrapeso. Primero, hágase un cambio total del aceite, pasadas dos semanas desde la puesta en funcionamiento de la criba. Quite los tapones de tubo magnéticos, límpiense y vuélvanse a colocar.

El nivel de aceite en el vibrador se observa en el visor indicador del nivel, montado en cada placa lateral, delantera al eje. Esto está próximo a la protección de la correa trapezoidal del accionamiento. Vea la Figura 1. El nivel de aceite

debe mantenerse en donde marca lleno, en el visor indicador de nivel.

Un exceso de aceite causará un sobrecalentamiento que puede dañar los retenes de aceite. Si la cantidad de aceite es insuficiente se dañarán los rodamientos.



**PRECAUCION:** El nivel de aceite debe mantenerse entre las dos líneas del visor indicador de nivel.



**PRECAUCION:** La clase de aceite recomendado para el vibrador de una criba vibrante, se indicará al suministro de la criba, con este tipo de vibrador.

Tabla 6-Cantidad aceite según tamaño rodamiento.

| RODAMIENTO (Tipo-Tamaño) | Capacidad aproximada en litros*         |       |       |       |       |
|--------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
|                          | Ancho de la criba en milímetros, aprox. |       |       |       |       |
|                          | 1.220                                   | 1.525 | 1.830 | 2.135 | 2.440 |
| 22317                    | 2,84                                    | 3,78  | 4,73  | 5,68  | 6,15  |
| 22320                    | 3,78                                    | 4,73  | 5,68  | 6,15  | 6,62  |
| 22324                    | 5,68                                    | 6,62  | 7,57  | 8,52  | 9,46  |
| 22328                    | 7,57                                    | 8,52  | 9,46  | 10,40 | 11,4  |
| 22332                    | 8,52                                    | 9,46  | 10,40 | 10,88 | 11,8  |

Para recomendar el aceite se tendrá en cuenta las condiciones de trabajo, por si fuesen extremadamente duras (suciedad, humedad, temperatura, etc.). Consulte a TARNOS.

## LUBRICACION CON GRASA

(Vibrador de accionamiento)

Los rodamientos del accionamiento vibrador se engrasan en fábrica, con la grasa adecuada. En la parte superior de la protección de los contrapesos, sobre cada portarrodamiento, se halla un engrasador de tipo de presión para poder efectuar los engrases de los rodamientos. Antes de engrasar, quite el polvo y arenillas que tengan el engrasador y la pistola de engrase. El recipiente de la grasa debe conservarse bien tapado.

En condiciones de servicio normal, se debe efectuar un reengrase cada 30 horas de funcionamiento. En otras condiciones de funcionamiento, conviene elaborar un programa de mantenimiento basado en la experiencia.

En cada engrase, añada a cada rodamiento, aproximadamente la cantidad de grasa que se indica en la Tabla 7.

La grasa recomendada es:

Molikote BR-2 de Krafft. o equivalente.

No utilice grasas que dejen residuos aglutinados.

Tabla 7-  
Cantidad de grasa según tamaño de rodamiento.

| RODAMIENTO<br>(Tipo-tamaño) | 2231<br>7 | 22320 | 22324 | 22328 | 22332 | 22336 |
|-----------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| GRASA<br>(gramos)           | 85        | 115   | 140   | 185   | 225   | 280   |

Una elevación de temperatura del alojamiento de los rodamientos de 16° C., por encima de la temperatura ambiente se considera normal. Si la elevación de temperatura sobrepasa los 32°, sobre la temperatura ambiente, debe ser causa de investigación. Un rodamiento engrasado en exceso puede causar una elevación temporal de la temperatura, hasta que la grasa sobrante se elimine a través del dispositivo de rebose de grasa o retenes.

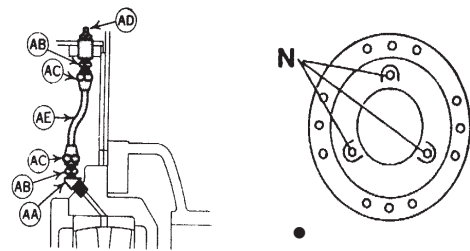
NOTA: Si la temperatura ambiente fuese menor que 7°C. bajo cero. o mayor que 66°C., consulte a TARNOS en cuanto al lubricante recomendado.

Rellene los retenes con la misma grasa que se utiliza para la lubricación de los rodamientos.

Después de cada 1.500 a 2.000 horas de funcionamiento, desmonte el mecanismo del vibrador, elimine la suciedad, lodos y residuos de grasa, de todas las piezas del accionamiento. Limpie los rodamientos, por inundación, con aceite SAE 10 a 94°C. de temperatura. Al volver a montar, engrase los rodamientos llenando de grasa, y llene el fondo de la cavidad próxima en el portarrodamiento y retén, con grasa, pero sólo hasta la parte inferior del eje.

Figura 5- Conjunto para lubricación por grasa

| Item | Descripción            | Cantidad |
|------|------------------------|----------|
| AA   | Codo a 45°             | 2        |
| AB   | Adaptador de reducción | 4        |
| AC   | Tuerca de unión tubo   | 4        |
| AD   | Engrasador             | 2        |
| AE   | Tubo                   | 2        |



- Figura correspondiente al aparato de desmontaje del mecanismo del vibrador.

## PETICION DE PIEZAS DE REPUESTO

Tabla 8 - Cantidad de piezas de repuestos que se recomiendan por número de Cribas.

| Denominación de la pieza                                 | N° de Cribas |    |    |
|--|--------------|----|----|
|  | 1            | 2  | 3  |
| ∇ Rodamiento   | 2            | 3  | 4  |
| Correas trapezoidales                                    | 1*           | 2* | 2* |
| Contrapeso, conjunto                                     | 1            | 1  | 2  |
| Mallas de cribas   | 1*           | 2* | 3* |
| Tornillos de tensión ( para solo una bandeja)            | 1            | 2  | 4  |
| ∇ Portarrodamiento                                       | 1            | 2  | 3  |
| Muelle aislante (de soporte)                             | 2            | 4  | 6  |
| Chapa perforada con tornillos                            | 2            | 3  | 5  |
| ●∇ Anillo "Spirolox" (portarrodamiento)                  | 4            | 8  | 12 |
| ◆ Amortiguador de choque de goma (para montaje apoyado)  | 2            | 4  | 8  |
| ∇ Aro "O" de estanqueidad ( para lubricación con aceite) | 2*           | 3* | 4* |
| ∇ Retén de lubricante                                    | 2            | 3  | 4  |
| ∇ Espaciador   | 1            | 2  | 3  |

\*Lote, grupo o conjunto  
 ∇ Piezas del vibrador de accionamiento  
 ● Para lubricación por grasa, únicamente  
 ◆ Para criba modelo CH, únicamente

Para efectuar pedidos de piezas de repuesto deben consultar las listas de materiales de las páginas siguientes. Pídanse las piezas indicando su denominación, símbolo de referencia y cantidad y página del manual. Incluya en el pedido, el número de serie, el modelo y tamaño de la criba vibrante, según figura en la placa de características del equipo.

Pídanse siempre a TARNOS las piezas de recambio. Esto es particularmente aplicable a los rodamientos, que debido a los requisitos especiales que tienen de ajustes internos, no se consiguen fácilmente fuera de nuestro suministro.

Es aconsejable que el usuario de las cribas mantenga una provisión de determinadas piezas esenciales de repuesto, para así poder efectuar rápidamente reparaciones o cambios de piezas. Con esto se evitan también costosas demoras.

Sírvanse de su buen criterio para considerar que si hay más de una criba vibrante en emplazamiento próximo, esto se debe tener en cuenta para que la provisión de repuestos no sea en exceso. Vea la tabla (8).

Después de un tiempo prolongado de servicio, pudiera ser necesario reemplazar las superficies de las bandejas, que sean otras que las maltas de cribar. A la instalación del repuesto, atorníllelo y/o suéldelo de la misma manera que el equipo original. Apriete los tornillos de alta resistencia de acuerdo con el par de apriete que se especifica en la Tabla (5).

NOTA: Para pedir la tornillería de alta resistencia, véase también el apartado referente a estos tornillos.

Consulte a TARNOS las piezas de repuestos que deban prever en almacén, si la criba tuviese accesorios especiales, como; bandejas con bolas de rebote, mallas calentadas eléctricamente, etc.

## EMISIÓN DE RUIDO

El nivel de presión acústica de emisión ponderado A es superior a 70 dBA e inferior a 80 dBA.

La medición del nivel de presión acústica ponderado se efectúa a 1 m de la superficie de la máquina y a una altura de 1.6 metros por encima del suelo.

Los valores obtenidos son sólo de emisión y no pueden ser utilizados de manera fiable para determinar si son necesarias medidas de prevención adicionales.

Los parámetros que influyen en el nivel de exposición comprenden, entre otros aspectos, el tipo de instalación que se haga del equipo, el material que transporte, la duración de la exposición, las características del centro de trabajo u otras fuentes de ruido.



Importante: TARNOS recomienda la utilización de protectores acústicos homologados como parte del equipo de protección individual.

## GUÍA PARA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

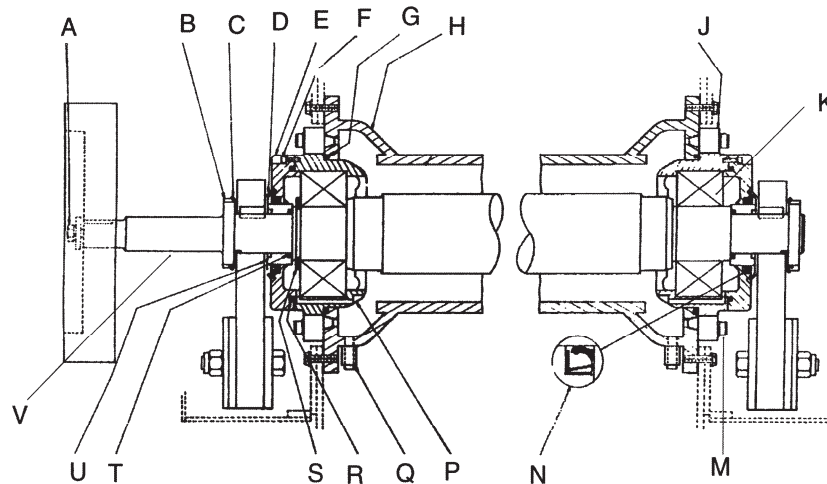
(Tabla 9)

| Síntoma  | Causa  | Remedio  |
|--|--|--|
| Excesivo calentamiento del vibrador. (accionamiento) | Muy poco lubricante  | Compruebe juntas, anillos, etc., en cuanto a fugas. Añada lubricante               |
|  | Demasiado lubricante   | Compruebe el dispositivo de rebose de lubricante. Quite el exceso de lubricante    |
|  | Alta temperatura ambiente producida por la manipulación de materiales calientes o por condiciones circundantes   | Ventile la zona o emplee lubricante para altas temperaturas. Consulte a TARNOS     |
| Fuga de lubricante                                   | La alta temperatura hace que la grasa se licúe y se escape a través de las juntas.   | Emplee grasa para altas temperaturas. Consulte a TARNOS                            |
| Rodamiento con arena                                 | Entrada de arena mientras que se realiza la lubricación , o a través de las juntas durante el funcionamiento   | Limpie por inundación el rodamiento y portarrodamiento. Vuelva a lubricar          |
| Rodamiento que hace ruido                            | Avería del rodamiento ocasionada por cualquiera de las causas mencionadas anteriormente  | Reponga el rodamiento. Tome precauciones para evitar la repetición de la avería    |
|  | Rotura por fatiga normal ocasionada por el funcionamiento del vibrador; que se identifica por el desconchado del rodillo de apoyo y del anillo de rodadura interior de la zona de gran carga | Reponga los rodamientos  |
| Vibración o rendimiento irregular                    | Las correas trapezoidales patinan  | Tense las correas ajustando la posición del motor. Reponga las correas desgastadas |
|  | Las correas trapezoidales se salen   | Compruebe la alineación de las correas. Compruebe los amortiguadores (resortes)    |
|  | Mal funcionamiento del dispositivo de frenado a contramarcha (si existe)   | Reajuste los ciclos de tiempos. Compruebe el cableado y componentes                |

No se citan averías resultantes de la carencia de un debido mantenimiento preventivo



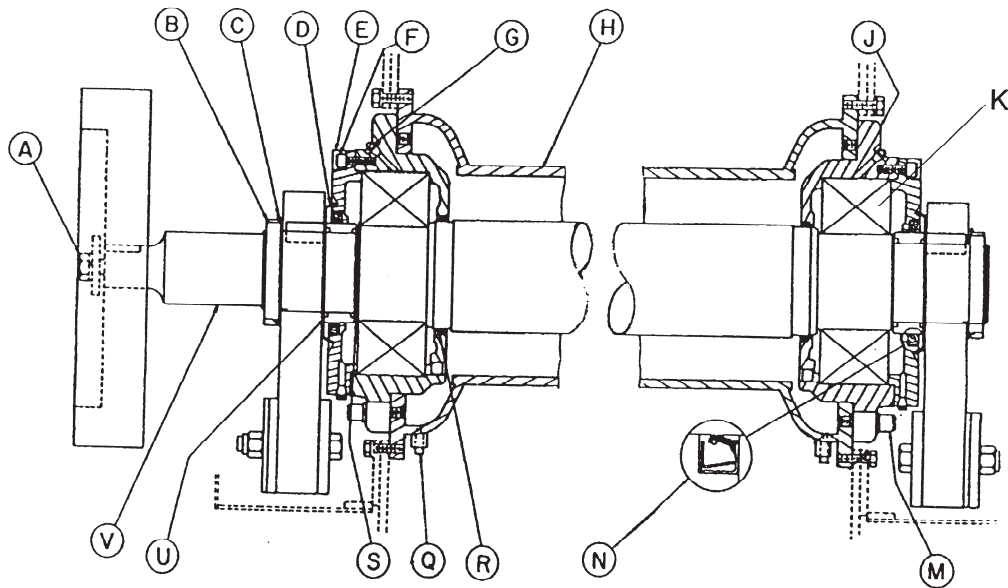
## ILUSTRACIONES DE DESPIECE (LISTA DE MATERIALES):



## VIBRADOR - LUBRICADO CON ACEITE

| ITEM | DESCRIPCION  | CANTIDAD |
|------|--|----------|
| A    | TORNILLO, CABEZA HEXAGONAL   | 1        |
|      | ARANDELA GRUESA DE SEGURIDAD   | 1        |
|      | ARANDELA   | 1        |
| B    | TUERCA DE FRENO  | 2        |
| C    | ARANDELA DE SEGURIDAD  | 2        |
| D    | TAPA DEFLECTORA  | 2        |
| E    | TAPA DE RETENCION DE RODAMIENTO                                      | 2        |
| F    | TORNILLO, CABEZA CILINDRICA CON HEXAGONO INTERIOR (ALTA RESISTENCIA) | -        |
| G    | ARO "O" DE ESTANQUEIDAD  | 2        |
| H    | CARCARA DEL VIBRADOR   | 1        |
| J    | PORTARODAMIENTO ( MANO IZQUIERDA)*                                   | 1        |
| K    | RODAMIENTO   | 2        |
| M    | TORNILLO, CABEZA CILINDRICA CON HEXAGONO INTERIOR (ALTA RESISTENCIA) | -        |
|      | ARANDELA GRUESA DE SEGURIDAD   | -        |
| N    | RETEN DE LUBRICANTE  | 2        |
| P    | PORTARODAMIENTO (MANO DERECHA)*                                      | 1        |
| Q    | TAPON DE TUBO-MAGNETICO  | 2        |
| R    | ARO "O" DE ESTANQUEIDAD  | 2        |
| S    | ANILLO DE RETENCION EXTERIOR   | 1        |
| T    | ARO "O" DE ESTANQUEIDAD  | 2        |
| U    | ESPACIADOR   | 2        |
| V    | EJE  | 1        |

\* Mirando en sentido de flujo del material desde el extremo de alimentación, de la criba vibrante

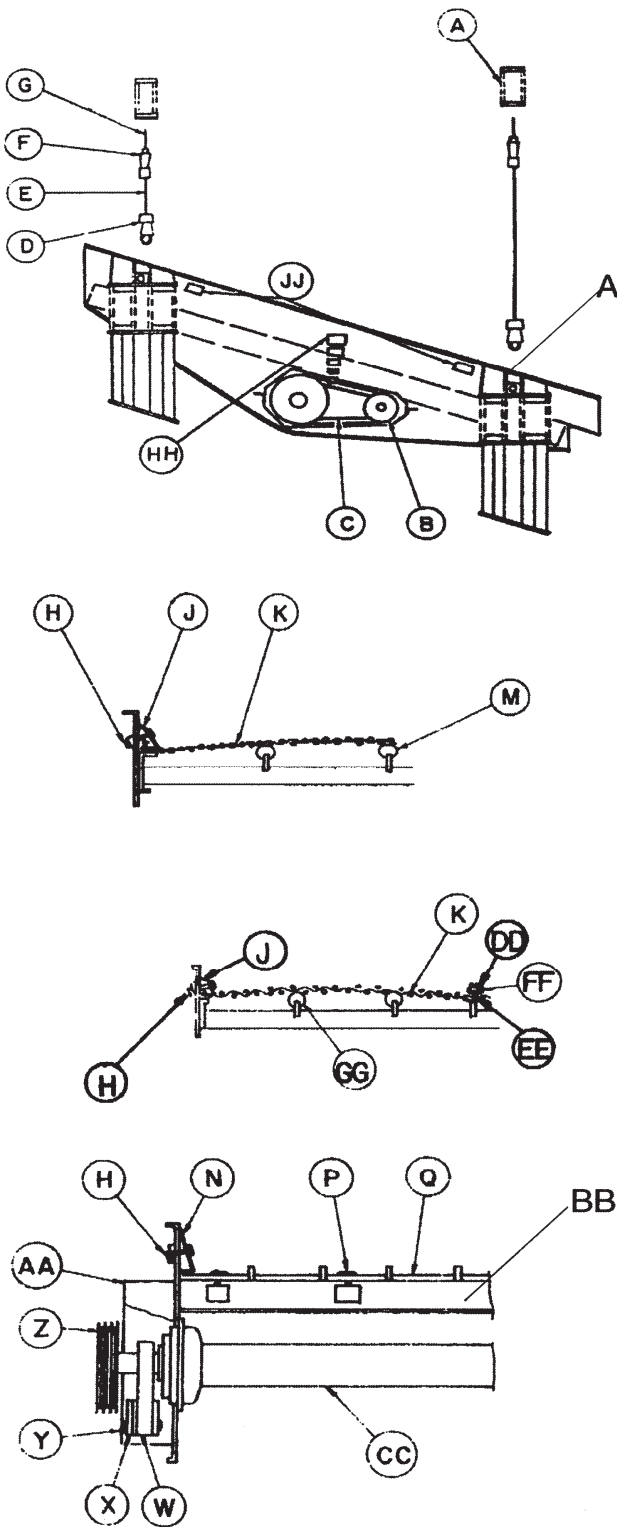


## VIBRADOR - LUBRICADO CON GRASA

| ITEM | DESCRIPCION  | CANTIDAD |
|------|--|----------|
| A    | TORNILLO, CABEZA HEXAGONAL   | 1        |
|      | ARANDELA GRUESA DE SEGURIDAD   | 1        |
|      | ARANDELA   | 1        |
| B    | TUERCA DE FRENO  | 2        |
| C    | ARANDELA DE SEGURIDAD  | 2        |
| D    | TAPA DEFLECTORA  | 2        |
| E    | TAPA DE RETENCION DE RODAMIENTO                                      | 2        |
| F    | TORNILLO, CABEZA CILINDRICA CON HEXAGONO INTERIOR (ALTA RESISTENCIA) | -        |
| G    | ENGRASADOR   | 2        |
| H    | CARCASA DEL VIBRADOR   | 1        |
| J    | PORTARRODAMIENTO   | 2        |
|      | TORNILLO, HUECO HEXAGONAL  | 6        |
| K    | RODAMIENTO   | 2        |
| M    | TORNILLO, CABEZA CILINDRICA CON HEXAGONO INTERIOR (ALTA RESISTENCIA) | -        |
|      | ARANDELA GRUESA DE SEGURIDAD   | -        |
| N    | RETEN DE LUBRICANTE  | 2        |
| Q    | TAPON DE TUBO-MAGNETICO  | 2        |
| R    | ANILLO, TIPO SPIROLOX, DE ESTANQUEIDAD                               | 4        |
| S    | ANILLO DE RETENCION EXTERIOR   | 1        |
| U    | ESPACIADOR   | 2        |
| V    | EJE  | 1        |



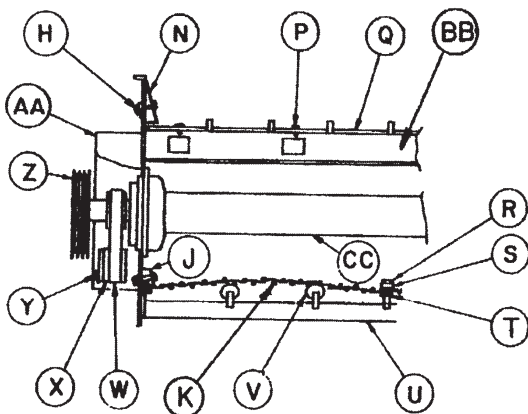
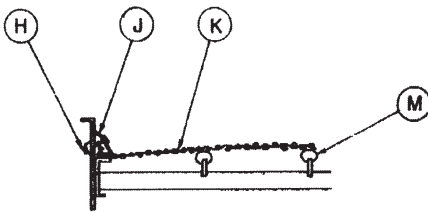
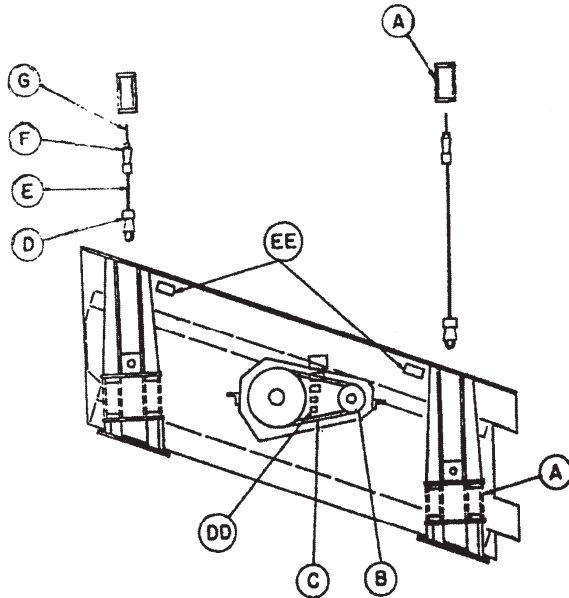
## CRIBA VIBRANTE DE UNA BANDEJA



| ITEM | DESCRIPCION  | CANT |
|------|--|------|
| A    | Muelle aislante de soporte   | 1*   |
| B    | Polea del motor  | 1    |
| C    | Correa trapezoidal   | •    |
| D    | Accesorio de cable (tipo horquilla)  | 4    |
| E    | Cable de suspensión  | 4    |
| F    | Tapón, 6 estrías   | 8    |
| G    | Accesorio de cable (tipo espárrago)  | 4    |
| H    | Tornillo de tensión, conjunto  | •    |
| J    | Placa de tensión de malla  | 1*   |
| K    | Malla de cribar  | 1*   |
| M    | Perfil de goma de apoyo malla  | 1*   |
| N    | Placa interior revestimiento para bandeja de chapa perforada o de barrotes | 1*   |
| P    | Tornillo cabeza hexg de alta resistencia, conjunto                         | 1*   |
| Q    | Bandeja de chapa perforada o de barrotes                                   | •    |
| W    | Contrapeso   | 2    |
|      | Chaveta  | 2    |
| X    | Segmento de contrapeso   | •    |
| Y    | Tornillo de cabeza hexagonal de alta resistencia                           | 1*   |
|      | Arandela de alta resistencia   | 1*   |
|      | Tuerca de alta resistencia   | 1*   |
| Z    | Polea del vibrador   | 1    |
|      | Casquillo del vibrador   | 1    |
| AA   | Protección del contrapeso (lado de la transmisión)                         | 1    |
|      | Protección del contrapeso (lado opuesto a la transmisión)                  | 1    |
|      | Aro de refuerzo  | 2    |
|      | Tornillos, cabeza hexagonal  | -    |
|      | Arandelas de seguridad   | -    |
| BB   | Bandeja con tornillos cabeza hexagonal de alta resistencia                 | 1    |
| CC   | Vibrador, conjunto   | 1    |
| DD   | Tornillo (panel de doble comba)  | 1*   |
| EE   | Pletina de fijación central (panel de doble comba)                         | •    |
| FF   | Junta central goma (panel de doble comba)                                  | 1*   |
| GG   | Perfil de goma de apoyo malla (panel de doble comba)                       | 1*   |
| HH   | Etiqueta instrucciones de seguridad 102668A                                | 1ψ   |
|      | Etiqueta de advertencia 169336   | 1ψ   |
|      | Etiqueta de advertencia 125254   | 1ψ   |
|      | Etiqueta de advertencia 195051   | 2ψ   |
|      | Etiqueta características X37650  | 1ψ   |
|      | Etiqueta CE  | 1ψ   |
| JJ   | Etiqueta peligro 125255  | 4ψ   |
|      | * Lote o grupo o conjunto  |      |
|      | • Lo necesario   |      |

ψ Las etiquetas de seguridad deben permanecer bien visibles en el equipo. Programe un calendario regular de inspecciones para comprobar su visibilidad. En caso de precisar sustituir las etiquetas de seguridad contacte con TARNOS

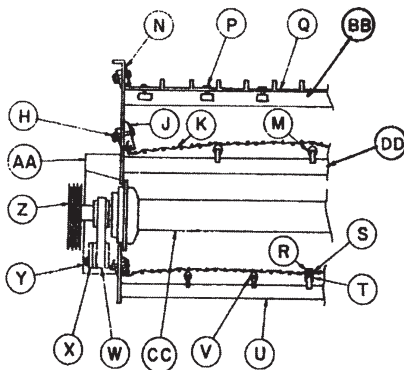
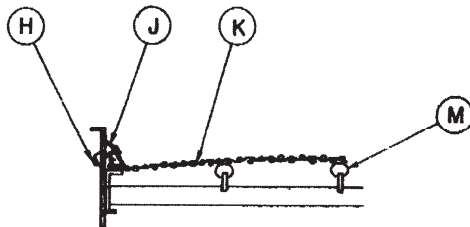
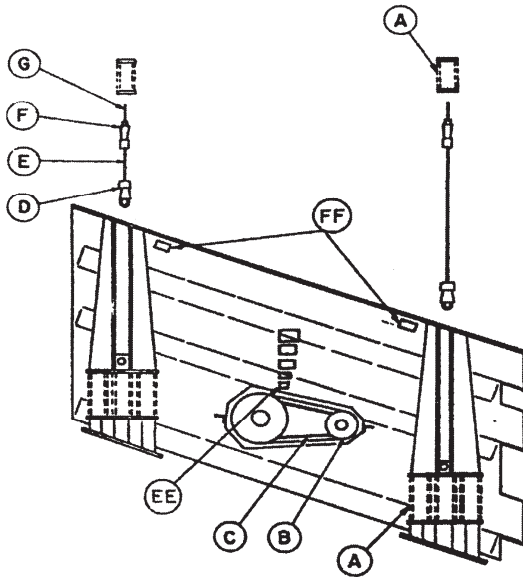
## CRIBA VIBRANTE DE DOS BANDEJAS



ψ Las etiquetas de seguridad deben permanecer bien visibles en el equipo. Programe un calendario regular de inspecciones para comprobar su visibilidad. En caso de precisar sustituir las etiquetas de seguridad con TARNOS.

| ITEM                      | DESCRIPCION  | CANT |
|---------------------------|--|------|
| A                         | Muelle aislante de soporte   | 1*   |
| B                         | Polea del motor  | 1    |
| C                         | Correa trapezoidal   | •    |
| D                         | Accesorio de cable (tipo horquilla)  | 4    |
| E                         | Cable de suspensión  | 4    |
| F                         | Tapón, 6 estrías   | 8    |
| G                         | Accesorio de cable (tipo espárrago)  | 4    |
| H                         | Tornillo de tensión, conjunto  | •    |
| J                         | Placa de tensión de malla  | 1*   |
| K                         | Malla de cribar  | 1*   |
| M                         | Perfil de goma de apoyo malla  | 1*   |
| N                         | Placa interior revestimiento para bandeja de chapa perforada o de barrotos | 1*   |
| P                         | Tornillo cabeza hexg de alta resistencia, conjunto                         | 1*   |
| Q                         | Bandeja de chapa perforada o de barrotos                                   | •    |
| W                         | Contrapeso   | 2    |
|                           | Chaveta  | 2    |
| X                         | Segmento de contrapeso   | •    |
| Y                         | Tornillo de cabeza hexagonal de alta resistencia                           | 1*   |
|                           | Arandela de alta resistencia   | 1*   |
|                           | Tuerca de alta resistencia   | 1*   |
| Z                         | Polea del vibrador   | 1    |
|                           | Casquillo del vibrador   | 1    |
| AA                        | Protección del contrapeso (lado de la transmisión)                         | 1    |
|                           | Protección del contrapeso (lado opuesto a la transmisión)                  | 1    |
|                           | Aro de refuerzo  | 2    |
|                           | Tornillos, cabeza hexagonal  | -    |
|                           | Arandelas de seguridad   | -    |
| BB                        | Bandeja con tornillos cabeza hexagonal de alta resistencia                 | 1    |
| CC                        | Vibrador, conjunto   | 1    |
| R                         | Tornillo (panel de doble comba)  | 1*   |
| S                         | Pletina de fijación central (panel de doble comba)                         | •    |
| T                         | Junta central goma (panel de doble comba)                                  | 1*   |
| U                         | Bandeja inferior con tornillos cabeza hexagonal de alta resistencia        | 1    |
| V                         | Perfil de goma de apoyo malla (panel de doble comba)                       | 1*   |
| DD                        | Etiqueta instrucciones de seguridad 102668A                                | 1ψ   |
|                           | Etiqueta de advertencia 169336   | 1ψ   |
|                           | Etiqueta de advertencia 125254   | 1ψ   |
|                           | Etiqueta de advertencia 195051   | 2ψ   |
|                           | Etiqueta características X37650  | 1ψ   |
|                           | Etiqueta CE  | 1ψ   |
| EE                        | Etiqueta peligro 125255  | 4ψ   |
| * Lote o grupo o conjunto |  |      |
| • Lo necesario            |  |      |

## CRIBA VIBRANTE DE TRES BANDEJAS



| ITEM | DESCRIPCION  | CANT |
|------|--|------|
| A    | Muelle aislante de soporte   | 1*   |
| B    | Polea del motor  | 1    |
| C    | Correa trapezoidal   | •    |
| D    | Accesorio de cable (tipo horquilla)  | 4    |
| E    | Cable de suspensión  | 4    |
| F    | Tapón, 6 estrías   | 8    |
| G    | Accesorio de cable (tipo espárrago)  | 4    |
| H    | Tornillo de tensión, conjunto  | •    |
| J    | Placa de tensión de malla  | •    |
| K    | Malla de cribar  | •    |
| M    | Perfil de goma de apoyo malla (panel de una comba)                         | 1*   |
| N    | Placa interior revestimiento para bandeja de chapa perforada o de barrotes | 1*   |
| P    | Tornillo cabeza hexg de alta resistencia, conjunto                         | 1*   |
| Q    | Bandeja de chapa perforada o de barrotes                                   | •    |
| R    | Tornillo (panel de doble comba)  | 1*   |
| S    | Pletina de fijación central (panel de doble comba)                         | •    |
| T    | Junta central de goma (panel de doble comba)                               | 1*   |
| U    | Bandeja inferior con tornillos cabeza hexagonal de alta resistencia        | 1    |
| V    | Perfil de goma apoyo malla (panel de doble comba)                          | 1*   |
| W    | Contrapeso   | 2    |
|      | Chaveta  | 2    |
| X    | Segmento de contrapeso   | •    |
| Y    | Tornillo de cabeza hexagonal de alta resistencia                           | 1*   |
|      | Arandela de alta resistencia   | 1*   |
|      | Tuerca de alta resistencia   | 1*   |
| Z    | Polea del vibrador   | 1    |
|      | Casquillo del vibrador   | 1    |
| AA   | Protección del contrapeso (lado de la transmisión)                         | 1    |
|      | Protección del contrapeso (lado opuesto a la transmisión)                  | 1    |
|      | Aro de refuerzo  | 2    |
|      | Tornillos, cabeza hexagonal  | -    |
|      | Arandelas de seguridad   | -    |
| BB   | Bandeja con tornillos cabeza hexagonal de alta resistencia                 | 1    |
| CC   | Vibrador, conjunto   | 1    |
| DD   | Tornillo (panel de doble comba)  | 1*   |
| EE   | Etiqueta instrucciones de seguridad 102668A                                | 1ψ   |
|      | Etiqueta de advertencia 169336   | 1ψ   |
|      | Etiqueta de advertencia 125254   | 1ψ   |
|      | Etiqueta de advertencia 195051   | 2ψ   |
|      | Etiqueta características X37650  | 1ψ   |
|      | Etiqueta CE  | 1ψ   |
| FF   | Etiqueta peligro 125255  | 4ψ   |

\* Lote o grupo o conjunto

• Lo necesario

ψ Las etiquetas de seguridad deben permanecer bien visibles en el equipo. Programe un calendario regular de inspecciones para comprobar su visibilidad. En caso de precisar sustituir las etiquetas de seguridad contacte con TARNOS

## Alimentador Vibrante Electromagnético, Modelo: F-220-C

### Guía Para Reponer Las Láminas Elásticas Reposición De Bobina y/o Núcleo Fijo Especificaciones De Funcionamiento. F-220-C Lista De Materiales. Modelo F-220-C

#### Guía Para Reponer Las Láminas Elásticas



**ADVERTENCIA:** Antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento, desconecte el suministro de energía eléctrica mediante el interruptor diferencial.



**PRECAUCION:** Si fuese necesario quitar la bandeja para llegar a los tornillos de apriete de las láminas elásticas, provéase primero de los medios necesarios para el soporte de la bandeja y el accionamiento. Para desmontar la bandeja quítense los tornillos de montaje (F) que están situados en los lados de los cartabones (chapas laterales), en la parte externa del alimentador.

1. Para sostener los conjuntos de los núcleos magnéticos; móvil y fijo en alineación, introduzca calzos de madera entre la armadura móvil (R) y la masa fija (CC). (Véase la Figura 1).
2. Quite la tapa lateral (EE), si fuese necesario, y el capot (DD).
3. Afloje los tornillos de apriete de las láminas elásticas (V), sólo lo justo para poder quitar los tacos de apriete (W). Si fuese necesario use aceite penetrante en las roscas de dichos tornillos.
4. Observe como están colocados las láminas elásticas y espaciadores, ya que cuando se instalen las láminas nuevas debe mantenerse la misma

colocación. Una vez quitados los tacos de apriete de láminas, se pueden sacar y examinar las láminas elásticas (Z y AA).

5. Las láminas nuevas se instalarán en el hueco de láminas, en primer lugar una lámina elástica con espaciadores a ambos lados (AA), y después las láminas elásticas con espaciador en un solo lado (Z). Instale estas láminas poniendo su lado liso en contacto con el espaciador de la lámina previamente colocada. Después de instalar el conjunto espaciador (Y) en su posición original, colóquese la segunda lámina con espaciadores a ambos lados (AA) y continúe con las restantes láminas.
6. Con todas las láminas elásticas colocadas y apoyadas en la regleta de alineación (X), centre en el aparato el paquete de láminas. Centre la armadura móvil (R), en las láminas elásticas.
7. Reinstale los tacos de apriete extremos (W) y afiance los tornillos de apriete de los extremos lo justo para mantener el paquete de láminas en posición.
8. Reinstale los tacos de apriete central (W) y atornille a su par de apriete el tornillo central de apriete de láminas.
9. Los tornillos de apriete extremos, de las láminas elásticas, se han de ajustar hasta su par de apriete, de manera alternativa, para igualar la presión a través de las láminas.

10. Quite los calzos de madera y vuelva a colocar la bandeja, si se hubiese quitado.

11. Conéctese el suministro de energía eléctrica y ponga en su sitio todas las tapas. Después que el alimentador haya estado funcionando durante varias horas, compruebe de nuevo el ajuste de los tornillos de apriete de las láminas elásticas.

Véase las especificaciones, en donde se indica el par de apriete de los tornillos.



**PRECAUCION:** No engrase nunca las láminas elásticas.

## Reposición De Bobina y/o Núcleo Fijo



**ADVERTENCIA:** Antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento, desconecte el suministro de energía eléctrica mediante el interruptor diferencial.

1. Quite el capot (DD).
2. Afloje los tornillos de regulación del entrehierro (G).
3. Desconecte el cable de salida y tire de él a través del prensaestopas (W).
4. Quite los cuatro tornillos de fijación del núcleo fijo (J) y taco de fijación.



**ADVERTENCIA:** El conjunto bobina y núcleo fijo pesa aproximadamente 23 kg. Utilice medios de elevación adecuados.

5. Quite cuidadosamente la bobina y núcleo fijo como una unidad única.
6. Observe el tamaño y posición de las arandelas usadas para fijar la bobina y conectar el cable de tierra. Las arandelas de mayor diámetro se usan en la parte inferior de la bobina.
7. Quite la bobina (N) del núcleo fijo (H).

8. Con el núcleo fijo hacia arriba y todas las arandelas en su posición original, inserte el asiento de bobina (J) y la nueva bobina en el núcleo fijo.

9. Si en cualquiera de las cartelas de montaje de la bobina se observase una holgura entre ésta y las arandelas, añadir arandelas adicionales para eliminar esta holgura.

10. Fije la bobina al núcleo fijo, usando los tornillos, arandelas y tuercas existentes.

11. Conecte el terminal original de tierra en su posición. No olvide colocar la arandela grower de fijación.

12. Coloque el conjunto bobina núcleo fijo de nuevo en la carcasa de fundición. Asegúrese que la conexión entre núcleo y carcasa se efectúe.

13. Coloque los tornillos y pletinas de fijación del núcleo fijo.

14. Sitúe el núcleo de tal forma que su superficie esté en contacto con la del núcleo móvil. Apriete ligeramente los tornillos de fijación de tal forma que ofrezcan una cierta resistencia al movimiento de núcleo en su ajuste. Compruebe que las caras de los dos núcleos están paralelas.

15. Inserte el cable a través del prensaestopas y conecte el cable. Asegúrese que la conexión eléctrica entre núcleo fijo y carcasa de fundición está firmemente realizada.

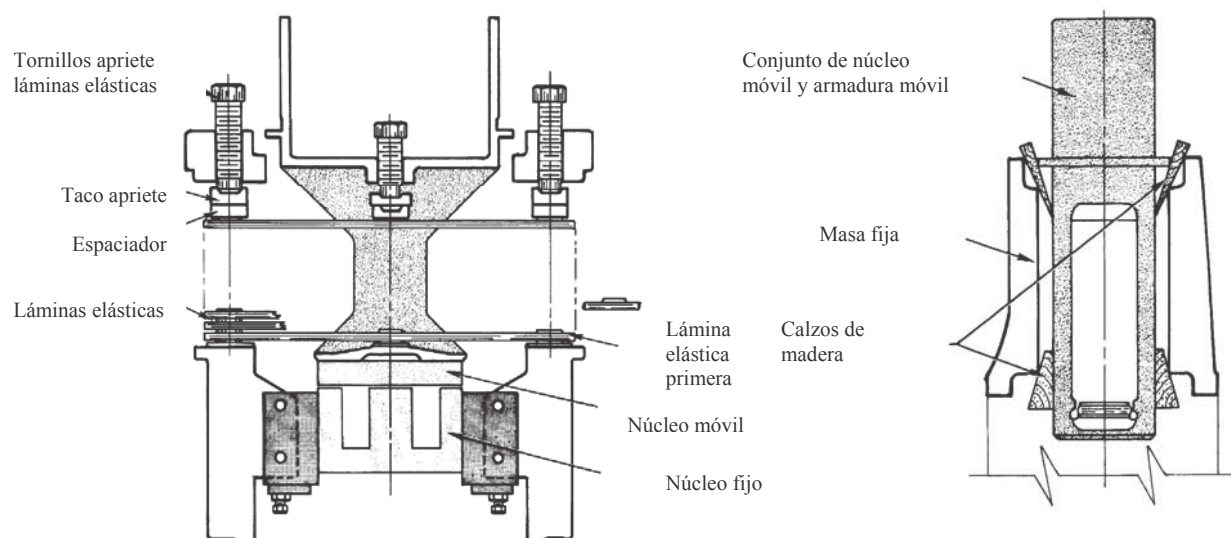
16. Ajuste el entrehierro entre 1,7 y 2,2 mm. Consulte el Manual General para la realización de este proceso.

17. De el par de apriete correspondiente a los tornillos (J).

18. Posicione el capot.

19. Compruebe que la amplitud no excede del máximo indicado.

**FIGURA 1**



## Especificaciones De Funcionamiento. F-220-C

PESO DE BANDEJA, MAXIMO: 45 Kgs.

AMPLITUD DE VIBRACION DE LA BANDEJA: 1,5 mm. a 1,75 mm.  
(Peso máximo de bandeja)

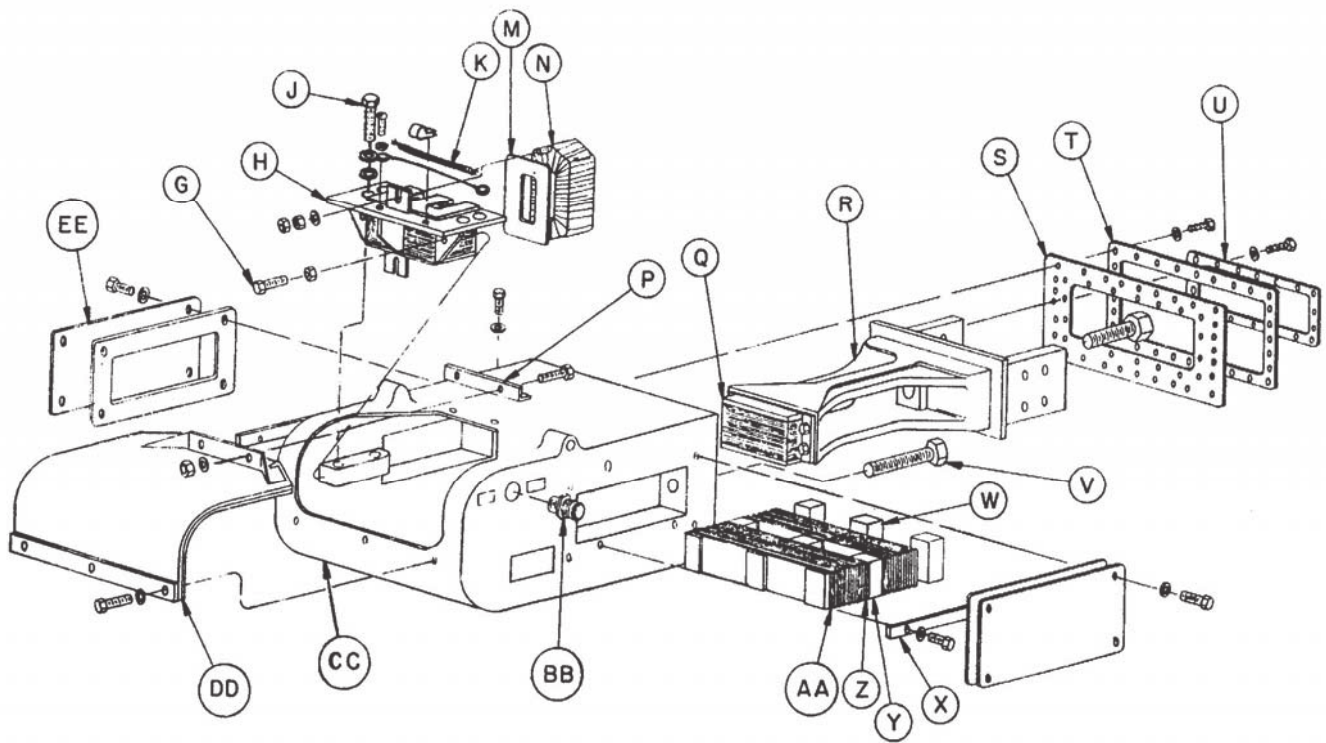
CORRIENTE, MAXIMA: 9 Amperios (220 V/50 Hz.)  
(Chapa de características) 6 Amperios (400V/50 Hz.)

## Especificaciones De Par De Apriete De Tornillos

| ITEM | PAR DE APRIETE<br>(kg/metro) |           |
|------|------------------------------|-----------|
|      | EN SECO                      | LUBRICADO |
| F    | 21                           | ----      |
| J    | 25                           | 18        |
| V    | ----                         | 108       |
| Q    | 4                            | 3         |

NOTA: Para estos alimentadores existe un manual de instrucciones general para Alimentadores Electromagnéticos





## Lista De Materiales. Modelo F-220-C

| ITEM | DESCRIPCION                       | CANTIDAD | REFERENCIA |
|------|-----------------------------------|----------|------------|
| G    | TORNILLO HEXAGONAL M. 10X40 (5D)  | 2        | DIN-933    |
|      | TUERCA HEXAGONAL M. 10 (5D)       | 2        | DIN-934    |
| H    | NUCLEO MAGNETICO FIJO, CONJUNTO   | 1        | B-118676   |
| J    | TORNILLO HEXAGONAL M. 16X45 (12K) | 4        | DIN-933    |
|      | ARANDELA PLANA Ø 16 (10K)         | 4        | DIN-6916   |
|      | SUPLEMENTO                        | 4        | A-34981    |
| K    | PROLONGACION CABLE DE TIERRA      | 1        | B-192419-C |
|      | TORNILLO REDONDO M-4 X 10         | 2        | DIN-86     |
|      | ARANDELA GROWER Ø 4               |          | DIN-127    |

## Lista De Materiales. Modelo F-220-C

| ITEM | DESCRIPCION  | CANTIDAD | REFERENCIA |
|------|--|----------|------------|
| M    | ASIENTO BOBINA                                     | 1        | A-59938    |
| N    | BOBINA Y CABLE, CONJUNTO (220V. 50 Hz.)            | 1        | B-120878-A |
|      | BOBINA Y CABLE, CONJUNTO (400V. 50Hz.)             | Solo     | B-120878-B |
| P    | ANGULO DE FIJACIÓN CAPOT                           | 1        | A-74118    |
|      | TORNILLO HEXAGONAL M. 10X25 (5D)                   | 2        | DIN-933    |
|      | ARANDELA GROWER Ø 10                               | 2        | DIN-127    |
|      | TORNILLO HEXAGONAL M. 10X70 (5D)                   | 2        | DIN-933    |
|      | TUERCA HEXAGONAL M.10 (5D)                         | 2        | DIN-934    |
|      | ARANDELA GROWER Ø 10                               | 2        | DIN-127    |
| Q    | NÚCLEO MAGNETICO MÓVIL, CONJUNTO                   | 1        | A-118669   |
|      | TORNILLO CILÍNDRICO ALLEN M.10X30 (12K)            | 4        | DIN-912    |
| R    | ARMADURA MÓVIL                                     | 1        | C-57803    |
| S    | DIAFRAGMA  | 1        | A-59132    |
| T    | MARCO FIJACIÓN DIAFRAGMA (MASA FIJA)               | 1        | B-28754    |
|      | TORNILLO HEXAGONAL M.6X20 (5D)                     | 14       | DIN-933    |
|      | ARANDELA GROWER Ø 6                                | 14       | DIN-127    |
| U    | MARCO FIJACIÓN DIAGRAMA (ARMADURA MÓVIL)           | 1        | B-59130    |
|      | TORNILLO HEXAGONAL M. 6X20 (5D)                    | 10       | DIN-933    |
|      | ARANDELA GROWER Ø 6                                | 10       | DIN-127    |
| V    | TORNILLO APRIETE LÁMINAS ELÁSTICAS                 | 3        | A-59131    |
| W    | TACO APRIETE DE LÁMINAS ELÁSTICAS                  | 3        | A-129010-C |
| X    | REGLETA DE ALINEACIÓN                              | 2        | A-129014   |
|      | TORNILLO HEXAGONAL M. 8X20 (5D)                    | 4        | DIN-933    |
|      | ARANDELA GROWER Ø 8                                | 4        | DIN-127    |
| Y    | ESPACIADOR, CONJUNTO                               | 1        | B-129015-A |
| Z    | LÁMINA ELÁSTICA INTERMEDIA (ESPACIADOR A UN LADO). | 25       | A-129025   |
| AA   | LÁMINA ELÁSTICA EXTREMA (ESPACIADOR A AMBOS LADOS) | 2        | A-129026   |
| BB   | PRENSAESTOPAS                                      | 1        | MS-11      |
| CC   | MASA FIJA  | 1        | B-190286   |
| *    | PLACA DE CARACTERÍSTICAS                           | 1        | A-61713    |
| *    | ETIQUETA DE SEGURIDAD                              | 1        | A-125254   |
| *    | ETIQUETA DE SEGURIDAD                              |          | A-125258   |
| DD   | CAPOT  | 1        | B-126476   |
|      | TORNILLO HEXAGONAL M. 8X25 (5D)                    | 3        | DIN-933    |
|      | ARANDELA GROWER Ø 6                                | 3        | DIN-127    |
| EE   | TAPA LATERAL                                       | 2        | A-75119    |
|      | JUNTA TAPA LATERAL                                 | 2        | B-204543   |
|      | TORNILLO HEXAGONAL M. 8X20 (5D)                    | 8        | DIN-933    |
|      | ARANDELA GROWER Ø 8                                | 8        | DIN-127    |

- No quiten ni repinten sobre las etiquetas. Si las etiquetas necesitan reponerse solicítenlas a TARNOS. Cuando pidan las piezas les rogamos hagan constar todos los datos de la chapa de características.



# ANEXO 4: MODELADO 3D

---

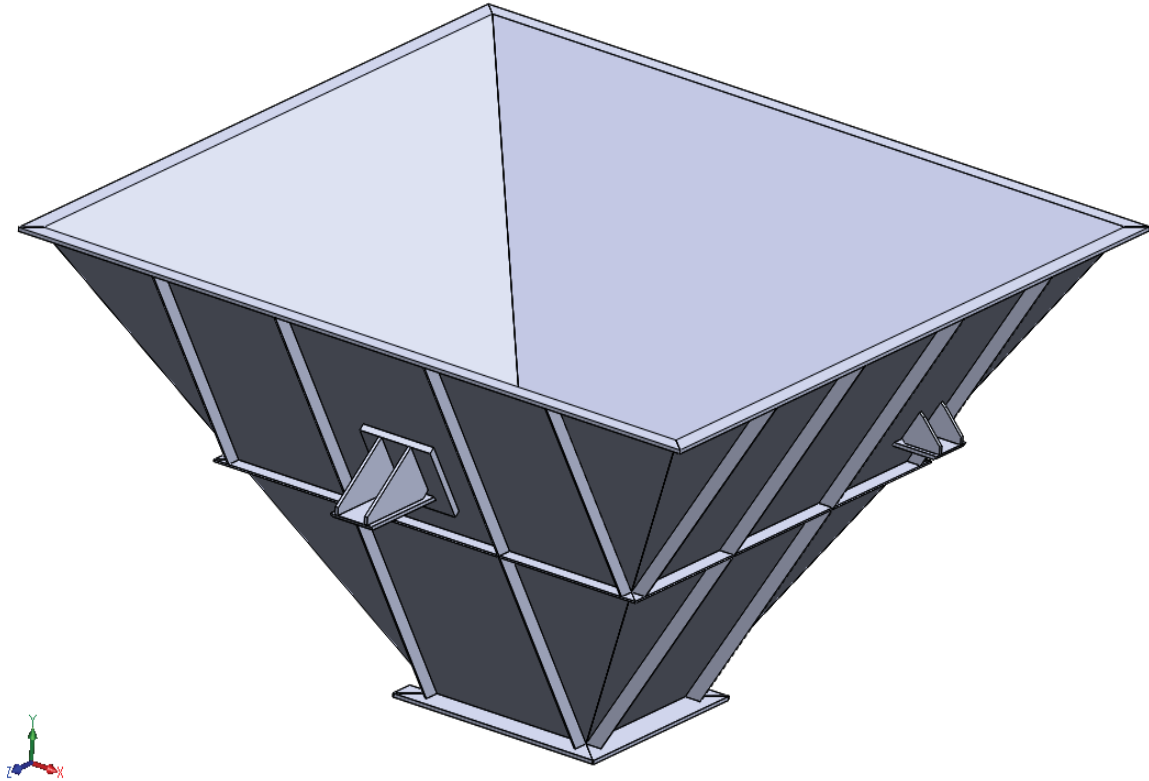


## ÍNDICE ANEXO 4:

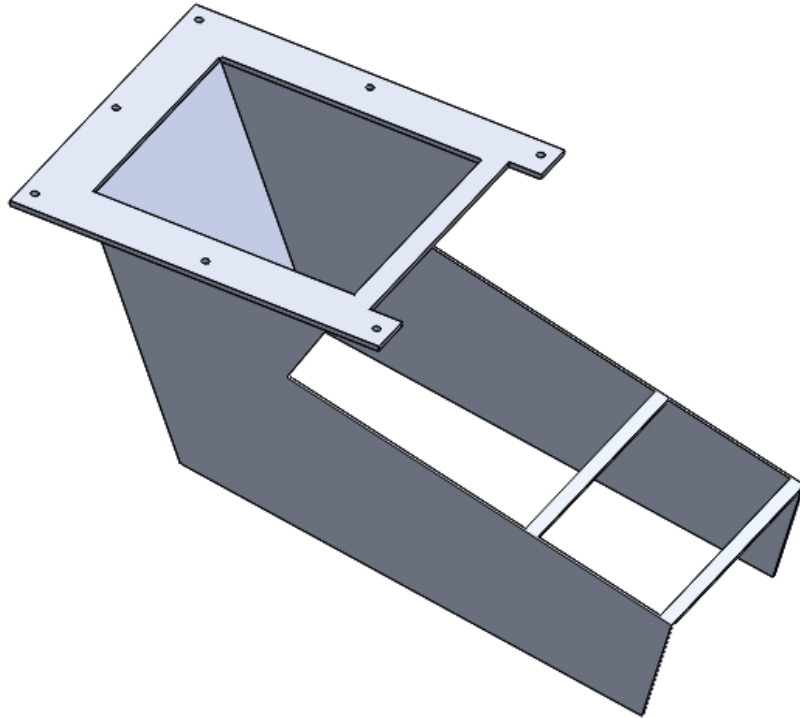
|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 1. TOLVA DE DESCARGA .....    | 161 |
| 2. PICO GUALDERA .....        | 162 |
| 3. ALIMENTADOR VIBRANTE ..... | 162 |
| 4. CRIBA .....                | 163 |
| 5. TOLVA DE RECHAZOS .....    | 163 |



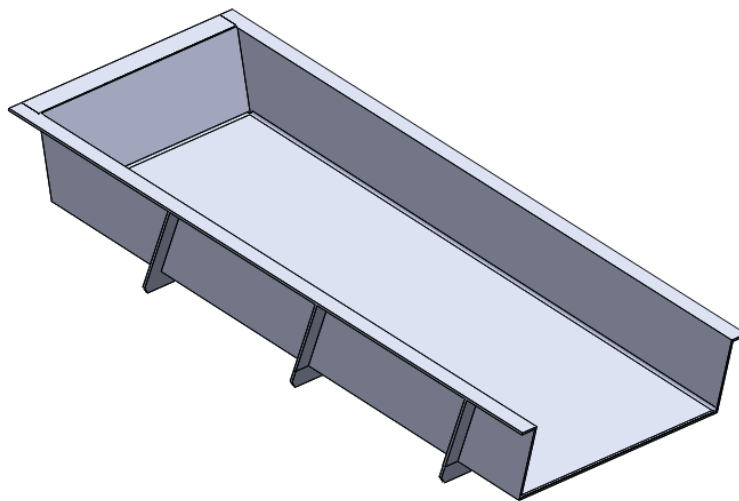
## 1. TOLVA DE DESCARGA



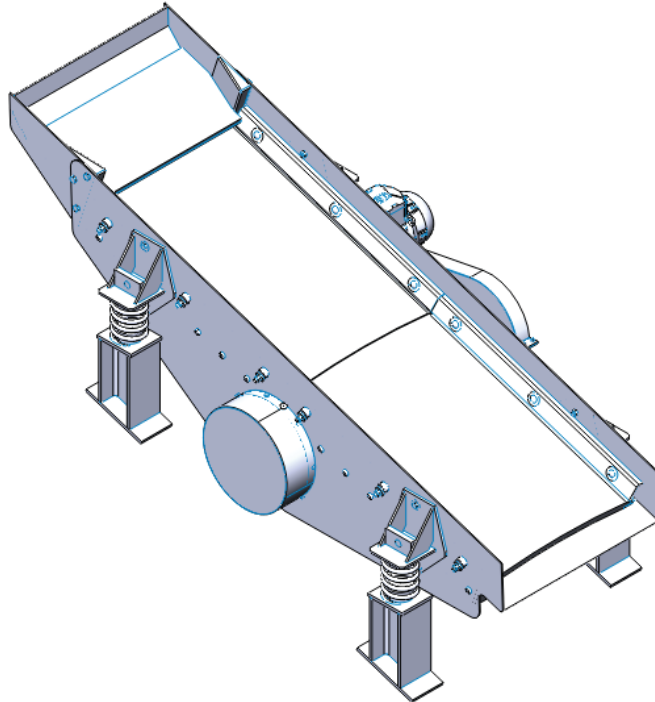
## 2. PICO GUALDERA



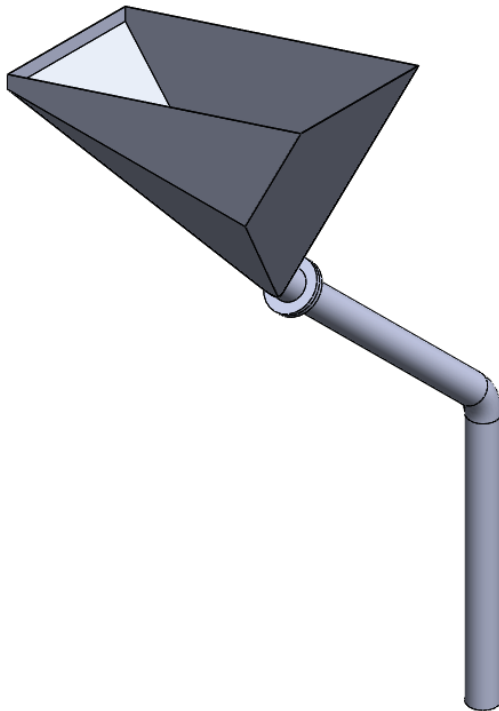
## 3. ALIMENTADOR VIBRANTE



#### 4. CRIBA



#### 5. TOLVA DE RECHAZOS







# ANEXO 5: NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD

---

*BASE TRABAJOS PLANTA CO*



## INDICE ANEXO 5: NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 1.    | DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN ..... | 169 |
| 1.1   | ESTRUCTURAS .....  | 169 |
| 1.2   | ACABADOS Y RIESGO QUÍMICO .....                                      | 171 |
| 1.3   | INSTALACIONES .....  | 173 |
| 1.4   | RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS .....                                    | 176 |
| 1.5   | INSTALACIONES PROVISIONALES .....                                    | 176 |
| 1.5.1 | INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE OBRA .....                                  | 176 |
| 1.5.2 | INSTALACIÓN SANITARIA .....  | 177 |
| 1.5.3 | INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS .....                                   | 178 |
| 1.6   | INSTALACIONES AUXILIARES .....                                       | 179 |
| 1.6.1 | ANDAMIOS .....   | 179 |
| 1.6.2 | MAQUINARIA Y EQUIPOS .....   | 180 |



# **1. DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN**

## **1.1 ESTRUCTURAS**

### **DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Construcción mediante perfiles metálicos de estructuras para suportación de equipos. Desmontaje de perfiles metálicos en los edificios existentes; adaptación de la estructura metálica mediante corte, soldadura e instalación de nuevos perfiles.

### **RIESGOS MÁS FRECUENTES.**

- Caídas de personal en altura, en las fases de desmontaje y montaje de perfiles metálicos.
- Cortes en las manos.
- Pinchazos en la fase de desmontaje y montaje.
- Caídas de objetos a distinto nivel.
- Golpes en la cabeza, manos y pies.
- Electrocuciiones por contacto directo.

### **NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

- Todos los huecos de planta estarán protegidos con barandillas y rodapié.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón, para evitar su caída a otro nivel.
- Ningún trabajador estará en el radio de movimiento de los perfiles, objeto de transporte.
- Si en el transporte de los perfiles ha de ser dirigido, nunca se hará con la mano sino con cuerdas o ganchos.
- Para el desplazamiento de los perfiles se empleará normalmente la grúa, debiendo un auxiliar avisar al operador de la misma de los obstáculos existentes y de la no presencia de personal.
- Los perfiles metálicos saldrán del taller sin rebabas de laminación con el fin de evitar que los trabajadores se enganchen o se corten.
- Se prohíbe desplazarse sobre los perfiles.
- Se habilitarán espacios adecuados para el acopio de la perfilería, convenientemente señalizados y cerca de los medios de elevación.
- En caso de existencia de líneas eléctricas en las proximidades de las zonas de montaje, hay que comprobar si se cumplen las distancias mínimas de seguridad.

- Los perfiles no se desplazarán por encima de los puestos de trabajo.
- En el montaje de pilares y vigas intervendrán tres operarios : Dos en cada extremo del perfil, para guiarlo, y un tercero dirigirá al conductor.
- Montada la primera altura de pilares, se colocarán bajo ésta redes horizontales de seguridad.
- Las operaciones de soldadura en altura se realizarán desde una jaula de soldador provista de barandillas y rodapiés y se utilizarán arneses de seguridad asistidos a cable anticaída.
- Se prohíbe la estancia de trabajadores debajo de los lugares en los que se está soldando, debiendo señalizarse la zona expuesta a “lluvia de chispas”.

#### **PROTECCIONES PERSONALES**

- Uso obligatorio de casco homologado, con certificación CE.
- Utilización de calzado homologado con suelo reforzado anticlavo, con certificación CE.
- En determinadas circunstancias plaqueta indicadora de potencial exposición a gas tóxico y protección respiratoria de emergencia compuesta por máscara filtro y estuche de protección
- Durante el trabajo en planta y de forma general, uso de guantes y gafas de protección.
- Arnés de seguridad tipo paracaídas y atado a cuerda elástica en trabajos en altura, homologado y con certificación CE.

## 1.2 ACABADOS Y RIESGO QUÍMICO

### DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS.

Los trabajos de acabado a realizar consisten fundamentalmente en el chorreado y pintado de los elementos no aislados.

### RIESGOS MÁS FRECUENTES.

#### CHORREADO Y PINTADO

- Caídas a distinto y mismo nivel.
- Proyección de material sobre los ojos.
- Contacto con sustancias corrosivas.
- Riesgos propios de atmósferas nocivas.
- Polvo ocasionado en el chorreado de partes metálicas.
- Intoxicaciones por emanaciones.
- Explosivos e incendios.
- Salpicaduras a la cara en su aplicación.

#### RIESGO QUÍMICO

- Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas.
- Inhalación /ingestión de sustancias nocivas.
- Proyección de producto sobre los ojos o cualquier otra parte del cuerpo.
- Explosivos e incendios.
- Cualquier otro riesgo asociado al propio trabajo.

### NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD

#### CHORREADO Y PINTADO

- Ventilación adecuada de los lugares donde se realizan los trabajos.
- Se prohíbe fumar.
- Los recipientes que contengan disolventes o cualquier otra sustancia química estarán correctamente cerrados, identificados y alejados del calor y del fuego.
- Las pinturas se almacenarán en lugares bien ventilados.

#### RIESGO QUÍMICO

- Uso de equipos de protección personal (traje químico, equipo de respiración semiautónomo/autónomo,...)
- Uso durante los trabajos con riesgo de incendio y explosión de Vigilante de fuego homologado.

#### **PROTECCIONES PERSONALES**

##### CHORREADO Y PINTADO.

- Utilización, en caso necesario, del casco homologado con certificación CE.
- Mono de trabajo y calzado de seguridad, con certificación CE.
- En determinadas circunstancias plaqueta indicadora de potencial exposición a gas tóxico y protección respiratoria de emergencia compuesta por máscara filtro y estuche de protección.
- Mascarilla protectora con certificación CE.
- Gafas de seguridad homologadas y con certificación CE.
- Arnés de seguridad tipo paracaídas sujeto a cuerdas elásticas, homologado y con certificación CE, para trabajos en altura.
- Guantes de cuero o goma homologados, con certificación CE.
- Protección acústica y respiratoria en cabinas de chorreo
- Mandiles y/o traje de protección en cabinas de chorreo

##### RIESGO QUÍMICO

- Uso de aquellos equipos de protección que fueran definidos por permiso de trabajo (traje químico, equipo de respiración autónomo,...).
- Todos los equipos serán homologados y se hallarán en perfecto estado. El trabajador deberá comprobar su adecuación antes de su uso.



### **1.3 INSTALACIONES**

#### **DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Las principales instalaciones a realizar consisten en el montaje de los equipos y también instalaciones eléctricas y elementos de control.

#### **RIESGOS MÁS FRECUENTES.**

##### INSTALACIONES DE EQUIPOS

- Caídas de altura
- Caídas al mismo nivel.
- Atrapamientos.
- Punzamientos.
- Caídas de objetos y materiales en la instalación.
- Contacto con sustancias corrosivas.
- Cortes derivados de la utilización de máquinas o herramientas manuales.
- Riesgo de contactos eléctricos en la conexión de máquinas herramientas.
- Golpes contra objetos.
- Impacto de cuerpos extraños en los ojos.
- Heridas en extremidades inferiores y superiores.
- Quemaduras por la llama del soplete.
- Exposición a gases y radiaciones provenientes de trabajos de soldadura.
- Explosiones e incendios en los trabajos de soldadura.

##### INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD Y CONTROL

- Caídas de altura.
- Caídas al mismo nivel.
- Atrapamientos.
- Punzamientos.
- Caídas de objetos y materiales en la instalación.
- Cortes derivados de la utilización de máquinas o herramientas manuales.
- Golpes contra objetos.
- Impacto de cuerpos extraños en los ojos.
- Heridas en extremidades inferiores y superiores.
- Electrocuciiones.

## **NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

### INSTALACIONES DE EQUIPOS

- Se comprobará al comienzo de cada jornada el estado de los medios auxiliares empleados en su colocación ( andamios, así como los arneses de seguridad y sus anclajes )Las máquinas portátiles que se usen tendrán doble aislamiento.
- Ventilación adecuada de los lugares donde se realicen trabajos que lo requieran, particularmente la construcción de tuberías y accesorios en material plástico.
- Los recipientes que contengan disolventes o cualquier otra sustancia química estarán correctamente cerrados, identificados y alejados del calor y del fuego.
- Ventilación adecuada en trabajos de soldadura.
- Se revisarán las válvulas, mangueras y sopletes para evitar las fugas de gases.
- Se retirarán las botellas de gas de las proximidades de toda fuente de calor protegiéndose del sol.
- Se comprobará el estado general de las herramientas manuales para evitar golpes y cortes.
- Los recipientes que contengan productos químicos estarán correctamente cerrados, identificados y alejados del calor y del fuego.
- Trabajos de radiografiado debidamente señalizados y balizados.

### INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD Y CONTROL

- Se comprobará al comienzo de cada jornada el estado de los medios auxiliares empleados en su colocación (andamios, así como los arneses de seguridad y sus anclajes) Las conexiones se realizarán siempre sin tensión.
- Las pruebas que se tengan que realizar con tensión, se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica.
- Se comprobará el estado general de las herramientas manuales para evitar golpes y cortes.

### INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

#### **Precauciones**

- Evitar modificaciones en las instalaciones.
- No condenar los accesos a los elementos de la instalación.

#### **Cuidados**

- Comprobar el estado, situación y accesibilidad de los extintores.
- Comprobar que las llaves de seguridad se mantienen abiertas.

## **Instalación de carga automática de coque a generadores: estructura y equipo mecánico en la zona de carbonera**

- Comprobar la accesibilidad y la señalización de las bocas de incendio, así como el estado de los elementos.
- Comprobar la presión de la red, estanqueidad de la manguera y funcionamiento de la red.
- Comprobar el funcionamiento de la red de rociadores, pilotos, señales y llaves de paso y cierre.
- Comprobar el funcionamiento de los detectores de incendio.
- Comprobar el alumbrado de emergencia y señalización.
- Vigilar el estado de los materiales.

### **Manutención**

- Recarga de extintores hídricos y de espuma.
- Lubricación de la valvulería.
- Suministro de agua.
- Suministro de energía eléctrica.

### **PROTECCIONES PERSONALES**

#### INSTALACIONES DE EQUIPOS

- Utilización del casco homologado con certificación CE.
- Mono de trabajo y calzado de seguridad, con certificación CE.
- Gafas de seguridad homologadas y con certificación CE
- Arnés de seguridad tipo paracaídas sujeto a cuerdas elásticas, homologado y con certificación CE, para trabajos en altura.
- Guantes de cuero o goma homologados según necesidades, con certificación CE.
- Protección acústica y respiratoria según necesidades
- Los soldadores emplearán mandiles de cuero, guantes, gafas y botas con polainas, todo homologado y con certificación CE.

#### INSTALACIONES DE ELECTRICIDAD Y CONTROL

- Utilización del casco aislante homologado, según necesidades, con certificación CE.
- Mono de trabajo y calzado de seguridad, con certificación CE.
- Gafas de seguridad homologadas y con certificación CE
- Arnés de seguridad tipo paracaídas sujeto a cuerdas elásticas, homologado y con certificación CE, para trabajos en altura.

## **1.4 RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS**

Se señalará convenientemente la salida de cualquier maquinaria para evitar posibles accidentes de personas ajenas a los trabajos.

En la fase de montaje se prevé la colocación de vallas de delimitación de la zona de trabajos, ancladas entre sí, señalizándose convenientemente de día y de noche las medidas a utilizar antes de acceder a la zona de trabajos. Así mismo se colocarán señales de advertencia de peligro.

## **1.5 INSTALACIONES PROVISIONALES**

### **1.5.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE OBRA**

#### **DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Conexión de aparatos movidos por electricidad, (máquinas herramientas etc.), así como del sistema de iluminación auxiliares.

#### **RIESGOS MÁS FRECUENTES**

- Caídas en altura.
- Descargas eléctricas directas o indirectas.
- Caídas al mismo nivel.

#### **NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

- Considerar bajo tensión cualquier parte de la red mientras no se demuestre lo contrario.
- Tensar tramos aéreos entre cuadro general y cuadros secundarios. Si los conductores no soportan las tensiones previstas, colocar cables fiables con una resistencia de rotura de 800 kg. o montar una catenaria.
- Fijar el conductor con abrazaderas.
- Proteger adecuadamente, en las zonas de paso, los cables que vayan por tierra entubados. No colocar materiales encima de ellos.
- Separar los circuitos de la red de alumbrado.
- Usar aparatos eléctricos estancos al agua y de doble aislamiento.
- Conectar las máquinas con terminales de presión, con mando de paro y puesta en marcha. Estas derivaciones no serán sometidas a presiones que puedan originar su rotura.

- Situar las lámparas de alumbrado general y sus accesorios a una altura de 2,5 metros sobre el forjado. Si forzosamente hay que situarlas más bajas se las protegerá con una pantalla resistente.
- Disponer una señalización clara y sencilla prohibiendo la entrada a personas no autorizadas a los locales donde se instale el equipo eléctrico. Prohibir su manejo a personas no debidamente asignadas.
- Instruir sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente eléctrico.
- Sustituir inmediatamente las mangueras que presenten algún desperfecto en la capa protectora aislante.
- No utilizar cables deteriorados o con empalmes.
- Las conexiones a bases de enchufes se efectuarán siempre con clavijas adecuadas, de presión y estancas.

**PROTECCIONES PERSONALES.**

- Uso de casco homologado, con certificación CE, dieléctrico si es preciso.
- Guantes aislantes, certificado CE.
- Herramientas manuales con aislamiento.
- Botas aislantes o calzado de seguridad con certificación CE.
- Tarimas, alfombrillas y pértigas aislantes.

## **1.5.2 INSTALACIÓN SANITARIA**

La ubicación de estas instalaciones será adecuada al tipo de trabajos y al número de trabajadores.

**ASEOS**

- Estarán provistos de lavabo, toallero de un sólo uso, dispensador de jabón y espejo.
- Cabina aislada con puerta y pestillo interior equipada con retrete.

**VESTUARIOS**

- Taquillas, preferentemente metálicas.
- Cabina aislada con puerta y pestillo interior equipada con ducha y colgador.
- Lavabos con toallero de un sólo uso, dispensador de jabón y espejo.
- Bancos, preferentemente de madera.

**NORMAS GENERALES DE CONSERVACIÓN.**

- Los suelos, paredes y techos de estos elementos estarán formados por materiales continuos, lisos, impermeables y que permitan su limpieza con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria.
- Todos los elementos (grifos, desagües, duchas...etc. ) estarán siempre en perfecto estado de funcionamiento.
- Los armarios y bancos estarán siempre a punto para su utilización.
- Todos los servicios dispondrán de iluminación propia.
- Los materiales utilizados en el botiquín se repondrán lo más pronto posible.

### **1.5.3 INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS**

Las causas que propician la aparición de un incendio durante la realización de una obra no son distintas a las que lo generan en otra actividad, existiendo la presencia simultánea de los tres elementos que pueden dar origen a un incendio :

| <b>FUENTES DE IGNICIÓN.</b> | <b>SUSTANCIAS COMBUSTIBLES.</b> | <b>COMBURENTE</b> |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Hogueras.                   | Madera.                         | Oxígeno           |
| Soldadura/Esmerilado        | Combustible para maquinaria.    |                   |
| Conexiones eléctricas.      | Pinturas.                       |                   |
| Trabajos de soldadura.      | Barnices.                       |                   |
| Personal fumador.           | Productos inflamables           |                   |
|                             | Disolventes.                    |                   |

Debido a esta concurrencia de factores, es esencial:

- Controlar el almacenamiento de sustancias peligrosas, claramente amontonadas en el exterior o en zonas ventiladas.
- Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas.
- Revisar periódicamente la instalación eléctrica.

#### **MEDIOS DE EXTINCIÓN.**

Se consultará con el Servicio de Bomberos de Empresa para determinar la ubicación, número y tipo más adecuado dentro del recinto de la obra.

**NORMAS GENERALES DE PREVENCIÓN.**

- Las vías de evacuación estarán libres de obstáculos.
- Señalización de las zonas de prohibición de fumar.
- Señalización y fácil acceso al teléfono, desde el cual se dará el aviso de emergencia.
- Señalización de la situación de los extintores.
- Indicación de las salidas de emergencia.

## **1.6 INSTALACIONES AUXILIARES**

### **1.6.1 ANDAMIOS**

Los distintos tipos de andamios son utilizados por el personal para llevar a cabo trabajos en altura. Este medio será el exigido para alturas superiores a 2 metros en los que deban realizarse trabajos que requieran esfuerzos y que supongan un riesgo. Las escaleras deberán ser únicamente utilizadas en alturas superiores para trabajos puntuales que no supongan esfuerzos y que sean puntuales (pasado de cables, acceder a zonas,...), debiendo utilizarse medios adicionales que aseguren que el trabajo no supone ningún riesgo (arnés de seguridad,...).

Éstos deben seguir una serie de condiciones generales de seguridad, como son:

- Los andamios deberán estar arriostrados para lograr su estabilidad y evitar movimientos que puedan hacer perder el equilibrio a los trabajadores.
- Las plataformas de trabajo de los andamios tendrán como mínimo 60 centímetros de anchura y estarán firmemente ancladas a la estructura; si fuera de tablonos, éstos se unirían fuertemente entre sí y a la estructura.
- Las plataformas de los andamios de los trabajos de más de 2 metros de altura estarán dotadas de barandillas perimetrales de 90 centímetros de altura mínima, de listón intermedio y de rodapiés.
- En las plataformas de los andamios estará prohibido dejar o abandonar materiales o herramientas fuera de los tiempos de trabajo.
- Está prohibido arrojar escombros desde los andamios.
- La distancia de separación entre un andamio y el paramento vertical de trabajo o fachada no será superior a 45 centímetros en previsión de caídas.
- Está prohibido saltar desde la plataforma andamiada al interior del edificio. Si hubiera necesidad se efectuará a través de pasarela reglamentaria.
- Los andamios serán objeto de inspección periódica por parte de la empresa montadora, así como diaria por parte de las empresas usuarias de los andamios.

- Queda prohibido apoyarse sobre la propia estructura del andamio para alcanzar puntos distantes a los definidos por el diseño y dimensiones del andamio.

## **1.6.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS**

Para cada equipo de trabajo se dispondrá de la documentación y registro obligatorios de acuerdo con el R.D. 1215/97 de 18 de Julio de 1997 que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores de los equipos de trabajo, y/o en su defecto el certificado de conformidad marca CE según el reglamento de máquinas.

### **Maquinaria de Elevación.**

Las condiciones generales de seguridad a seguir por estos elementos de trabajo son :

- Los aparatos elevadores y los accesorios de izado utilizados en las obras deben ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
- Deben ser de buen diseño y construcción y deben tener una resistencia suficiente para el uso a que estén destinados.
- Serán manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido una formación adecuada.
- Todos los aparatos elevadores y sus accesorios de izado llevarán de manera visible la indicación del valor de su carga máxima. Se utilizarán unos coeficientes de seguridad adecuados.
- Los ejes, poleas, engranajes y correas de transmisión de los motores estarán cubiertos con carcasas protectoras antiatrapamientos.
- Las máquinas de elevación averiadas que no puedan ser retiradas se señalarán con el cartel: “máquina averiada, no conectar/utilizar”.
- La elevación o descenso de objetos se efectuará lentamente, izándolos en directriz vertical.
- Cuando el operador pierda el ángulo de visión de la trayectoria de la carga, un auxiliar experimentado ordenará mediante señales las maniobras pertinentes.
- Se prohíbe la permanencia de los operarios bajo cargas suspendidas.
- Todo cable deteriorado será sustituido inmediatamente.
- Los ganchos estarán provistos de pestillo de seguridad.
- El izado, transporte y descenso con sistemas no guiados quedará interrumpido cuando haya fuertes vientos.
- Las eslingas, estrobos, cables y demás aparejos de izar deberán ser revisados constantemente.



## **Máquinas Herramientas**

### **A. SIERRA CIRCULAR**

#### **RIESGOS MÁS FRECUENTES**

- Proyección de partículas.
- Cortes y amputaciones.
- Descargas eléctricas.
- Atrapamientos.
- Golpes por objetos.

#### **NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD**

- El disco se protegerá mediante resguardos que reduzcan al mínimo la zona de corte, de forma que quede solamente la distancia del elemento a cortar.
- Estará dotado de cuchillo divisor que actúe como cuña e impida a la madera cerrarse sobre el disco.
- Se usarán empujadores, principalmente cuando se trate de piezas pequeñas o finales de piezas.
- Se protegerá la parte inferior del disco bajo la mesa mediante resguardo apropiado.
- Antes de iniciar el aserrado se comprobará que no existen clavos o partes metálicas incrustadas en la madera que se desea cortar.
- La alimentación eléctrica se realizará mediante mangueras anti humedad, dotadas de clavijas estancas a través del cuadro eléctrico de distribución para evitar riesgos eléctricos.
- Está prohibido ubicar la sierra circular en sitios encharcados.

#### **PROTECCIONES PERSONALES**

- Utilización, en caso necesario, del casco homologado con certificación CE.
- Mono de trabajo y calzado de seguridad, con certificación CE..
- Gafas de seguridad antiproyecciones homologadas, certificado CE.
- Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.

**B. TALADRO PORTÁTIL.**

**RIESGOS MÁS FRECUENTES.**

- Proyección de partículas y polvo.
- Descarga eléctrica.
- Heridas y cortes.
- Rotura de la troca.

**NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD.**

- Comprobar el estado del cable y de la clavija de conexión.
- Elegir la broca adecuada para el material a taladrar.
- No deben realizarse taladros inclinados ya que puede romperse la broca y producir lesiones al trabajador.
- El taladro no se deberá presionar en exceso.
- Se desconectará de la red eléctrica cuando haya que cambiar de broca.

**PROTECCIONES PERSONALES.**

- Utilización, en caso necesario, del casco homologado con certificación CE.
- Mono de trabajo y calzado de seguridad, con certificación CE.
- Gafas de seguridad que impidan la proyección de partículas a los ojos.
- Guantes de cuero bien ajustados.

**C. HERRAMIENTAS MANUALES.**

**RIESGOS MÁS FRECUENTES.**

- Proyección de partículas y polvo.
- Descarga eléctrica.
- Heridas y cortes.
- Generación de polvo.
- Ruidos.

**NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD.**

- Las herramientas manuales se utilizarán en aquellas tareas para las que fueron concebidas.
- Antes de su uso se revisarán, desechándose aquéllas que no se encuentren en buen estado de conservación.
- Se mantendrán limpias de aceite, grasas y otras sustancias deslizantes.

- Se colocarán y depositarán en portaherramientas o estanterías adecuadas para evitar caídas y posibles cortes y golpes.
- Los trabajadores deben ser adiestrados en el recto uso de las herramientas.
- No se usará una herramienta desprovista de enchufe.

**PROTECCIONES PERSONALES.**

- Utilización, en caso necesario, del casco homologado con certificación CE.
- Mono de trabajo y calzado de seguridad, con certificación CE.
- Gafas de seguridad que impidan la proyección de partículas a los ojos.
- Guantes de cuero.
- Máscara con filtro.
- Protecciones auditivas.



# III. PLIEGO DE CONDICIONES

---



## INDICE PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES

|   |     |
|---|-----|
| 1. OBJETO.....  | 189 |
| 1.1 DEFINICIÓN DE TERMINOS .....                      | 189 |
| 2. MEMORIA .....                                      | 190 |
| 3. CÓDIGOS DE APLICACIÓN.....                         | 190 |
| 4. NORMAS DE SEGURIDAD .....                          | 191 |
| 5. TIPO Y ALCANCE DE CONTRATACIÓN .....               | 191 |
| 5.1 OBRA CIVIL .....                                  | 191 |
| 5.2 SUMINISTRO DE MATERIALES .....                    | 191 |
| 5.3 RUIDO .....                                       | 191 |
| 5.4 MÁQUINAS .....                                    | 191 |
| 5.5 CONEXIÓN TCP.....                                 | 192 |
| 5.7 CONTRATO DE MANTENIMIENTO.....                    | 192 |
| 6. CLAUSULAS ESPECIALES AL ALCANCE DEL CONTRATO ..... | 192 |
| 7. VISITA A OBRA.....                                 | 193 |
| 8. PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS .....                 | 193 |
| 9. SEGURIDAD Y SALUD.....                             | 194 |
| 10. PERSONAL .....                                    | 194 |
| 11. MAQUINARIA E INSTALACIONES.....                   | 195 |
| 12. HORARIO DE TRABAJO .....                          | 195 |
| 13. SUBCONTRATACIÓN.....                              | 196 |
| 14. PLAN DE CALIDAD .....                             | 196 |
| 15. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS .....                     | 197 |
| 15.1 MATERIALES .....                                 | 197 |
| 15.2 OPERACIONES DE FABRICACIÓN EN TALLER.....        | 197 |
| 15.2.1 Corte.....                                     | 197 |
| 15.2.2 Perforación .....                              | 198 |
| 15.2.3 Ensamblado en taller.....                      | 198 |
| 15.3 SOLDEO.....                                      | 199 |
| 15.3.1 Preparación y ejecución de la soldadura .....  | 199 |
| 15.4 UNIONES ATORNILLADAS.....                        | 200 |
| 15.4.1 Utilización de tornillos.....                  | 200 |
| 15.4.2 Utilización de tuercas .....                   | 201 |
| 15.4.3 Utilización de arandelas .....                 | 201 |





## **1. OBJETO**

El objeto del presente documento es definir las condiciones técnicas particulares para la ejecución de los trabajos a realizar en la planta de CO desde enero de 2016 hasta junio de 2016:

- ESTRUCTURA
- FABRICACIÓN Y MONTAJE DE EQUIPOS
- CONEXIÓN ELÉCTRICA Y ELEMENTOS DE CONTROL
- PUESTA EN MARCHA
- MANTENIMIENTO

del proyecto **“Instalación de carga automática de coque en generadores: estructura y equipo mecánico en la zona de carbonera”**

### **1.1 DEFINICIÓN DE TERMINOS**

**CONTRATISTA.** Empresa Ofertante y adjudicataria del Contrato, que ejecuta la obra.

**PROPIEDAD- PROPIETARIO:** empresa dueña de las instalaciones donde se realizan los trabajos contratados, COVESTRO, S.L (COV), anteriormente Bayer MaterialScience, S.L (BMS).

**INGENIERÍA:** departamento de la empresa DIFA adjudicataria de la realización de las distintas fases de diseño.

**DIRECCIÓN FACULTATIVA:** técnico encargado de la dirección y el control de la correcta ejecución de la obra designado por el PROPIETARIO.

## **2. MEMORIA**

El propietario tiene previsto la **“Instalación de carga automática de coque en generadores: estructura y equipo mecánico en la zona de carbonera”** y para ello se han de iniciar los trabajos en el mes de enero de 2016 y terminar en el mes de junio de 2016. Estos trabajos de implantación de la instalación se realizarán en la planta de CO, edificio TAR C499.

Serán por cuenta del contratista los trabajos de fabricación y modificación del sistema de transporte automático de coque así como los trabajos de instalación y puesta en marcha del mismo, salvo que se indique lo contrario por parte del propietario.

## **3. CÓDIGOS DE APLICACIÓN**

Serán de aplicación para la implantación de la instalación de carga automática de coque:

- Especificación técnica y planos suministrados por DIFA.
- Protección anticorrosión según procedimiento de Bayer WN 2207.
- Tolerancia en construcción soldada según DIN 8570.
- Norma contratación empresas externas PNT0201.
- WN estructuras: WN 394, 395, 399, 2510, 2511, 2512, 2520, 2525, 2528, 2530.
- WN pintura: WN 1203-1, 2207, 2208.
- DIN Soportes: DIN 434,435.
- Equipos ATEX Zona 1 T3 IIC.
- Instalaciones de Baja Tensión PNT0668.
- Ruido según DIRECTIVA 2003/10/EC.
- Reglamento de máquinas RD 1644/2008.
- Directiva de máquinas europeas 2006/42/EC.
- Normativa de equipos de trabajo RD1215/1997.
- Normas de Seguridad y Salud **“Base Trabajos Planta CO”**.

Y en general las Normas BAYER (WN y PNT) y los reglamentos y normativa legal en vigor en el momento de firmarse el presente contrato.

## **4. NORMAS DE SEGURIDAD**

Están a disposición del contratista y son de obligado cumplimiento:

- Normas de Seguridad y Salud “Base Trabajos planta CO”.
- “Plan de Emergencia de BMS”.
- “Manual de actuación de medio ambiente de BMS”.

De igual modo son de obligado cumplimiento las Normas y reglamentos oficiales vigentes.

Todo el personal asistirá obligatoriamente a una formación específica sobre riesgos existentes en la planta de CO.

## **5. TIPO Y ALCANCE DE CONTRATACIÓN**

Los trabajos a realizar en la carbonera con la planta en marcha entre febrero y marzo de 2016 tendrán en cuenta:

- Interrumpir los trabajos 10 minutos cada hora por la carga de la tolva actual.
- Interrumpir 2 veces al día durante 30 minutos por descarga de camiones de coque.

El alcance del contrato cubre las siguientes situaciones:

### **5.1 OBRA CIVIL**

- En la documentación técnica de DIFA se entrega la información necesaria para la realización de las cimentaciones de la nueva estructura.
- Los trabajos de obra civil se realizarán con la planta en marcha y debido a ello se tendrá en cuenta los tiempos muertos mencionados anteriormente.

### **5.2 SUMINISTRO DE MATERIALES**

- El contratista suministrará los materiales necesarios para la instalación.

### **5.3 RUIDO**

- Nivel de ruido < 80 dB a 1m de distancia.

### **5.4 MÁQUINAS**

- La nueva instalación deberá cumplir La Directiva de máquinas europeas 2006/42/EC o RD 1644/2008.
- La nueva instalación cumplirá también El Real Decreto 1215/1997, de 18 de por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

### 5.5 CONEXIÓN TCP

- El contratista cableará cada motor hasta su interruptor de seguridad que estará ubicado fuera de los equipos móviles.

### 5.6 PUESTA EN MARCHA

- El contratista conjuntamente con la propiedad realizarán todas las pruebas necesarias para el buen funcionamiento de la instalación.

### 5.7 CONTRATO DE MANTENIMIENTO

- La empresa ofertante deberá presentar un contrato de mantenimiento de la instalación con una empresa preferentemente local y con experiencia demostrable en el mantenimiento de instalaciones similares.

## **6. CLAUSULAS ESPECIALES AL ALCANCE DEL CONTRATO**

- El contratista será el responsable del funcionamiento correcto de la instalación con lo cual revisará y propondrá posibles cambios en la instalación para que el sistema funcione correctamente, previa aprobación por parte de la propiedad.
- Será suministro del contratista soportes tanto de muelle como estructura, fijación de elementos metálicos a la estructura existente, así como el montaje, nivelación y fijación de los equipos a sus bancadas o soportes estructurales correspondientes.
- Como norma general no se puede soldar en campo durante el montaje. El herramental a emplear tienen que ser para zona ATEX.
- Será responsabilidad del contratista y por tanto deberán incluir en su oferta, los andamios, grúas y cuantos medios sean necesarios para proceder al desmontaje y montaje de todo lo ofertado.

- El contratista se limitará a transitar por los accesos establecidos a las obras y determinado por BMS, no pudiéndose atravesar unidades en marcha ni otras zonas ajenas al área de su trabajo.
- Todos los materiales suministrados y/o aportados por el contratista deberán ir acompañados de los certificados de fabricante y/o documentos y planos.
- Se aplicarán penalizaciones del 1% del total del importe del proyecto por incumplimiento de Normas de Seguridad y Salud y 2% del total del importe del proyecto por accidente laboral y/o retraso en el cumplimiento de la planificación por causas no atribuibles a la propiedad, hasta un máximo de un 1% semanal y un 5% en total.

## **7. VISITA A OBRA**

- Es imprescindible que el contratista visite la zona de montaje antes de preparar la oferta.
- El contratista, en su visita al lugar de construcción, deberá informarse de las disposiciones vigentes que puedan ser de aplicación a la realización del trabajo.

## **8. PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS**

- El contratista entregará una planificación detallada de todos los trabajos.
- El contratista se responsabilizará del cumplimiento del mismo debiendo tomar las acciones y medidas oportunas para garantizar las fechas establecidas.
- Una vez presentada la Planificación la propiedad tendrá que aprobarla, se establecerán penalizaciones por el incumplimiento de la misma.
- El contratista indicará en su oferta la fecha más temprana en la que esté en condiciones de comenzar la obra.

## 9. SEGURIDAD Y SALUD

- El contratista recibirá las “Normas de Seguridad y Salud del proyecto de **Base Trabajos Planta CO**”, comprometiéndose a la aceptación de los trabajos a cumplir con lo allí fijado.
- La zona de construcción estará debidamente señalizada y será responsabilidad del contratista su mantenimiento y perfecto estado de uso.
- Solo se permitirá el uso de teléfonos móviles en zonas autorizadas y bajo expresa autorización de la propiedad. Queda prohibido el uso de teléfonos móviles en el interior de las plantas de producción y en las salas de control.
- La limpieza es fundamental en la obra por lo que el contratista deberá mantener la zona limpia en todo momento.

## 10. PERSONAL

- El contratista deberá enviar con su oferta el nombre y la acreditación en materia de prevención de riesgos laborales de la persona que piensa destacar en obra como Técnico de Seguridad.
- El contratista presentará CV del Jefe de Obra y operarios previstos.
- El contratista indicará la procedencia, años de experiencia y número de obras de esta especialidad realizadas por los encargados propuestos.
- El contratista tendrá en cuenta que todo el personal que asigne a la obra deberá tener la formación en seguridad exigida por las normas de BMS.
- El contratista es responsable de la cualificación profesional de todo el personal que vaya a emplear en la obra.

## **11. MAQUINARIA E INSTALACIONES**

- La maquinaria, equipo y herramientas del contratista estarán en perfecto estado de uso y con los certificados de ITV, OCA, etc.
- La dirección facultativa podrá rechazar cualquiera de las que, a su juicio, no cumplan los mínimos requisitos de operación, funcionalidad o seguridad exigibles, debiendo ser repuestas de inmediato por otras equivalentes en condiciones, sin derecho a posterior reclamación económica por demoras, costes o pérdidas de rendimiento.
- El contratista es responsable de suministrar toda la maquinaria, equipos y herramientas necesarias para llevar a cabo el trabajo en el tiempo previsto.
- El contratista respetará el itinerario previsto para el acceso y desplazamiento por el interior del complejo de todo tipo de vehículos y máquinas.
- En caso de alteración del itinerario, por necesidad de las obras, solicitará a la dirección facultativa la modificación del mismo y las condiciones en que ha de realizarse el desplazamiento, al objeto de evitar los desperfectos que estos vehículos puedan originar en instalaciones.

## **12. HORARIO DE TRABAJO**

- Las horas extraordinarias o turnos que necesite realizar para cumplir el planning previsto o para corregir desviaciones detectadas en relación al planning se consideran incluidos en los precios ofertados.
- El contratista debe garantizar que el personal trabajará con un horario que cumpla la legislación vigente.

### **13.SUBCONTRATACIÓN**

- Todos los suministradores / subcontratistas utilizados por el contratista deben disponer de la cualificación, credenciales, certificados, etc. necesarios para el desempeño del trabajo y deben contar con la aprobación previa de la propiedad..
  
- No se permite la subcontratación de la actividad propia de este contrato, esto es: la prefabricación, desmontaje y montaje de estructura y desmontaje y montaje de equipos. Estos trabajos deben ser realizados por personal propio del contratista. En caso de necesidad en la actividad principal del contrato deberá contar con la autorización de la propiedad.

### **14.PLAN DE CALIDAD**

El contratista incluirá en su oferta un plan de calidad específico para la obra que deberá definir:

- Organización del control de calidad de la obra.
  
- Procedimiento y documentación de los controles a realizar durante el desarrollo de las obras y al final de las mismas.
  
- Lista de chequeos, periodicidad de los controles y documentos que recojan y certifiquen los resultados de los mismos.
  
- Procedimiento de Compra de Materiales:
  - Selección de suministradores.
  - Certificados.
  
- Procedimiento de recepción/control de materiales.
  
- Procedimiento de almacenamiento y gestión de materiales.



## 15. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

### MATERIALES

Este apartado se refiere a los elementos fabricados con los materiales relacionados en la Instrucción EAE (Instrucción de acero estructural), y en particular:

- Aceros en chapas y perfiles de calidad S 235 a S 450, ambos inclusive. Si el material va a sufrir durante la fabricación algún proceso capaz de modificar su estructura metalográfica (deformación con llama, tratamiento térmico específico, etc.) se deberán verificar los requisitos adicionales pertinentes.
- Perfiles y chapas de acero laminado:  
Se usarán los aceros establecidos en la norma UNE EN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general).
- Perfiles huecos de acero :  
Se contemplan los aceros establecidos por las normas UNE-EN 10210-1 relativa a Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grado fino y en la UNE-EN 10219-1, relativa a secciones huecas de acero estructural conformado en frío.

### OPERACIONES DE FABRICACIÓN EN TALLER

#### Corte

El corte debe realizarse por medio, entre otros, de sierra, cizalla u oxicorte. Siempre que el acabado quede libre de irregularidades y no se produzcan endurecimientos locales superiores a 380HV10, no será necesario un mecanizado posterior.

El equipo utilizado en el corte debe ser revisado periódicamente de modo que se garantice la magnitud máxima de las irregularidades. Son preferibles los procedimientos de sierra, plasma y oxicorte automático frente a los de cizalla y oxicorte manual.

## **Perforación**

Los agujeros para tornillos pueden realizarse mediante taladrado o punzonado. La perforación puede hacerse a diámetro definitivo o a diámetro reducido en 2 mm, mediante un escariado posterior.

Sólo se admite el punzonado a diámetro definitivo en el caso de que no se den cargas de fatiga. El espesor del material será inferior a 25 mm y el diámetro del agujero no superará dicho espesor.

En piezas sometidas a cargas de fatiga, clase de ejecución 4, los agujeros se ejecutarán con taladro.

Cuando se trate de agujeros para tornillos de cabeza avellanada el ángulo de avellanado debe ser idéntico al de la cabeza de los mismos.

Los agujeros rasgados podrán ser punzonados de una vez o bien taladrados con dos agujeros, pero requieren un posterior acabado para asegurar el desplazamiento del tornillo a lo largo del óvalo en el caso de que se haya previsto dicho deslizamiento, además se mecanizará.

Siempre que sea posible se recomienda taladrar a la vez los agujeros de las dos piezas de una misma unión.

Las rebabas deben eliminarse de los agujeros antes del armado, excepto cuando los agujeros están taladrados en una sola operación a través de los elementos unidos firmemente entre sí que no necesitan separarse después del taladrado.

## **Ensamblado en taller**

Esta operación consiste en presentar los elementos elaborados en taller y proceder a su ensamblado previo al montaje en obra. Se deberá obtener una coincidencia de uniones dentro de las tolerancias aplicables sin forzar o dañar los elementos.

Se deberá comprobar el ajuste de las superficies de apoyo por contacto en cuanto a dimensiones, ortogonalidad y planeidad.

Cumpliendo las tolerancias aplicables es aceptable utilizar el mecanizado por sierra de las superficies de contacto.

En uniones con soldaduras a tope se deberá comprobar que las tolerancias geométricas entre las preparaciones de borde están dentro de las exigencias aplicables a los tipos de soldadura previstos.

En todas las uniones o piezas provisionales utilizadas en el armado en taller se adoptarán las adecuadas medidas de seguridad y se aplicarán los criterios de esta Instrucción como si se tratasen de elementos definitivos a instalar en obra.

## **SOLDEO**

### **Preparación y ejecución de la soldadura**

#### **Preparación de bordes**

La preparación de bordes de las piezas a unir con soldadura a tope tiene por objeto asegurar la penetración completa adaptándose a las diferentes condiciones de tipo técnico y económico existentes en cada caso concreto. La superficie de las piezas y los bordes propiamente dichos estarán exentos de fisuras y entalladuras visibles.

Las superficies a soldar estarán secas y libres de cualquier material que pueda afectar negativamente a la calidad de la soldadura. La imprimación puede admitirse si el procedimiento de soldeo ha sido cualificado con ella.

La preparación de bordes forma parte del proceso de soldeo. La elección del tipo adecuado es responsabilidad del coordinador de soldeo. En UNE-EN ISO 9692-1 se indican los tipos más recomendables para varios procesos.

Las desviaciones de forma y ajuste entre caras deben ser inferiores a las admisibles indicadas en el proceso de soldeo particular. Cualquier corrección de defecto debido a entalladura o error en la geometría de la junta mediante recargue de soldadura debe estar contemplado en el proceso de soldeo. En todo caso la zona afectada debe ser amolada quedando su superficie lisa y enrasada con el resto de la pieza.

#### **15.1.1.1 Protección contra la intemperie**

Tanto las piezas a soldar como el soldador deberán estar protegidos del viento, nieve y lluvia, especialmente cuando el proceso de soldeo se realice con protección de gas. En general, es recomendable que todas las actividades de soldadura se lleven a cabo en taller. Las superficies a soldar deben mantenerse secas y libres de condensación.

### 15.1.1.2 Montaje para el soldeo

Las piezas a soldar deberán estar alineadas y correctamente posicionadas manteniendo su inmovilidad durante el soldeo. Para ello pueden utilizarse soldaduras de punteo entre ellas o bien dispositivos externos tales como plantillas o gálibos de armados con medios adecuados de fijación.

No deben realizarse soldaduras adicionales, taladros o rebajes que no estén definidos en los planos.

### **Pre calentamiento**

El pre calentamiento de las superficies de los elementos a unir tiene por objeto modificar el tiempo de enfriamiento de modo que se reduzca la probabilidad de formación de componentes frágiles en el material de aportación y en la zona afectada por el calor del material base. El pre calentamiento puede resultar necesario con grandes espesores o con aceros de alto contenido de carbono equivalente.

## **UNIONES ATORNILLADAS**

### **Utilización de tornillos**

A menos que figure explícitamente en el pliego de prescripciones técnicas particulares que se ha considerado el cortante en la parte roscada, la longitud de los tornillos se deberá determinar de manera que con la suma de espesores de chapas y arandelas el plano de cizalladura quede fuera de la parte roscada de la espiga.

En ese caso se pueden utilizar tornillos roscados hasta la cabeza. Lo anterior no es aplicable a los tornillos calibrados.

Después del apriete, la espiga con rosca debe sobresalir de la tuerca al menos un filete. En los tornillos sin pretensado también debe quedar por lo menos un filete al otro extremo de la tuerca, es decir, dentro de la unión. En tornillos pretensados este último requisito será de cuatro filetes como mínimo.

### **Utilización de tuercas**

Las tuercas serán adecuadas al tipo de tornillo utilizado, especialmente en el caso de que sean pretensados.

Deberán poder desplazarse sin dificultad sobre el tornillo previamente a su instalación. Su designación debe quedar accesible, de modo que la cara en que conste su identificación resulte visible para la posterior inspección.

En estructuras sometidas a vibraciones se tomarán medidas especiales para evitar la pérdida de la rosca y la eventual salida del tornillo. En este caso los tornillos de eje vertical tendrán su cabeza en la parte superior de la unión.

### **Utilización de arandelas**

Independientemente de su calidad, los tornillos no pretensados no requieren el empleo de arandelas, a menos que se trate de superficies con recubrimientos de gran espesor, donde haya que evitar daños locales.

Mediante el uso de arandelas puede lograrse el requisito de mantener la parte roscada fuera del agujero en tornillos calibrados, o bien fuera del plano de cizalladura si así lo requiere el pliego de prescripciones técnicas particulares para tornillos no pretensados o pretensados.



## IV.PRESUPUESTO

---





## INDICE PRESUPUESTO

|    |                                   |     |
|----|-----------------------------------|-----|
| 1. | SUMINISTRO .....                  | 207 |
| 2. | TRANSPORTE Y MONTAJE .....        | 211 |
| 3. | AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.....     | 213 |
| 4. | SERVICIOS DE INGENIERIA.....      | 215 |
| 5. | EXCLUSIONES Y OBSERVACIONES ..... | 217 |



Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga nº7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

## Integring Procesos, S.L.

C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

Att. Ana Belen Salas Puyuelo

Estimados Sres.:  
 De acuerdo con su petición tenemos el agrado de ofrecerles nuestras mejores condiciones de precio y plazo de entrega, por el suministro de los trabajos ó materiales que se detallan a continuación:

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 1 de 12 |

| Código | Cantidad        | Concepto  | Precio Unitario | Importe    |
|--------|-----------------|---|-----------------|------------|
| 1,     | <b>1,000 Ud</b> | <b>SUMINISTRO</b>   |                 |            |
| 1,1    | 1,000           | <b>TOLVA RECEPCION 2,4m3</b><br><br>Tolva de almacenamiento para carga con cuchara mediante polipasto de 2,4 m3 de capacidad aproximada y dimensiones 2,2x2,2x1,3mts (ancho x largo x altura).Realizada en chapa de acero al carbono, con refuerzos exteriores realizados en material estructural y cantos interiores redondeados.<br><br>Revestimiento interior cerámico de 4 mm en mosaico cuadrado pegado con resina epoxi.<br><br>Incluye células de pesaje estático de 2.000kg situadas entre los apoyos de la tolva para el control de la carga de coque. Gatos elevación mecánicos para mantenimiento células.<br><br>Pintado exterior de superficies, según las siguientes especificaciones:<br><br>*Chorroado o grallado<br>*Capa básica imprimación antioxidante rica en Zinc (60 micras)<br>*Capa intermedia epoxi rico en minerales pesados ( 180 micras)<br>*Acabado en poliuretano al clorocaucho o esmalte sintético (60 micras) | 6.159,0970      | 6.159,0970 |
| 1,2    | 1,000           | <b>PICO GUALDERA ABIERTO PARA F220</b><br><br>Construido en acero al carbono<br>Boca superior (mm).... 500 x 460<br>Altura (mm)..... 590<br>Con cartelas de sujeción para los alimentadores<br><br>Pintado exterior de superficies, según las siguientes especificaciones:<br><br>*Chorroado o grallado<br>*Capa básica imprimación antioxidante rica en Zinc (60 micras)<br>*Capa intermedia epoxi rico en minerales pesados ( 180 micras)<br>*Acabado en poliuretano al clorocaucho o esmalte sintético (60 micras)   | 2.074,8000      | 2.074,8000 |
| 1,3    | 1,000           | <b>ALIMENTADOR VIBRANTE TARNOS F220</b><br><br>Alimentador vibrante electromagnético Tarnos F220 para regular la alimentación entre la tolva y la criba.<br><br>Incluye cuadro de mando RSDC4BI de amplitud mediante tiristor y circuito de disparo que garantiza una estabilidad de vibración frente a variaciones de + - 5% de tensión de alimentación. Incorpora potenciómetro de regulación manual de caudal entre 0 y 100% del nominal, señal de 4 a 20 mA para regulación automática de amplitud, marcha parada a distancia y de los elementos de   | 7.948,0800      | 7.948,0800 |

Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga nº7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

**Integring Procesos, S.L.**

 C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 2 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto | Precio Unitario | Importe |
|--------|----------|----------|-----------------|---------|
|--------|----------|----------|-----------------|---------|

protección.

**CARACTERISTICAS**

 Modelo..... F220  
 Bandeja:  
 Dimensiones (mm) ..... 510 x 915 x 125 Ancho x largo x alto  
 Ejecucion..... Abierta  
 Construida en..... Acero al carbono estandar  
 Montaje..... Suspendido  
 Instalacion ..... Inclinacion 6o  
 Recubrimiento ..... En fondo  
 Tipo de recubrimiento .. Con desgaste de alumina  
 Espesor de recto(mm) .. 6  
 Fijacion recubrimiento .. Pegado  
 Accionamiento:  
 Potencia (W).....450  
 Intensidad (A)..... 6  
 Tension / Frecuencia (V) 400 / 50  
 Pintura y acabado:..... Segun ISO 12.944-2 para corrosividad tipo C5I  
 Limpieza:..... Chorro SIS-SA 2 .  
 Imprimacion: ..... Epoxi rica en Zinc  
 Espesor imp (fÉm)..... 60  
 Capa intermedia.....Epoxi  
 Esp. intermedia (fÉm).. 180  
 Acabado..... Esmalte de poliuretano  
 Espesor acabado (fÉm) 60  
 RAL:.....5010  
 Material Vibrante

**CONDICIONES DE TRABAJO**

 Producto ..... Coque  
 Caudal (T/h) ..... 30  
 Dens aparente (T/m3) ..0,65  
 Temperatura (°C) .....Ambiente  
 Humedad ..... Nula  
 Granulometría (mm) ..... 40 a 70

|     |       |                          |             |             |
|-----|-------|--------------------------|-------------|-------------|
| 1,4 | 1,000 | <b>CRIBA TARNOS C138</b> | 20.205,3600 | 20.205,3600 |
|-----|-------|--------------------------|-------------|-------------|

 No bandejas..... 1  
 Construccin 1er medio de cribado..... Poliuretano  
 Forma del 1er medio de cribado..... Cuadrada  
 1a Luz de corte (mm).... 40  
 Anchura util (mm) ..... 914  
 Longitud util (mm) ..... 2400  
 Sup clasificacion (m2)....2,23  
 Construccin criba.....Acero al Carbono  
 Velocidad de giro (rpm) ..1040  
 Amplitud vibracion (mm).. 6,5  
 Potencia (CV) .....5,5 (Motor incluido) ATEX II Zona 21 T125o IP

Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga nº7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

**Integring Procesos, S.L.**

 C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 3 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto  | Precio Unitario | Importe     |
|--------|----------|---|-----------------|-------------|
|        |          | 65<br>Lado colocacion motor: Pendiente de confirmar por parte cliente.<br>Montaje 1 o 2 (lado derecho o izquierdo, segun el avance del producto).<br>Inclinacion (osex)..... 20<br>Peso aprox. (Kg)..... 705<br>Tolvin de Alimentacion. Recubierto por la parte interior, en fondo, en poliuretano<br>Pintura y acabado:..... Segun ISO 12.944-2 para corrosividad tipo C5I<br>Limpieza:..... Chorro SIS-SA 2 .<br>Imprimacion: ..... Epoxi rica en Zinc<br>Espesor impr(fÊm).....60<br>Capa intermedia.....Epoxi<br>Esp intermedia (fÊm).....180<br>Acabado.....Esmalte de poliuretano<br>Espesor acabado (fÊm) . 60<br>RAL:..... 5010 |                 |             |
|        |          | Material Vibrante   |                 |             |
|        |          | CONDICIONES DE TRABAJO<br>Caudal alimentador (T/h) ..30<br>Producto.....Coque<br>Densidad aparente (T/m3). 0,65<br>Humedad (%) ..... Ambiente<br>Temperatura (°C) ..... Ambiente<br>Granulometría (mm)..... 0 a 70<br>Distribución granulométrica No indicada, se estima<br>de 0 a 20 mm..... 5%<br>de 20 a 40 mm..... 5%<br>de 40 a 70 mm..... 90%   |                 |             |
| 1,5    | 1,000    | <b>TOLVIN RECHAZOS</b>  | 1.995,0000      | 1.995,0000  |
|        |          | Con salida conectada a un tubo que bajará, por un lateral de la carbonera hasta la parte baja donde se pondrá un big-bag para recogida de rechazos (coque con granulometría inferior a 40mm).   |                 |             |
|        |          | Pintado exterior de superficies, según las siguientes especificaciones:<br><br>*Chorreado o grallado<br>*Capa básica imprimación antioxidante rica en Zinc (60 micras)<br>*Capa intermedia epoxi rico en minerales pesados ( 180 micras)<br>*Acabado en poliuretano al clorocaucho o esmalte sintético (60 micras)  |                 |             |
| 1,6    | 1,000    | <b>ESTRUCTURA Y PLATAFORMAS</b>   | 23.843,4021     | 23.843,4021 |
|        |          | - Estructura para la soportación de tolva, criba y alimentador, a base de perfiles estructurales europeos normalizados tipo IPN, UPN y tubo cuadrado ejecutada con uniones soldadas y tornillería   |                 |             |

Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga n°7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

**Integring Procesos, S.L.**

C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 4 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto   | Precio Unitario | Importe |
|--------|----------|--|-----------------|---------|
|        |          | de montaje.<br>- Piso superior apoyo Tolva Recepción de dimensiones 6.000 x 4.500 mm a base de viguetas en perfiles estructurales normalizados europeos tipo IPN, LPN o similar.<br>- Piso intermedio de dimensiones 12.000 x 4.500 mm a base de viguetas en perfiles estructurales normalizados europeos tipo IPN, LPN o similar y rejilla electrosoldada con malla de seguridad, con hueco para colocación de 1 Criba C138 según sus dimensiones y acceso a cola de CINTA TRP-500.<br>-30 metros barandillas de seguridad perimetrales para piso superior, intermedio y escaleras, a 1 m de altura mínima, con pasamanos y soportes de perfil hueco 40x40, arriostramientos Ph 30x30 y rodapie de chapa de acero al carbono e= 1'5mm y h 150 mm.<br>- Caballetes soportacion Criba C138 a base de perfiles estructurales europeos normalizados tipo HEB, IPE<br>- Peso aprox. estructura completa 11.000 kg. |                 |         |
|        |          | Pintado exterior de superficies, según las siguientes especificaciones:<br><br>*Chorroado o grallado<br>*Capa básica imprimación antioxidante rica en Zinc (60 micras)<br>*Capa intermedia epoxi rico en minerales pesados ( 180 micras)<br>*Acabado en poliuretano al clorocaucho o esmalte sintético (60 micras)   |                 |         |

---

**Total SUMINISTRO      62.225,7391**

Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga nº7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

**Integring Procesos, S.L.**

 C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 5 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto   | Precio Unitario | Importe     |
|--------|----------|--|-----------------|-------------|
| 2,     | 1,000 Ud | <b>TRANSPORTE Y MONTAJE</b>  |                 |             |
| 2,1    | 1,000 Ud | <b>TRANSPORTE</b><br><br>Transporte terrestre de los elementos detallados en el capitulo 1, desde nuestros talleres de fabricacion hasta sus instalaciones en Tarragona.<br><br>* Incluye packing list de cada transporte<br>* Incluye seguro RC con valor minimo de 3.000.000 €   | 2.716,5250      | 2.716,5250  |
| 2,2    | 1,000 Ud | <b>MONTAJE MECÁNICO</b><br><br>- Montaje mecanico elementos conjunto instalacion detallada en capitulo 1 (en sus instalaciones).<br><br>* Incluyen Salarios y SYS<br>* Dietas y hospedaje<br>* Consumibles (electrodos, gas, discos radial etc...)<br>* Plan de seguridad adherido a estudio SYS<br>* Recurso preventivo permanente en obra.<br>* Cualquier otro medio o elemento necesario para acometer las tareas de montaje de la instalacion detallada, cumpliendo con absoluta correccion con las normativas de seguridad laboral e higiene en el trabajo.<br><br>- Maquinaria de mano previsible para realizar montaje segun normativa de seguridad laboral<br>* Cuadro electrico de conexionado de equipos, protegido<br>* Prolongador de cable 220/380V<br>* Atornillador electrico<br>* Amoladora 115/230 mm<br>* Taladro electrico 1.5"<br>* Herramienta de mano como llaves hexagonales, martillos destornilladores, punzones etc...<br>* Nivel laser y nivel manual<br>* Escuadras manuales | 23.880,1500     | 23.880,1500 |
| 2.3    | 1,000 Ud | <b>MEDIOS DE ELEVACION</b><br><br>Incluye<br><br>- Medios de elevacion de materiales a emplear en tareas de montaje en obra<br>* Grua autopropulsada 55 TN Diesel<br>* Grua Giratoria 90 TN Diesel<br>* Manipulador telescopico 17 mtos Diesel<br><br>- Medios elevacion personas a emplear en tareas de montaje en obra<br>* Plataforma articulada 16 mtos electrica  | 5.067,3000      | 5.067,3000  |



# PRESUPUESTO

Covestro S. L.  
Calle Feixa Llarga nº7  
08040 Barcelona (Barcelona)

## Integring Procesos, S.L.

C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
12005 Castellon  
Tif.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
E-Mail: info@integring.com  
http://www.integring.com  
CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 6 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto | Precio Unitario                   | Importe            |
|--------|----------|----------|-----------------------------------|--------------------|
|        |          |          | <b>Total TRANSPORTE Y MONTAJE</b> | <b>31.663,9750</b> |



Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga nº7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

**Integring Procesos, S.L.**

 C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 7 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto   | Precio Unitario | Importe     |
|--------|----------|--|-----------------|-------------|
| 3,     | 1,000 Ud | <b>AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL</b>  |                 |             |
| 3.1    | 1,000 Ud | <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y PUESTA EN MARCHA ELECTRI</b><br>INSTALACION ELECTRICA   | 53.097,4464     | 53.097,4464 |
|        |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cableado y canalizaciones necesarias para la alimentación de los motores desde el cuadro principal, siguiendo las especificaciones descritas en la documentación recibida (modelos de bandeja y tubo según especificado)</li> <li>- Cableado y canalizaciones necesarias para la lectura de todas las señales descritas anteriormente, siguiendo las especificaciones descritas en la documentación recibida (modelos de bandeja y tubo según especificado)</li> <li>- Cableado de alimentación y comunicaciones desde ambos cuadros remotos hasta el cuadro principal existente (modelos de bandeja y tubo según especificado)</li> <li>- Sistema de carro portacable marca Elytra compuesto por:               <ul style="list-style-type: none"> <li>1 x Soporte fijo ESN 250</li> <li>1 x Carro de arrastre ESN 250</li> <li>14 x Carros portacables ESN 250</li> </ul> </li> </ul> <p>Todo ello realizado siguiendo las especificaciones descritas en la especificacion recibida.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mano de obra instalacion en planta               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Incluyen Salarios y SYS.</li> <li>* Dietas y hospedaje.</li> <li>* Plan de seguridad adherido a estudio SYS.</li> <li>* Cualquier otro medio o elemento necesario para acometer las tareas de instalacion electrica de la instalacion detallada, cumpliendo con absoluta correccion con las normativas de seguridad laboral e higiene en el trabajo.</li> </ul> </li> </ul> |                 |             |
| 3.2    | 1,000 Ud | <b>CUADROS ELÉCTRICOS</b><br>AMPLICACION CUADRO PRINCIPAL  | 21.545,7326     | 21.545,7326 |
|        |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 x Cubículos Modam 2000</li> <li>- 5 x Contactor 11KW 400V 3P 220VAC</li> <li>- 1 x Guardamotor 1..1,6A</li> <li>- 1 x Guardamotor 4..6,3A</li> <li>- 3 x Guardamotor 6..10A</li> <li>- 1 x Variador 6SL3210-1KE21-7AB</li> </ul> <p>CUADRO REMOTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 x Armario marca Kettle tipo ATEX 2D con dimensiones: 800x600x200 mm</li> <li>- 1 x Módulo de interfaz PROFINET Siemens ET-200SP 6ES7155-6AA00-0BN0</li> <li>- 1 x Módulo de 8x24VDC entradas digitales Siemens 6ES7131-6BF00-0AA0</li> </ul>   |                 |             |

Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga nº7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

**Integring Procesos, S.L.**

C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 8 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto   | Precio Unitario | Importe |
|--------|----------|--|-----------------|---------|
|        |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 x Baseunit Siemens 6ES7193-6BP00-0DA0</li> <li>- 1 x Módulo de 4AI 2 hilos Siemens 6ES7134-6HD00-0BA1</li> <li>- 1 x Baseunit Siemens 6ES7193-6BP00-0BA0</li> <li>- Elementos distribución y protección cuadro remoto: interruptores automáticos, fuente...</li> <li>- Relés, bornas, cables, etiquetas y demás elementos necesarios</li> </ul>   |                 |         |
|        |          | <p>CUADRO REMOTO ENLACE CUADRO PRINCIPAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 x Armario marca Ketcher para el montaje de los pulsadores de arranque y paro de los elementos y el variador</li> <li>- 10 botones para el arranque y paro de los elementos</li> <li>- 1 x Variador 6SL3210-1KE21-7AB</li> <li>- Elementos distribución y protección cuadro remoto: interruptores automáticos, fuente...</li> <li>- Relés, bornas, cables, etiquetas y demás elementos necesarios</li> </ul>  |                 |         |
|        |          | <p>ELEMENTOS INSTALACION</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 x Radar marca Endress+Hauser, modelo Micropilot FMR56, brida DN80 de 3", sin trompeta</li> <li>- 1 x Bascula de pesaje dinamico completa Schenck con electronica Intecont 2000 Plus.</li> <li>- 3 x Células de carga de cizallamiento, marca Utilcell, modelo 350i para 2000 Kg</li> <li>- 1 x electrónica utilcell Smart ABS con comunicación al sistema RS232 y accesorios Acc.35909i y Acc.3911i</li> <li>- 2 x Sensores capacitivos marca PEPPERL+FUCHS, modelo CJ10-30GM-E2-3G-3D con brida de fijación de 30 mm</li> <li>- 4 x Finales de carrera mecánicos marca Telemecanique, modelo XCMD4145L5EX</li> <li>- 4 x Sensores inductivos marcha Pepperl and Fuchs, modelo NJ1.5-18GM-N-D-V-1</li> </ul> |                 |         |

---

**Total AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL      74.643,1790**

Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga nº7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

**Integring Procesos, S.L.**

C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág     |
|--|-------------|------------|--------|---------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 9 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto                       | Precio Unitario | Importe    |
|--------|----------|--------------------------------|-----------------|------------|
| 4,     |          | <b>SERVICIOS DE INGENIERIA</b> |                 |            |
| 4,1    | 1,000    | <b>INGENIERIA DE DETALLE</b>   | 8.778,0000      | 8.778,0000 |

- Ingenieria de detalle y constructiva mas listados y composiciones materiales empleados.  
 - Direccion general obra (control plazos, fabricados, visitas etc...)

**4,2 CERTIFICADOS CE Y MANUALES**
**-DOCUMENTACIÓN**

\* En este apartado se hace referencia a los manuales de instrucciones que acompañan a todos nuestros equipos, y en los que se incluye la declaración de conformidad y otras referencias al mercado CE, obligatorio para todos los fabricantes de maquinaria y equipamiento auxiliar desde 1996, y que Integring, S.L. cumple desde el primer momento.

\* Así mismo, se incluyen en estos manuales toda la documentación referente a esquemas eléctricos de la instalación, planos y cualquier otro documento referente a los materiales utilizados en la realización del sistema, como manuales de los dispositivos empleados, planos y otras referencias, así como listas completas de material.

\* Integring, S.L. se encargará de atender cualquier tipo de duda y de formar al personal encargado de la utilización del sistema en aquellos puntos que pudieran quedar no resueltos.

\* Se incluye la certificación CE del conjunto de la instalación objeto del alcance de la presente oferta.

**NOTAS ADICIONALES:**

\* La descripción realizada en este documento es una descripción genérica. El funcionamiento final de la instalación quedará completamente descrito en el manual de instrucciones de la misma, siempre en consenso con las especificaciones técnicas de funcionamiento del cliente.

\* Esquemas eléctricos completos según las normas vigentes en el desarrollo de esquemas eléctricos para instalaciones de media y baja tensión.

\* Los esquemas eléctricos se entregan en papel para el personal de mantenimiento y en soporte informático para el personal del departamento de ingeniería.

\* Programas completos del software de supervisión, incluido el código fuente del mismo, de forma que si nuestros clientes lo desean puedan ser completamente autosuficientes.

\* Programa completo de los autómatas y paneles de operario (incluido el código fuente) que formen parte de la instalación. Los programas de autómata y pantallas se actualizan delante del personal encargado de fábrica antes de entregar la copia, de forma que el programa que se entrega sea siempre la versión final del mismo.

\* Descripción de funcionamiento de los distintos elementos que forman la instalación. Esta documentación se entrega como



Covestro S. L.  
Calle Feixa Llarga nº7  
08040 Barcelona (Barcelona)

## Integring Procesos, S.L.

C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
12005 Castellon  
Tif.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
E-Mail: info@integring.com  
http://www.integring.com  
CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág      |
|--|-------------|------------|--------|----------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 10 de 12 |

| Código                               | Cantidad | Concepto   | Precio Unitario | Importe       |
|--------------------------------------|----------|--|-----------------|---------------|
|                                      |          | ayuda al personal de mantenimiento, dado que muestra como funcionan las distintas máquinas que forman parte de la instalación. |                 |               |
| <b>Total SERVICIOS DE INGENIERIA</b> |          |  |                 | <b>0,0000</b> |

Covestro S. L.  
 Calle Feixa Llarga nº7  
 08040 Barcelona (Barcelona)

**Integring Procesos, S.L.**

 C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
 12005 Castellon  
 Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
 E-Mail: info@integring.com  
 http://www.integring.com  
 CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág      |
|--|-------------|------------|--------|----------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 11 de 12 |

| Código | Cantidad | Concepto  | Precio Unitario | Importe |
|--------|----------|---|-----------------|---------|
| 5,     |          | <b>EXCLUSIONES Y OBSERVACIONES</b>  |                 |         |
| 5,1    |          | <b>EXCLUSIONES</b><br><br>-Cualquier trabajo relacionado con el montaje, modificación o desmontaje de cerramientos, cubiertas, estructuras o cualquier otro sobre nave existente.<br>-Acometidas eléctricas.<br>-Acometida de aire a presión, así como cualquier instalación de la red de aire necesaria para los distintos elementos instalados.<br>-Suministro de potencia eléctrica, aire y/o agua.<br>-Cualquier tipo de trabajo mecánico o eléctrico de desmontaje de elementos existentes, que no queden claramente reflejados en la presente oferta.<br>-Suministro de iluminación necesaria para el desarrollo continuado de la obra, con independencia de la luz natural.<br>-Vestuarios u otros elementos de obligado cumplimiento con la normativa de Higiene y Seguridad en el Trabajo, servicios, extintores, cubierta de zanjas obra civil, agua, alumbrado, vallados perimetrales.<br>-Documentación técnica necesaria para obtención de permisos y certificaciones en los organismos públicos de industria, Minas u otros similares.<br>-Licencias, tasas y permisos para el montaje y uso de la planta, etc<br>-Los equipos estarán alojados de forma conveniente, protegidos contra los agentes climáticos hasta su perfecta adecuación, de acuerdo con las instrucciones del fabricante en cada caso, hasta conseguir su perfecto funcionamiento en cualquier época del año.<br>-Cualquier elemento que no se vea claramente reflejado en este proyecto.<br>-Repuestos necesarios.<br>-El I.V.A de la presente oferta, o cualquier elemento que no se vea claramente reflejado en este proyecto. |                 |         |
| 5,2    |          | <b>OBSERVACIONES</b><br><br><b>IMPORTANTE:</b><br><br>-El cliente deberá aportar zonas próximas y despejadas a la zona de trabajo para la realización de descargas de elementos a instalar.<br>-Además suministrará en obra los suficientes cuadros eléctricos de conexión de equipos de trabajo con sus correspondientes protecciones y aportará la iluminación necesaria para poder trabajar con independencia de la luz solar.<br>-Las grúas encargadas de colaborar en las tareas de montaje de cada partida de la obra, deberán poder posicionarse en su posición más cercana a la zona de montaje.<br>-Este proyecto quedará abierto a cualquier necesidad del cliente que pudiese diferir del proyecto inicial, previo acuerdo escrito entre ambas partes.<br>-Precios válidos salvo error u omisión.<br>-Los equipos estarán alojados de forma conveniente, protegidos  |                 |         |



# PRESUPUESTO

Covestro S. L.  
Calle Feixa Llarga nº7  
08040 Barcelona (Barcelona)

## Integring Procesos, S.L.

C/Rio Danubio, 19 - 6ªPlta.  
12005 Castellon  
Tlf.: 964 22 13 14 Fax: 902 946 967  
E-Mail: info@integring.com  
http://www.integring.com  
CIF: B12849287

| Asunto                                 | Presupuesto | Fecha      | S/Ref. | Pág      |
|--|-------------|------------|--------|----------|
| UJI.Instalación automática carga Coque | 02885       | 29/04/2016 |        | 12 de 12 |

| Código                                   | Cantidad | Concepto   | Precio Unitario | Importe              |
|--|----------|--|-----------------|----------------------|
|  |          | contra los agentes climáticos hasta su montaje, de acuerdo con las instrucciones del fabricante en cada caso, hasta conseguir su perfecto funcionamiento en cualquier época del año.<br>-Los precios ofertados, en las condiciones que en cada caso se mencionan, se entienden como precios fijos, suponiendo un desarrollo continuado y el cumplimiento de los plazos de ejecución definidos.<br>-No obstante, si por causas no imputables a Integring, se tuvieran que interrumpir de forma significativa los trabajos y/o se produjeran retrasos en los mismos, Integring tendrá el derecho de revisar dichos precios y actualizarlos, previa negociación puntual con BAYER según los aumentos de costes que pudieran producirse.<br>-En cualquier caso Integring se compromete a notificar a BAYER. cualquier desviación que pudiera producirse en los plazos de ejecución previstos por otros trabajos o imprevistos no contemplados en la presente oferta, así como a recibir aprobación expresa de BAYER antes de la ejecución de los mismos. |                 |                      |
| <b>Total EXCLUSIONES Y OBSERVACIONES</b> |          |  |                 | <b>0,0000</b>        |
| <b>SUMA IMPORTES .....</b>               |          |  |                 | <b>168.532,8931€</b> |

Plazo de validez : 30 Días  
Plazo de entrega : Días  
Forma de entrega :

Forma de pago :  
Impuestos : Normal

En el supuesto de aceptar esta oferta, les agradecemos nos remitan la presente firmada y sellada.

Integring Procesos, S.L.

Aceptado por  
Covestro S. L.

Envío por:  Fax  E-mail  Teléfono  Correo  Personal

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Pedido nº \_\_\_\_\_

# V.PLANOS

---

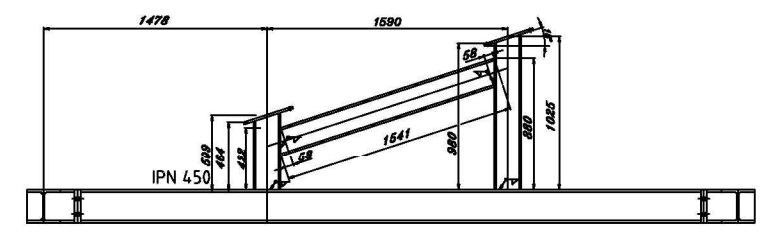
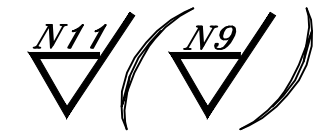
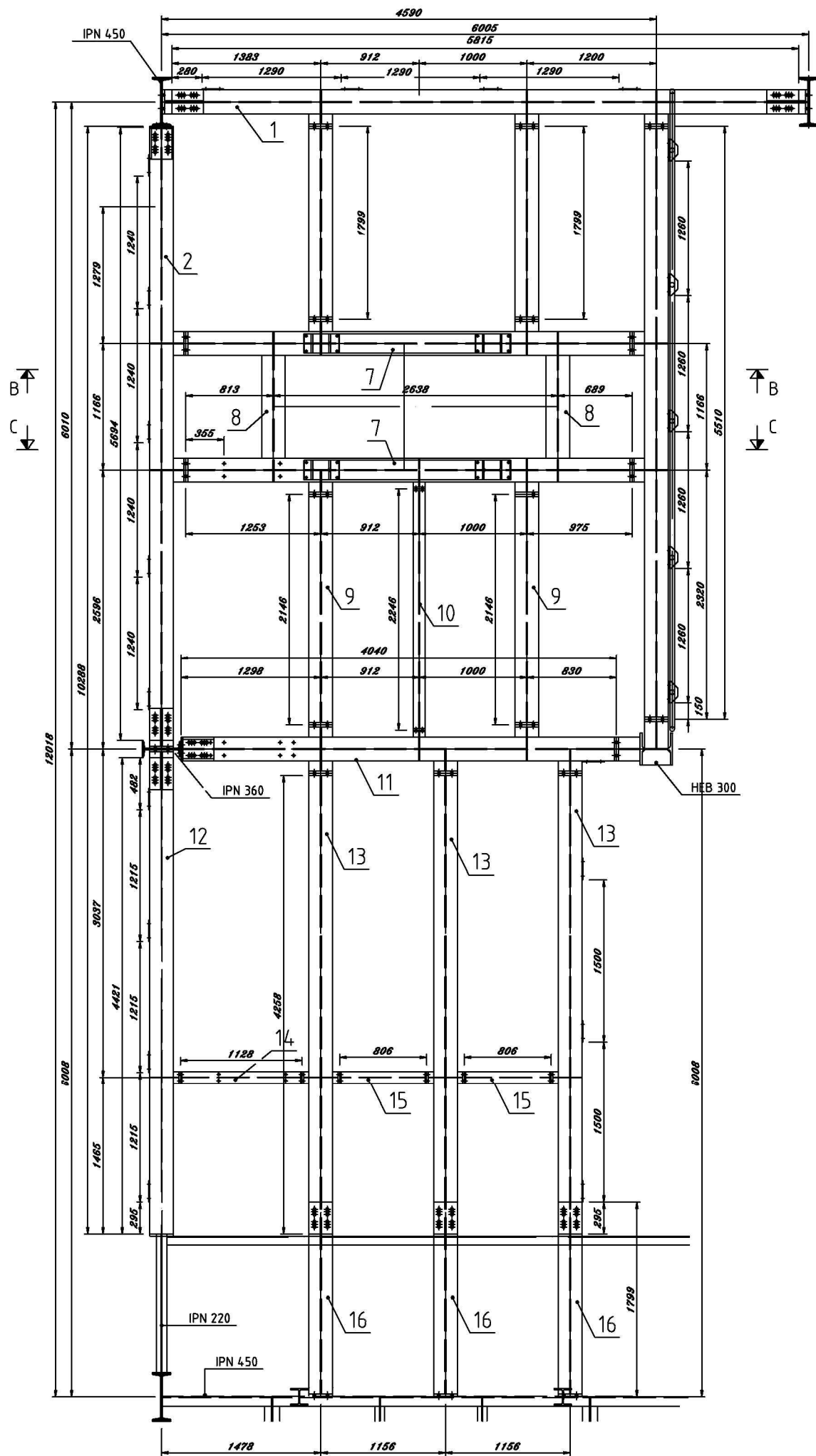




## INDICE PLANOS

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1. | PLANO 1: ESTRUCTURA SOPORTE CRIBA ..... | 223 |
| 2. | PLANO 2: ESTRUCTURA SOPORTE TOLVA ..... | 224 |
| 3. | PLANO 3: TOLVA ALMACENAMIENTO.....      | 225 |
| 4. | PLANO 4: TOLVA RECHAZOS.....            | 226 |
| 5. | PLANO 5: CRIBA CS138 .....              | 227 |
| 6. | PLANO 6: ALIMENTADOR VIBRANTE.....      | 228 |


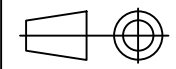


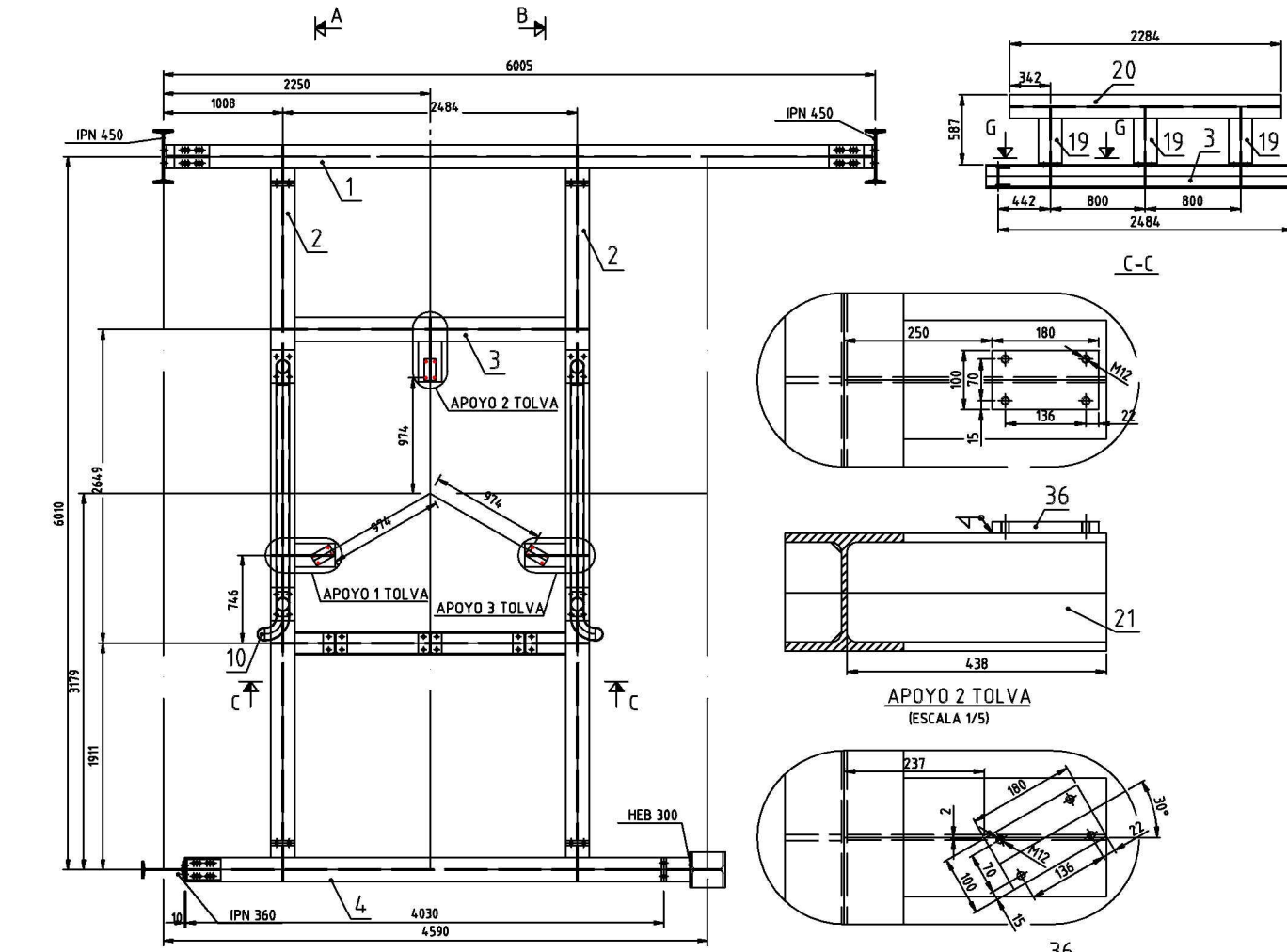


B-B  
C-C SIMÉTRICA

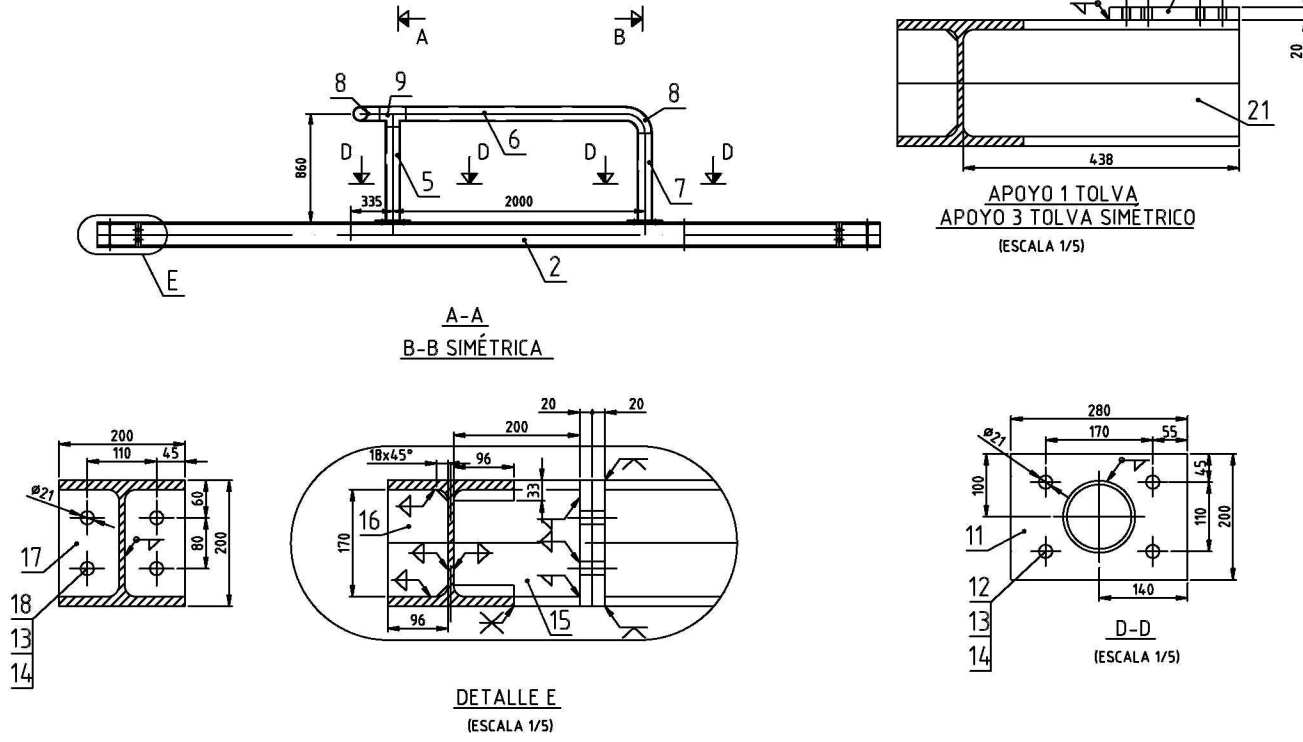
|     |           |              |                 |       |           |
|-----|-----------|--------------|-----------------|-------|-----------|
| 16  | 3         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 383   |           |
| 15  | 2         | IPE 220      | S 275 JREN10027 | 41    |           |
| 14  | 1         | IPE 220      | S 275 JREN10027 | 29    |           |
| 13  | 3         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 907   |           |
| 12  | 1         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 314   |           |
| 11  | 1         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 287   |           |
| 10  | 1         | IPE 220      | S 275 JREN10027 | 59    |           |
| 9   | 2         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 307   |           |
| 8   | 2         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 165   |           |
| 7   | 2         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 586   |           |
| 6   | 1         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 394   |           |
| 5   | 1         | IPE 220      | S 275 JREN10027 | 49    |           |
| 4   | 2         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 251   |           |
| 3   | 1         | HEB 120      | S 275 JREN10027 | 29    |           |
| 2   | 1         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 410   |           |
| 1   | 1         | HEB 220      | S 275 JREN10027 | 416   |           |
| Pos | Nº Piezas | Denominación | Material        | Norma | Peso Neto |

| FASE      | TRATAMIENTO                    | COLOR          | ESPESOR |
|-----------|--------------------------------|----------------|---------|
| 3ª 1 CAPA | Esmalte acabado poliuretano    | Color RAL 5010 | 60 µm   |
| 2ª 1 CAPA | Capa intermedia epoxi          | ----           | 180 µm  |
| 1ª 1 CAPA | Imprimacion epoxi rica en zinc | ----           | 60 µm   |

|               |          |   |          |       |                                 |   |            |
|---------------|----------|---|----------|-------|---------------------------------|---|------------|
| DIBUJADO      | C.JOVANI | FECHA   | 15/04/16 | FIRMA | C.J.S.                          |  |            |
| MODIFICADO    |          |   |          |       |                                 |   |            |
| COMPROBADO    | M.GÓMEZ  | 15/04/16  | M.G.F.   |       |                                 |   |            |
| ESCALA        | 1/50     |                                  |          |       | <b>ESTRUCTURA SOPORTE CRIBA</b> |   | PLANO Nº 1 |
| Unidades: mm. |          | <b>INSTALACION CARGA AUTOMÁTICA DE COQUE EN GENERADORES:<br/>ESTRUCTURA Y EQUIPO MECÁNICO EN LA ZONA DE CARBONERA</b> |          |       |                                 | REV. 0  |            |
| Formato: A3   |          |   |          |       |                                 |   |            |



|     |           |                           |            |              |           |
|-----|-----------|---------------------------|------------|--------------|-----------|
| 22  | 3         | CH.20x100x180             | S 275 JR   | EN10027      | 8         |
| 21  | 3         | HEB 200                   | S 275 JR   | EN10027      | 80        |
| 20  | 1         | HEB 200                   | S 275 JR   | EN10027      | 140       |
| 19  | 3         | HEB 200                   | S 275 JR   | EN10027      | 86        |
| 18  | 26        | TORNILLO EXAGONAL M20x75  | 10K        | DIN6914      | -         |
| 17  | 9         | CH.20x200x200             | S 275 JR   | EN10027      | 50        |
| 16  | 8         | CH.10x96x170              | S 275 JR   | EN10027      | 10        |
| 15  | 4         | HEB 200                   | S 275 JR   | EN10027      | 49        |
| 14  | 126       | ARANDELA 21               | C45        | DIN6916      | -         |
| 13  | 66        | TUERCA EXAGONAL M20       | 8G         | DIN6915      | -         |
| 12  | 28        | TORNILLO EXAGONAL M20x65  | 10K        | DIN6914      | -         |
| 11  | 4         | CH.15x200x280             | S 275 JR   | EN10027      | 26        |
| 10  | 2         | CAP 4" SCH. STD           | ASTM A-105 | ANSI B-16-9  | 2         |
| 9   | 2         | TE 4" SCH. STD            | ASTM A-105 | ANSI B-16-9  | 11        |
| 8   | 4         | CODO 4" SCH. STD          | ASTM A-105 | ANSI B-16-9  | 16        |
| 7   | 2         | TUBO 4" SCH. STD ... 692  | ASTM A-105 | ANSI B-36-10 | 22        |
| 6   | 2         | TUBO 4" SCH. STD ... 1743 | ASTM A-105 | ANSI B-36-10 | 56        |
| 5   | 2         | TUBO 4" SCH. STD ... 740  | ASTM A-105 | ANSI B-36-10 | 24        |
| 4   | 1         | HEB 200                   | S 275 JR   | EN10027      | 246       |
| 3   | 2         | HEB 200                   | S 275 JR   | EN10027      | 303       |
| 2   | 2         | HEB 200                   | S 275 JR   | EN10027      | 682       |
| 1   | 1         | HEB 200                   | S 275 JR   | EN10027      | 356       |
| Pos | Nº Piezas | Denominación              | Material   | Norma        | Peso Neto |



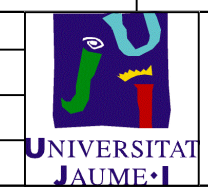
| FASE      | TRATAMIENTO                    | COLOR          | ESPEJOR |
|-----------|--------------------------------|----------------|---------|
| 3º 1 CAPA | Esmalte acabado poliuretano    | Color RAL 5010 | 60 µm   |
| 2º 1 CAPA | Capa intermedia epoxi          | ----           | 180 µm  |
| 1º 1 CAPA | Imprimacion epoxi rica en zinc | ----           | 60 µm   |

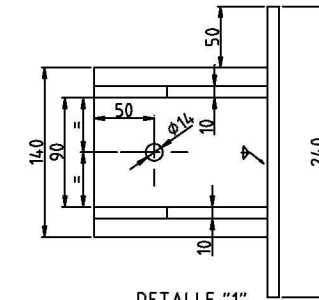
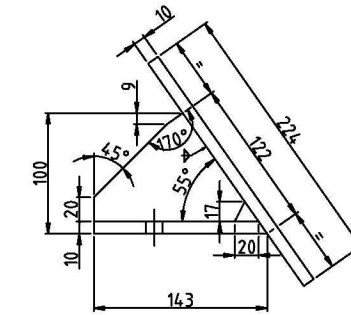
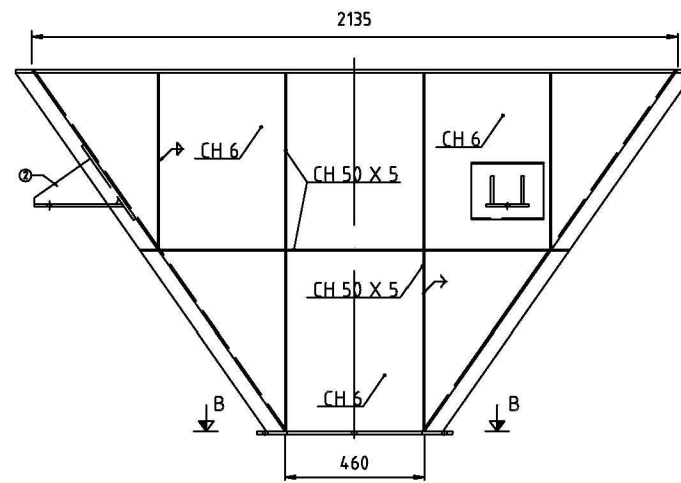
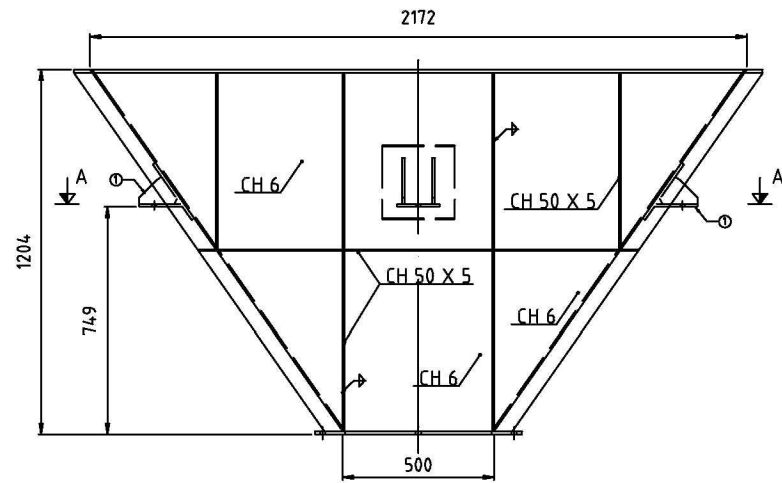
  

|            |          |       |          |       |        |
|------------|----------|-------|----------|-------|--------|
| DIBUJADO   | C.JOVANI | FECHA | 19/04/16 | FIRMA | C.J.S. |
| MODIFICADO |          |       |          |       |        |
| COMPROBADO | M.GOMEZ  | FECHA | 19/04/16 | FIRMA | M.G.F. |

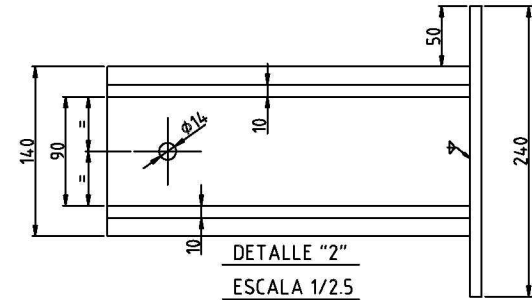
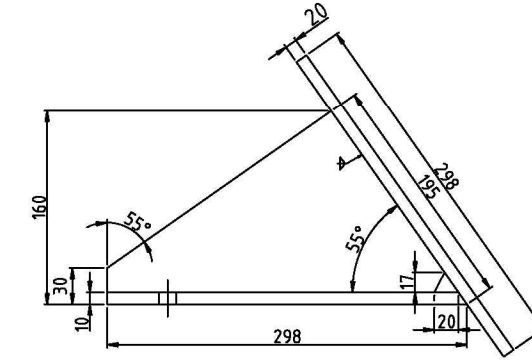
  

|        |                              |   |            |
|--------|------------------------------|---|------------|
| ESCALA |                              | <b>ESTRUCTURA SOPORTE TOLVA</b>   | PLANO Nº 2 |
| 1/60   | Unidades: mm.<br>Formato: A3 | <b>INSTALACION CARGA AUTOMÁTICA DE COQUE EN GENERADORES:<br/>ESTRUCTURA Y EQUIPO MECÁNICO EN LA ZONA DE CARBONERA</b> | REV. 0     |

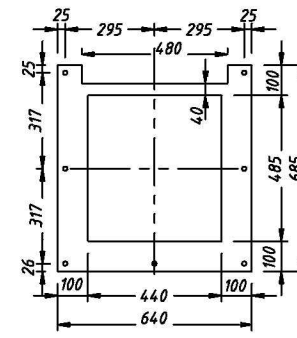
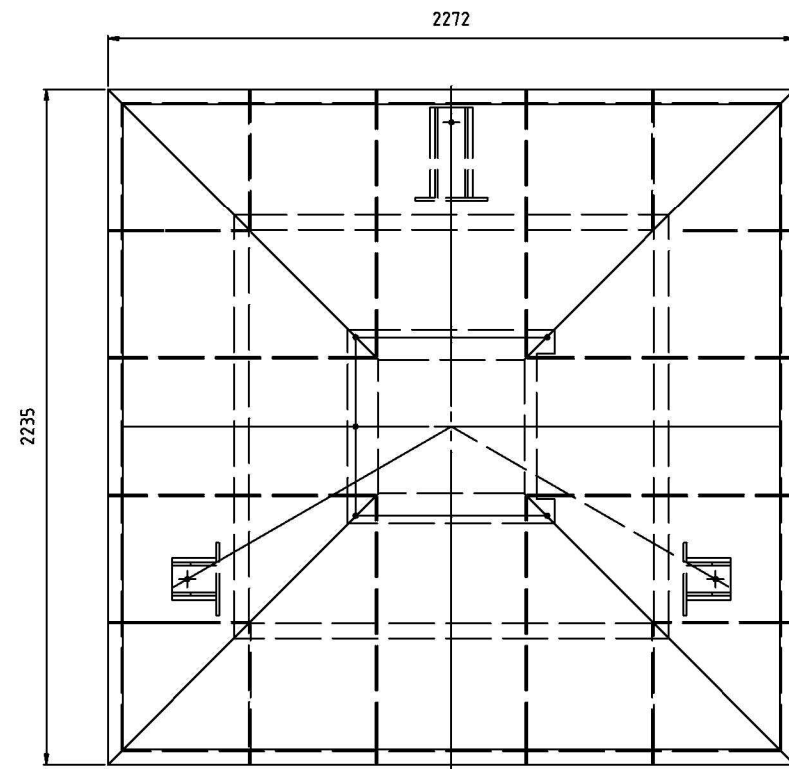




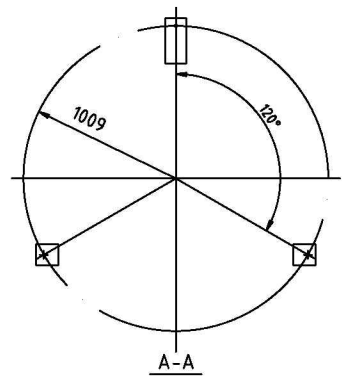
DETALLE "1"  
ESCALA 1/2.5



DETALLE "2"  
ESCALA 1/2.5



B-B

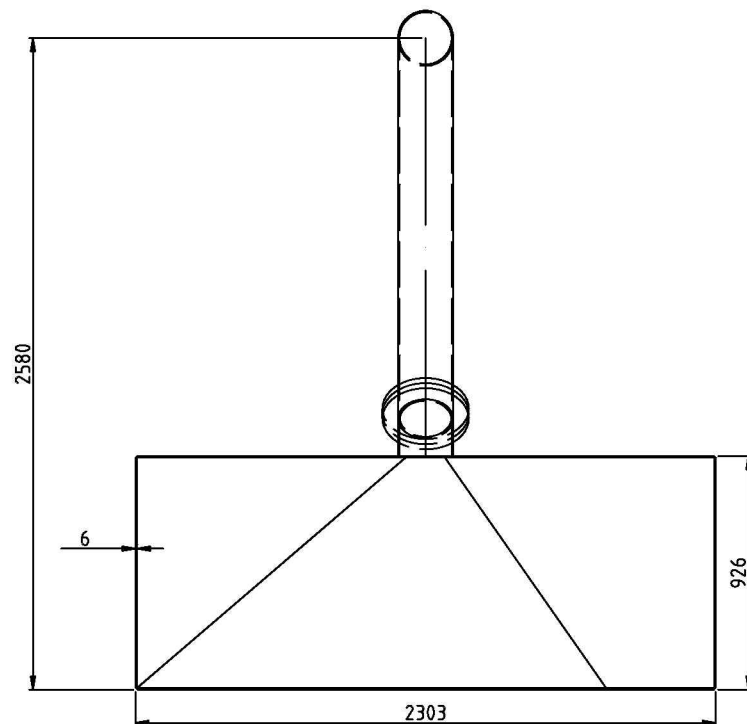
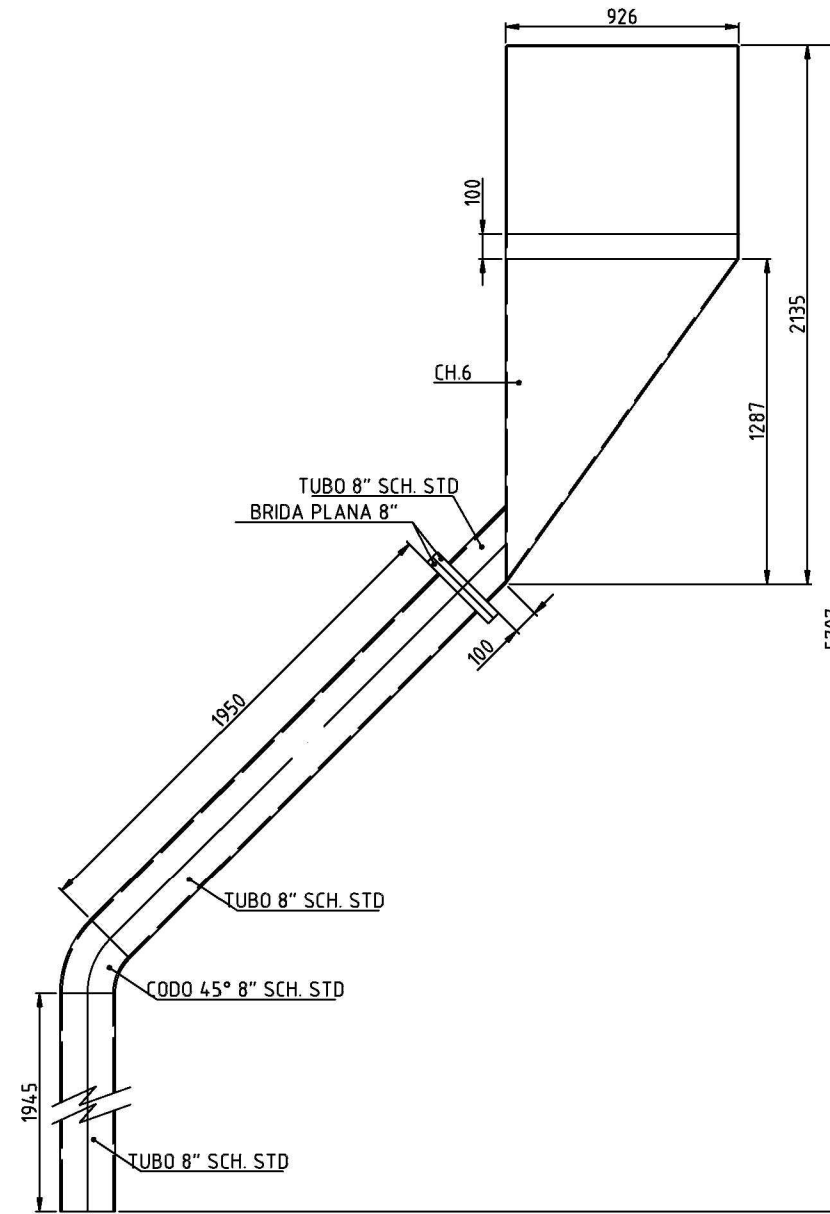
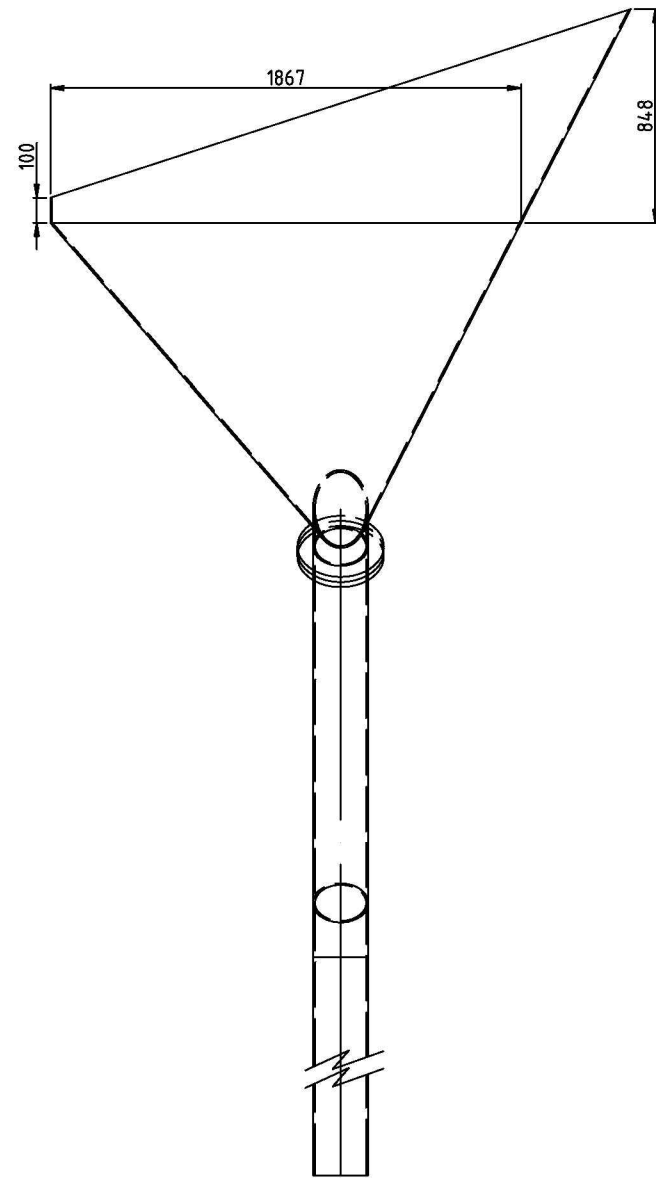


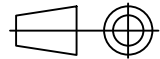
A-A

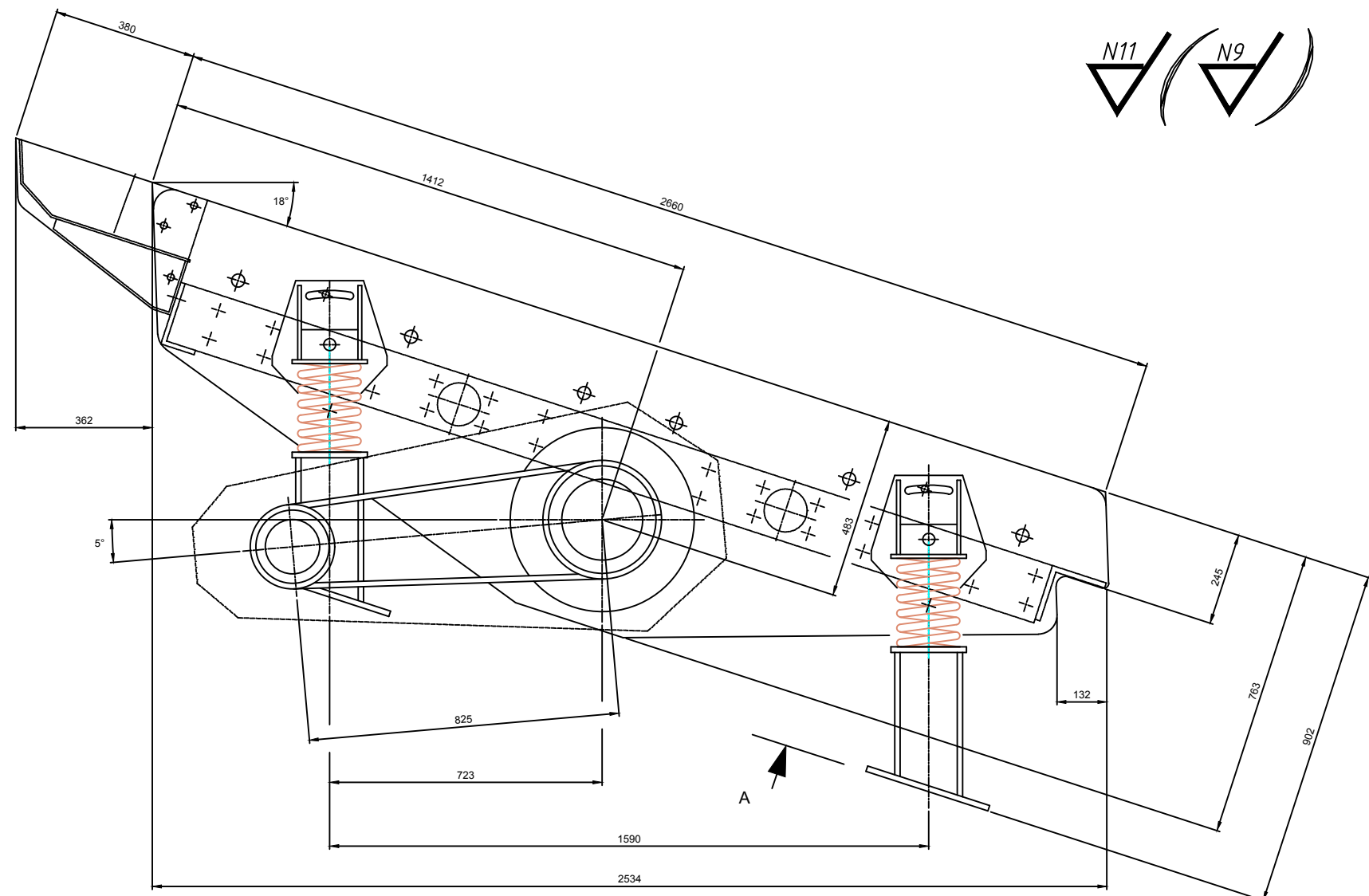
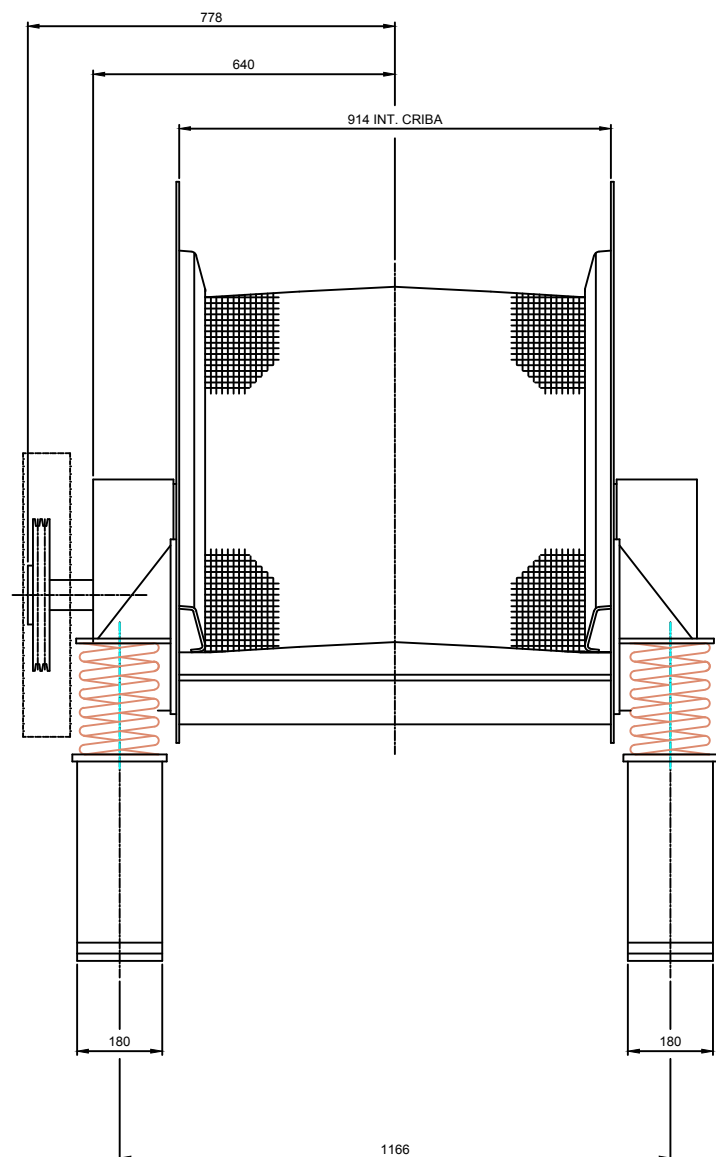
**NOTA PLACAS:**  
 LAS 4 PAREDES DEL INTERIOR DE LA TOLVA SE REVESTIRÁN CON PLACAS.  
 -LAS PLACAS A UTILIZAR PARA EL REVESTIMIENTO SON:  
 MODELO: PLACAS CERÁMICAS EN MOSAICO DE 500X500 MM SOBRE GOMA NC DE 4 MM.  
 PARA EL PEGADO SE ATENDERÁ A LAS INSTRUCCIONES DEL FABRICANTE.

| FASE      | TRATAMIENTO                    | COLOR          | ESPESOR |
|-----------|--------------------------------|----------------|---------|
| 3º 1 CAPA | Esmalte acabado poliuretano    | Color RAL 5010 | 60 µm   |
| 2º 1 CAPA | Capa intermedia epoxi          | ----           | 180 µm  |
| 1º 1 CAPA | Imprimacion epoxi rica en zinc | ----           | 60 µm   |

| FECHA         | FIRMA  | <br>UNIVERSITAT<br>JAUME I | PLANO Nº<br>3 |          |        |
|---------------|--|---|---------------|----------|--------|
| DIBUJADO      | C.JOVANI   |   |               | 23/04/16 | C.J.S. |
| MODIFICADO    |  |   |               |          |        |
| COMPROBADO    | M.GOMEZ  |   |               | 23/04/16 | M.G.F. |
| ESCALA        | <br>1/25                                    | <b>TOLVA ALMACENAMIENTO</b>   |               |          |        |
| Unidades: mm. | <b>INSTALACION CARGA AUTOMÁTICA DE COQUE EN GENERADORES:<br/>           ESTRUCTURA Y EQUIPO MECÁNICO EN LA ZONA DE CARBONERA</b> |   | REV.<br>0     |          |        |
| Formato: A3   |  |   |               |          |        |



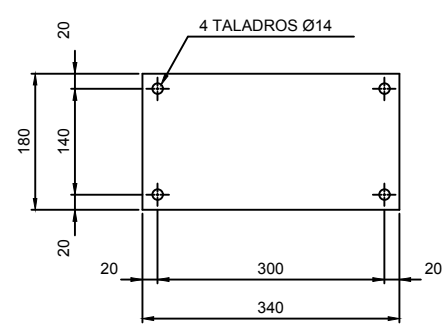
| FASE       | TRATAMIENTO   | COLOR   | ESPESOR   |               |
|------------|---|---|---|---------------|
| 3º 1CAPA   | Esmalte acabado poliuretano   | Color RAL 5010  | 60 µm   |               |
| 2º 1CAPA   | Capa intermedia epoxi   | ----  | 180 µm  |               |
| 1º 1CAPA   | Imprimacion epoxi rica en zinc  | ----  | 60 µm   |               |
|            | FECHA   | FIRMA   |  |               |
| DIBUJADO   | C.JOVANI  | 25/04/16  |   | C.J.S.        |
| MODIFICADO |   |   |   |               |
| COMPROBADO | M.GOMEZ   | 24/01/16  |   | M.G.F.        |
| ESCALA     |  | <b>TOLVA DE RECHAZOS</b>  |   | PLANO Nº<br>4 |
| 1/30       | Unidades: mm.<br>Formato: A3  | <b>INSTALACION CARGA AUTOMÁTICA DE COQUE EN GENERADORES:<br/>ESTRUCTURA Y EQUIPO MECÁNICO EN LA ZONA DE CARBONERA</b> |   | REV.<br>0     |



255 KG  
POR APOYO

215 KG  
POR APOYO


PESO VIBRANTE 790 KG  
 PESO TOTAL 940 KG  
 VELOCIDAD ACCIONAMIENTO 1040 r.p.m  
 AMPLITUD CRIBA 6,5 mm  
 MOTOR 5,5 CV 1500 r.p.m



DETALLE "A"

| FASE     | TRATAMIENTO                    | COLOR          | ESPESOR |
|----------|--------------------------------|----------------|---------|
| 3ª 1CAPA | Esmalte acabado poliuretano    | Color RAL 5010 | 60 µm   |
| 2ª 1CAPA | Capa intermedia epoxi          | ----           | 180 µm  |
| 1ª 1CAPA | Imprimacion epoxi rica en zinc | ----           | 60 µm   |

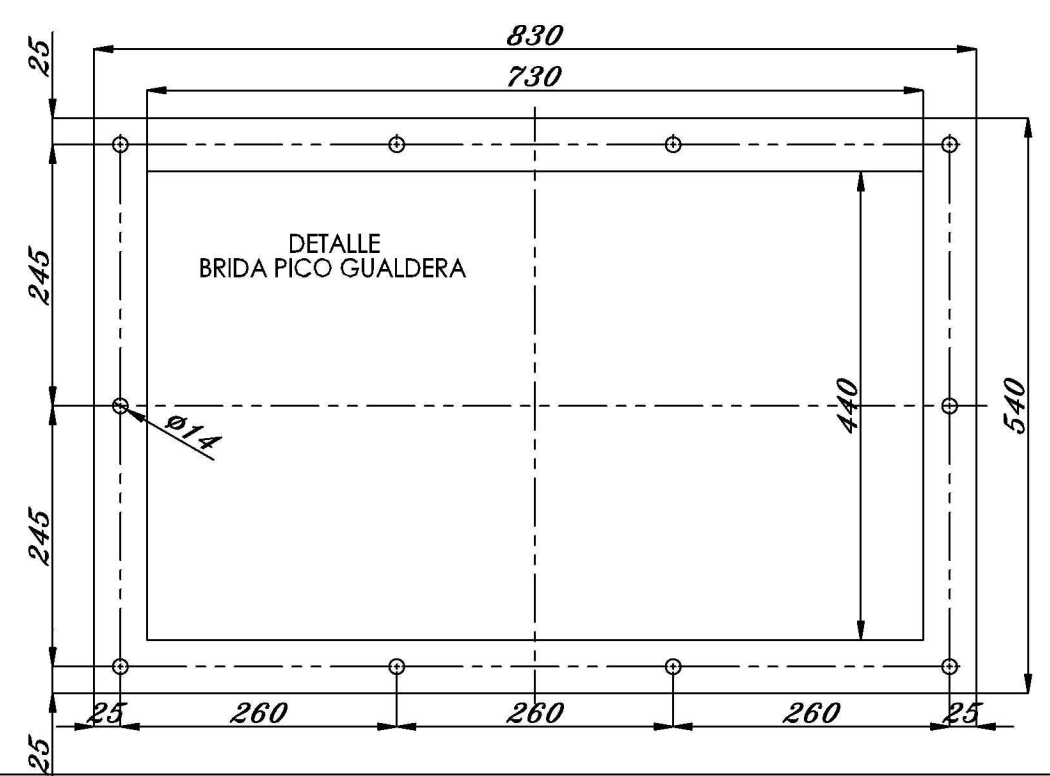
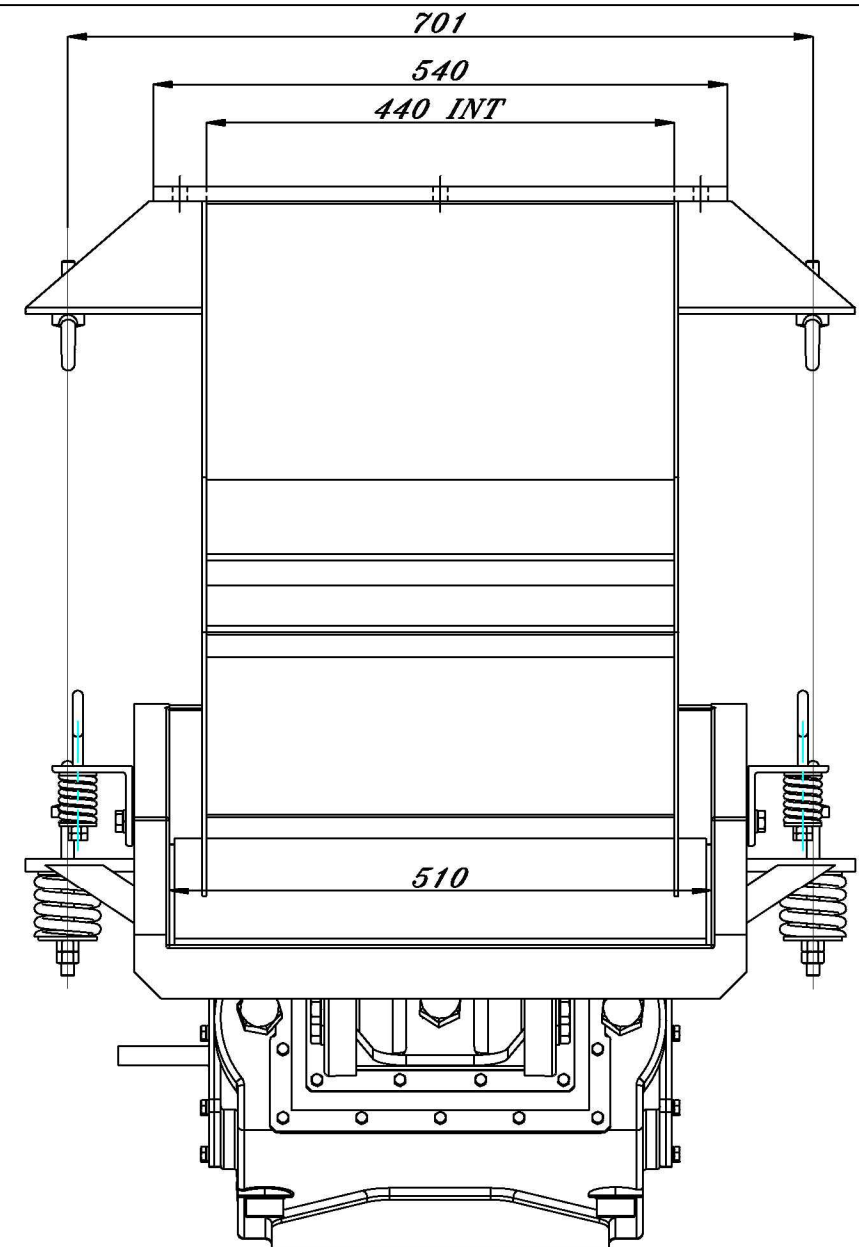
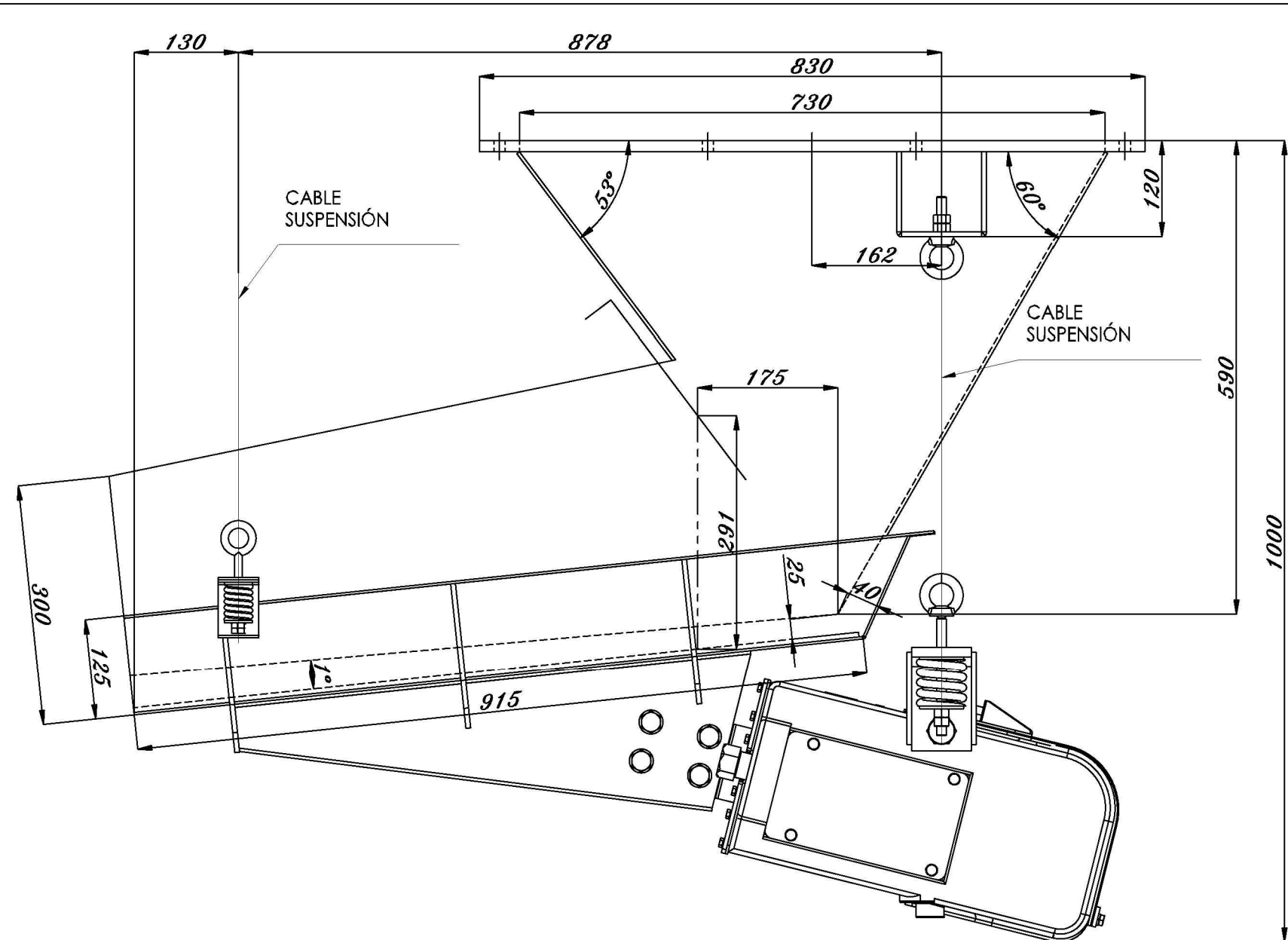
  

|            | FECHA    | FIRMA    |  |        |
|------------|----------|----------|---|--------|
| DIBUJADO   | C.JOVANI | 27/04/16 |   | C.J.S. |
| MODIFICADO |          |          |   |        |
| COMPROBADO | M.GOMEZ  | 27/04/16 |   | M.G.F. |

|        |   |   |            |
|--------|---|---|------------|
| ESCALA |  | <b>CRIBA CS138</b>  | PLANO Nº 5 |
| 1/16   | Unidades: mm.<br>Formato: A3  | <b>INSTALACION CARGA AUTOMÁTICA DE COQUE EN GENERADORES:<br/>ESTRUCTURA Y EQUIPO MECÁNICO EN LA ZONA DE CARBONERA</b> | REV. 0     |





CARACTERÍSTICAS:

TENSIÓN ..... 400V / 50Hz  
 POTENCIA ..... 450 W  
 INTENSIDAD ..... 6 A

PESO ACCIONAMIENTO APROX 180 Kg  
 PESO VIBRANTE APROX 45 Kg  
 PESO PICO GUALDERA APROX 80 Kg

| FASE      | TRATAMIENTO                    | COLOR          | ESPESOR |
|-----------|--------------------------------|----------------|---------|
| 3ª 1 CAPA | Esmalte acabado poliuretano    | Color RAL 5010 | 60 µm   |
| 2ª 1 CAPA | Capa intermedia epoxi          | ----           | 180 µm  |
| 1ª 1 CAPA | Imprimacion epoxi rica en zinc | ----           | 60 µm   |

|            |          |                   |                 |   |
|------------|----------|-------------------|-----------------|---|
| DIBUJADO   | C.JOVANI | FECHA<br>29/04/16 | FIRMA<br>C.J.S. | <br>UNIVERSITAT<br>JAUME I |
| MODIFICADO |          |                   |                 |   |
| COMPROBADO | M.GOMEZ  | 29/04/16          | M.G.F.          |   |

|                |   |   |                            |
|----------------|---|---|----------------------------|
| ESCALA<br>1/50 | <br>Unidades: mm.<br>Formato: A3 | <b>ALIMENTADOR VIBRANTE Y PICO</b><br>INSTALACION CARGA AUTOMÁTICA DE COQUE EN GENERADORES:<br>ESTRUCTURA Y EQUIPO MECÁNICO EN LA ZONA DE CARBONERA | PLANO Nº<br>6<br>REV.<br>0 |
|----------------|---|---|----------------------------|