



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO, CÁLCULO Y FABRICACIÓN DE UNA  
PLATAFORMA PARA MANTENIMIENTO EN  
LA INDUSTRIA SIDERURGICA**

Autor:

Castellanos Luengo, Javier

Tutor:

Mansilla Gallo, Alberto  
Departamento de  
CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF

Valladolid, Junio 2016



## ***RESUMEN***

En este TFG se propone diseñar, calcular y fabricar un útil basándonos en los conocimientos adquiridos en el grado de ingeniería mecánica y la experiencia profesional obtenida. El útil consiste en una plataforma para ensamblaje de una puerta en una boca de hombre, mantenimiento y conservación en una acería industrial. El diseño se hace de acorde a las especificaciones generales y otras especificadas por el cliente. En el diseño vamos a contemplar dos atornilladas en la fabricación, montaje y transporte. En el trabajo se calculará la estructura para que soporte las cargas de trabajo previstas y se elaborará la orden de fabricación que comprenderá desde la recepción de materiales hasta la entrega al cliente. Finalmente con todos los datos obtenidos se propondrá una estimación de costes y se analizarán los dos tipos de plataforma para escoger la más adecuada.

## ***PALABRAS CLAVE***

- Plataforma
- Diseño óptimo
- Fabricación
- Análisis de costes
- Uniones



# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>7</b>
1.1 <i>Introducción.....</i>	<i>7</i>
1.2 <i>Objetivos.....</i>	<i>11</i>
1.3 <i>Desarrollo del trabajo fin de grado.....</i>	<i>11</i>
<b>CAPÍTULO 2: DISEÑO DE PLATAFORMA.....</b>	<b>13</b>
2.1 <i>Consideraciones generales y específicas en el diseño.....</i>	<i>13</i>
2.2 <i>Elementos constructivos de la plataforma.....</i>	<i>17</i>
2.2.1 <i>Introducción al diseño.....</i>	<i>17</i>
2.2.2 <i>Dimensiones.....</i>	<i>18</i>
2.2.3 <i>Cargas de trabajo.....</i>	<i>18</i>
2.2.4 <i>Anclajes al suelo.....</i>	<i>19</i>
2.2.5 <i>Estructura.....</i>	<i>21</i>
2.2.6 <i>Forma de acceso a la plataforma.....</i>	<i>25</i>
2.2.7 <i>Barandillas.....</i>	<i>28</i>
2.2.8 <i>Suelo.....</i>	<i>30</i>
2.2.9 <i>Polipasto.....</i>	<i>32</i>
2.2.10 <i>Uniones.....</i>	<i>38</i>
2.2.11 <i>Elementos de ensamblaje.....</i>	<i>41</i>
2.3 <i>Diseño de las plataformas.....</i>	<i>43</i>
2.3.1 <i>Introducción al diseño.....</i>	<i>43</i>
2.3.2 <i>Diseño de la plataforma soldada.....</i>	<i>46</i>
2.3.3 <i>Diseño de la plataforma atornillada.....</i>	<i>49</i>
2.4 <i>Análisis de la estructura.....</i>	<i>52</i>
2.4.1 <i>Cálculo de la estructura.....</i>	<i>52</i>
2.4.2 <i>Análisis de las barandillas.....</i>	<i>56</i>
2.4.3 <i>Sustitución de pilares.....</i>	<i>57</i>
<b>CAPÍTULO 3: MATERIALES.....</b>	<b>61</b>
3.1 <i>Listado de materiales (BOM).....</i>	<i>61</i>
3.2 <i>Necesidades de material.....</i>	<i>67</i>
<b>CAPÍTULO 4: FABRICACIÓN.....</b>	<b>69</b>
4.1 <i>Preparación de materiales.....</i>	<i>69</i>
4.2 <i>Montaje.....</i>	<i>72</i>
4.2.1 <i>Orden de producción.....</i>	<i>72</i>
4.2.2 <i>Maquinaria de montaje.....</i>	<i>74</i>
4.3.3 <i>Ensamblaje.....</i>	<i>75</i>

<b>CAPÍTULO 5: PLAN DE CONTROL Y PROCESO FINAL.....</b>	<b>77</b>
5.1 Plan control.....	77
5.2 Proceso final.....,	83
5.2.1 Granallado.....	83
5.2.2 Proceso de pintura.....	86
<b>CAPÍTULO 6: TRANSPORTE .....</b>	<b>91</b>
6.1 Tipos de transporte.....	91
6.2 Forma de transporte.....	92
6.2.1 Transporte de la plataforma soldada.....	94
6.2.2 Transporte de la plataforma atornillada.....	95
<b>CAPÍTULO 7: ESTIMACIÓN DE COSTES.....</b>	<b>97</b>
7.1 Introducción.....	97
7.2 Costes asociados a la plataforma soldada.....	98
7.3 Costes asociados a la plataforma atornillada.....	99
<b>CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES.....</b>	<b>103</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

1. Elementos constructivos
2. Maquinaria
3. Listado de materiales de la plataforma elegida
4. Pintura
5. Cálculos
6. Plantos de la plataforma elegida

# CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

## 1.1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos encargados a las empresas de la industria siderúrgica comprenden normalmente las instalaciones y útiles necesarios para mantenimiento y conservación de las mismas. Tal como he comprobado en mi experiencia en prácticas de empresa en una matricera y la experiencia adquirida en oficina técnica en una empresa del sector siderúrgico.

En este trabajo fin de grado (en adelante TFG) voy a desarrollar la construcción de una plataforma que sirve para realizar trabajos en altura para el mantenimiento de las instalaciones de una acería. Este es un caso real, y la plataforma que voy a desarrollar sirve para el mantenimiento y conservación en la tubería de aspiración de gases del proceso de fabricación de acero.

El sistema de depuración de humos se utiliza para para la extracción de humo y polvo que se generan en los hornos eléctricos, ya que estos son de alta toxicidad. Con este sistema lo que consigue es cumplir los actuales requisitos ambientales.

A continuación se expone una breve explicación del funcionamiento de este sistema:

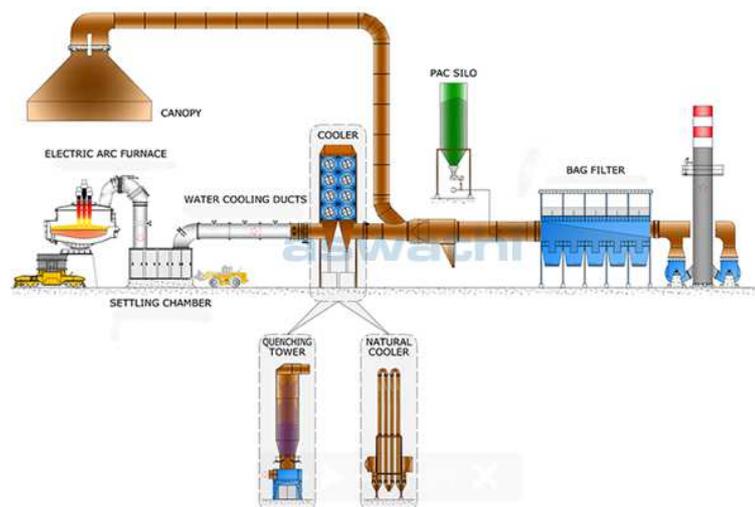


Figura 1. Sistema de depuración de humos

En la imagen vemos las diferentes partes de las que se compone el sistema de depuración de humos, que son las siguientes:

- Canopy (campana)
- Horno eléctrico de arco
- Cámara de decantación
- Conductos refrigerados por agua
- Refrigerador
- Silo
- Filtro de mangas
- Torre de enfriamiento

Una vez hemos visto las partes que componen el sistema de depuración de humos, actualmente en todas las empresas del sector las características de diseño incluyen:

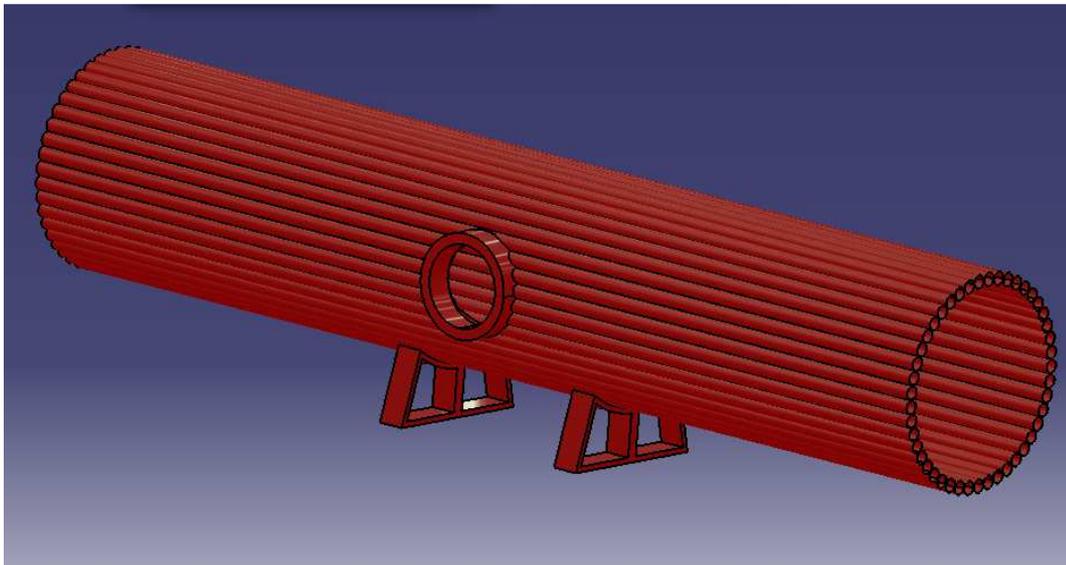
- Cámara de combustión de alta tecnología
- Alta eficiencia en la torre de enfriamiento
- Diseño especial de “canopy” (la cubierta) para mejorar las condiciones de trabajo dentro de la acería.
- Tecnología con un bajo consumo de agua para el sistema de refrigeración de humos.
- Mejora de los controles para la mezcla de aire.
- Inyección de carbón activo

Ahora en la siguiente imagen se puede observar que los conductos de aspiración y refrigeración son de gran diámetro y cada cierta distancia tienen accesos para el personal de manteniendo.



*Figura 2. Tubos de refrigeración*

La representación del conducto donde irá la plataforma en 3D simplificada para hacernos una idea de dónde irá ubicada la plataforma es la siguiente:



*Figura 3. Representación simplificada 3D de un conducto de refrigeración.*

Las plataformas que hemos llamado soldadaes son las que se mandan con los pilares soldados y las barandillas soldadas al bastidor que así se suele denominar a la estructura que componen los pilares y el suelo. En la siguiente imagen se muestra una pequeña plataforma para hacernos una idea del modo actual de hacerse las plataformas:



Figura 4. Plataforma soldada

En esta imagen se ve una plataforma pequeña, en el caso de este TFG se diseñara una plataforma más grande y alta y ser capaces de dar una solución técnica a los problemas reales con lo que con lo que conseguiremos adecuarla a la instalación de la acería.

En este caso la plataforma se desea mandar a kazán (Rusia) desde la ubicación de la empresa en Venta de Baños (Palencia), con lo que veremos a lo largo del proyecto como influirán todas las variables en el proceso de producción desde el diseño hasta la entrega al cliente. A continuación en la figura 5 y 6 se muestra un mapa de Europa con la ubicación de Kazán.



Figura 5. Ubicación de Kazán (Rusia)

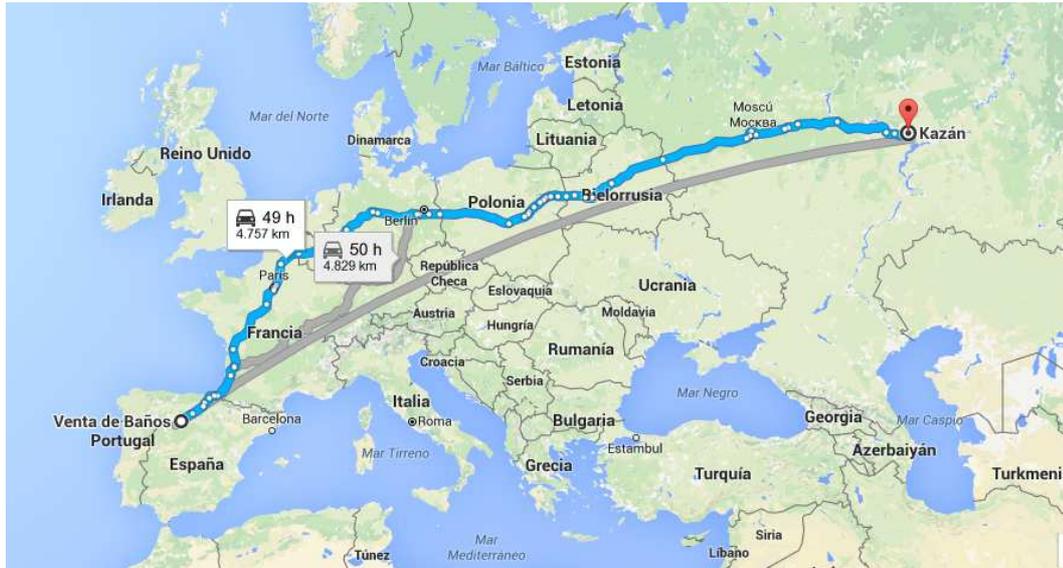


Figura 6. Ruta de transporte de Venta de Baños a Kazán

## 1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos que se quieren conseguir en este trabajo son los siguientes:

1. Diseñar una plataforma por módulos que sea adecuada al caso concreto del mantenimiento del sistema de aspiración de humos de una acería, considerando dos formas diferentes de fabricación.
2. Diseño y análisis de una plataforma soldada con las uniones de todos los perfiles soldados como se viene haciendo habitualmente.
3. Diseño y análisis de una plataforma con las uniones atornilladas que sea capaz facilitar y/o reducir costes en su fabricación, transporte y montaje.
4. Comparar las dos plataformas estudiadas para elegir la más conveniente. Conservando las bases del estudio porque no siempre la plataforma escogida va a ser la adecuada en futuros proyectos.

## 1.3. DESARROLLO DEL TRABAJO FIN DE GRADO

El desarrollo de este TFG se va a hacer por capítulos donde se describirán los diversos procesos que explican la ejecución de este TFG:

- **Capítulo 2**  
Vamos a ver como se planificaría el diseño de la plataforma en 3D teniendo en cuenta una serie de consideraciones, analizando todos los elementos constructivos, diseñando los dos tipos de plataforma y posteriormente calculando que las plataformas son capaces de soportar los esfuerzos a los que serán sometidos.
- **Capítulo 3**  
Se crearan la lista de materiales de los diferentes módulos y las necesidades de material que tendríamos en cada caso.
- **Capítulo 4**  
Se precisaran las instrucciones de fabricación, incluyendo en ellas las etapas de preparación de materiales y de montaje.
- **Capítulo 5**  
Se planteara un plan de control para el seguimiento del trabajo realizado desde la concepción del proyecto a la entrega al cliente, y un proceso final de acabado, que sería un tratamiento final a la plataforma de impregnación y pintura.
- **Capítulo 6**  
Se estudiarán las alternativas de transporte para elegir la más conveniente.
- **Capítulo 7**  
Se realizará un presupuesto de las dos plataformas, para que en el siguiente capítulo analizar las ventajas y desventajas para poder presentar las conclusiones de este trabajo fin de grado.
- **Capítulo 8**  
Se presentarán las conclusiones correspondientes a este trabajo fin de grado.

## CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA PLATAFORMA 3D

El diseño de la plataforma es el capítulo más importante de nuestro trabajo ya que el diseño nos condiciona el resto del proceso y compromete el 70% del coste del producto. Si se desea reducir los costes de un producto, una posible línea de actuación sería mediante una optimización del diseño del producto. Se debe conocer la información necesaria que nos permita cuantificar los costes de cada conjunto o soluciones propuestas.

### 2.1. CONSIDERACIONES GENERALES Y ESPECÍFICAS EN EL DISEÑO

#### ➤ CONSIDERACIONES GENERALES

Para este trabajo se elige la estrategia “**Diseño para la Fabricación y el Montaje**” (DFMA) que consideramos el más adecuado para conseguir rentabilidad del nuevo producto ya que la ejecución de una plataforma no se considera un útil innovador. El diseño para la fabricación y montaje consiste en un conjunto de técnicas y metodologías para la mejora del diseño, o rediseño, de un producto y tienen como objetivo principal mejorar los aspectos de fabricación, montaje y costes, respetando las funciones esenciales del producto.

Utilizando estas técnicas la empresa podría ser capaz de recortar el 30% o incluso el 40% en los gastos de fabricación.



Figura 7. Esquema del DFMA

Los principales puntos de vista que atenderemos en este trabajo fin de grado son fundamentalmente:

1. **Ciclo de vida:**

Debemos diseñar teniendo en cuenta todo el ciclo de vida del producto, ayuda a tener una percepción de los costes asociados de fabricación y montaje, determinando los costes asociados de los diferentes módulos (desde su compra o subcontratación) a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida. Aunque las tecnologías de fabricación han mejorado enormemente, hay operaciones de montaje que se han de encomendar al montaje manual. Por eso, facilitar estas operaciones redundará en menores equivocaciones, mayor simplicidad, menor especialización de los operarios, mayor rapidez y finalmente en menores costes de montaje.

2. **Arquitectura de productos:**

Partiendo de las especificaciones, se comienza el diseño teniendo cuenta sus funciones y las posibilidades de estructurarlo en distintos módulos que pueden ser comunes en otros productos de la misma familia o gama.

Se proponen modelos de modularización agrupados en cuatro categorías:

- Reutilización de conocimiento en el diseño
- Personalización en la fabricación
- Configuración de variantes en el montaje
- Adaptación después de la fabricación (uso)

3. **Diseño y desarrollo:**

Avanzando en el diseño conceptual, de materialización y detalle del producto, se ha de conocer las nuevas tecnologías de fabricación con soporte informático que posee la empresa. Confiar en la subcontratación de componentes de mercado con o sin modificar es una estrategia a tener en cuenta. De este modo, se facilita la elección de la opción más adecuada. Además, a la hora de diseñar es conveniente tener en cuenta las simetrías, efecto de los espesores y dimensiones de las piezas, de las tolerancias y chaflanes o las dificultades de acceso y visión a fin de evaluar con precisión su influencia y utilizarlas con eficacia.

#### 4. Técnicas:

Para las operaciones de montaje conviene diseñar haciendo uso de las siguientes técnicas:

- Estructurar en módulos
- Disminuir la complejidad
- Establecer un elemento de base
- Limitar las direcciones de montaje
- Facilitar la composición
- Simplificar las uniones

#### 5. Transporte:

Hay que tener muy en cuenta el embalaje y transporte de cada proyecto que se realiza, ya que el transporte es un coste importante a la hora de transportar productos grandes y pesados, además hay que tener en cuenta la gran distancia que hay desde el centro de producción a la acería rusa. Utilizar transportes especiales encarecería mucho el producto.

#### ➤ CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS

En este apartado se abordan las especificaciones dadas por el cliente, en este caso serán principalmente:

1. Que la estructura sea capaz de soportar una carga de trabajo de  $500 \text{ kg/m}^2$  que es igual  $4905 \text{ N/m}^2$ . Con lo que se pretende que la plataforma soporte el peso de dos operarios y las piezas o que eventualmente necesite para las operaciones de mantenimiento o reparaciones. Otro requisito relativo a la carga es que aguante una carga horizontal de  $100 \text{ kg/m}^2$  es decir  $981 \text{ N/m}^2$ , es decir que ante alguna incidencia que se produzca por alguna carga lateral (por ejemplo que alguien se apoye sobre algún pilar de la plataforma, algún pequeño golpe...) la estructura de la plataforma no pueda moverse notoriamente. Y que la estructura no tenga una flecha de más de 5 mm en ningún caso con las cargas de trabajo mencionadas anteriormente.
2. Tener unas dimensiones de 8 metros por 3,5 metros, y una altura de 1,7 metros de alto para poder realizar el ajuste de la puerta y también realizar las tareas de mantenimiento y de automatización del proceso para controlar el sistema de depuración de humos. Los

8 metros de largo podrán ser ampliables para dar una forma de acceso tipo escaleras o rampa.

3. La vida útil estimada se pretende que sea al menos de 15 años, aguantando un ambiente corrosivo como es el de la industria metalúrgica. Usaremos recubrimientos para tratar de evitar la corrosión de las vigas de acero, placas de acero... y que la estructura dure lo máximo posible.

Esas serían las especificaciones específicas marcadas por el cliente. Entre las condiciones específicas y generales vamos a realizar el diseño para dar una solución técnica a este caso real.

El objetivo es entregar al cliente la plataforma montada por módulos completamente ensamblados por soldadura o con los módulos desmontados en Kazan (Rusia). Los módulos van desmontados porque se atornillarán en la empresa cliente, en la empresa cliente no se soldará nada nunca a no ser que lo pida el cliente o sea estrictamente necesario.

Es necesario elaborar una serie de instrucciones y planos de montaje para que cuando se entregue al cliente cualquiera de las dos plataformas pueda ensamblarla correctamente tanto la soldada como la atornillada.

## **2.2 ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE LA PLATAFORMA**

En este punto se van a analizar todos los puntos que afectan a la plataforma. Se analizará todos los elementos que componen las plataformas y las soluciones técnicas dadas para posteriormente presentar los diseños elaborados con el programa CATIA V5.

A la hora de elaborar el diseño de la plataforma nos encontramos ante una serie de decisiones que debemos de tomar las cuales van a afectar al diseño:

1. Dimensiones,
2. La cargas
3. Anclaje al suelo
4. Estructura
5. Forma de acceso a la plataforma
6. Barandillas
7. Suelo
8. Polipasto
9. Uniones
10. Elementos de ensamblaje

Todos estos factores me van afectar al diseño de nuestras plataformas.

### **2.2.1. DIMENSIONES**

Las dimensiones aproximadas que el cliente nos ha requerido son:

- 8 metros de largo
- 4 metros de ancho
- 1,7 metros de altura
- Disposición de 8 metros cuadrados para diseñar una forma de acceso a la plataforma

Al pretenderse que la plataforma se componga de módulos, hay que dividir dicha superficie en **módulos** que sean **transportables** y si se puede sean repetitivos para hacer su fabricación más sencilla.

La disposición de las dimensiones de la forma de acceso se puede hacer de diversas maneras ya que entre una plataforma y otras que existen hay una gran distancia, alrededor de 20 metros.

### 2.2.2. CARGAS DE TRABAJO

Las cargas a la que estará sometida la plataforma, están descritas también en las consideraciones específicas anteriormente, pero en este apartado he querido considerar que la estructura debe aguantar una carga lateral de 1000N en caso de que alguien se apoye o sea golpeada accidentalmente.

Entonces las cargas actuantes sobre la plataforma:

- 4900 N/m<sup>2</sup> de carga distribuida vertical
- 1000 N de carga horizontal

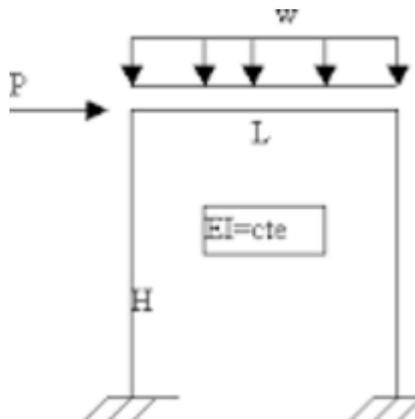


Figura 8. Ejemplo de las cargas de trabajo sobre un pórtico de la plataforma

Y tendremos que comprobar que la flecha de la parte superior de la estructura sea igual o inferior a 6 mm.

### 2.2.3. ANCLAJES AL SUELO

La forma de anclar la estructura de la plataforma al suelo presenta una serie de requisitos que se desean cumplir por nuestra parte, que sea funcional, fije la estructura y sea capaz de nivelarla ante posibles defectos del suelo. Por ello la base de los pilares estará compuesta por una placa que tenga dos taladros para anclar al suelo con tornillos de anclaje HILTI y una hendidura para soldar un tornillo a dicha placa en el cual irá alojado una tuerca para poder variar la altura del pilar unos milímetros si nos hiciera falta. A continuación se expone el sistema de anclado y sus componentes:

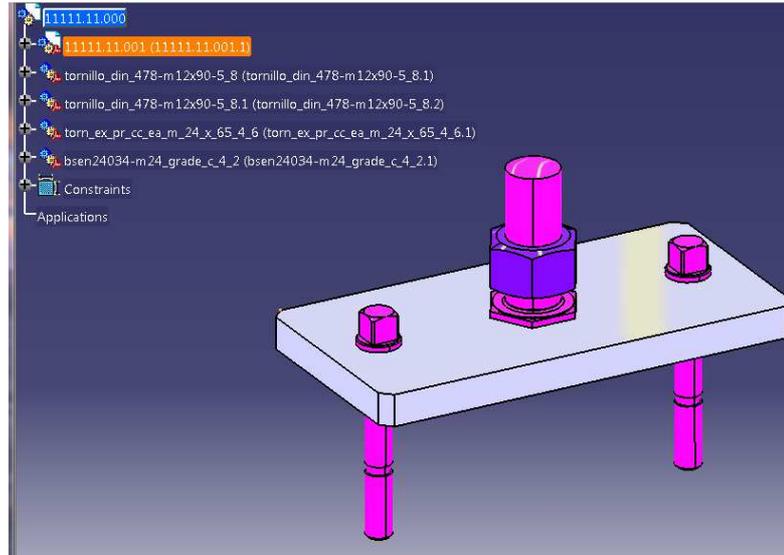


Figura 9. Ejemplo de anclaje al suelo para pilares individuales

En la imagen podemos ver la base de los pilares individuales, el tornillo, la tuerca y los dos taladros donde irán tornillos de expansión.

En el caso de la plataforma atornillada, al ver que se me juntan en ocasiones pilares de los módulos de la plataforma, diseñaremos otra placa de anclaje al suelo, muy parecida a esta, pero en el caso de la plataforma atornillada haremos un pilar doble o cuádruple, esos pilares tendrán el mismo sistema de la placa de anclaje pero de distintas dimensiones. Les llamo pilares dobles y cuádruples, porque agrupan dos y cuatro pilares individuales respectivamente. De la placa saldrá hacia arriba los nuevos pilares. A continuación se muestra la forma de anclaje.

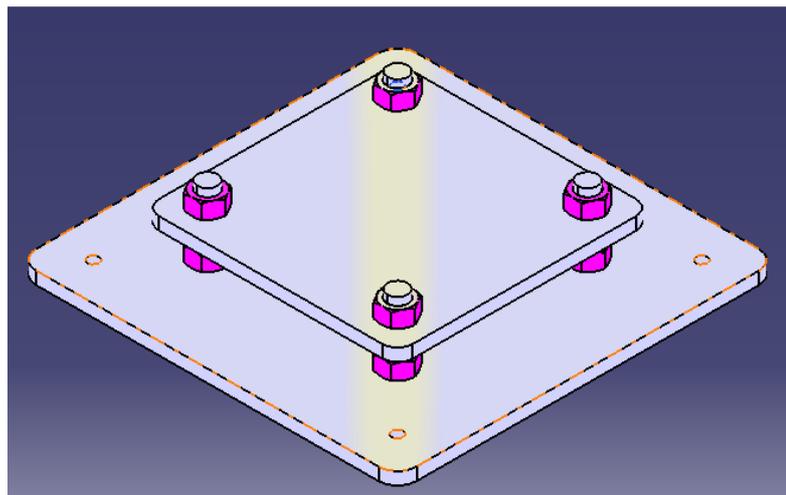


Figura 10. Anclaje de pilares de la plataforma atornillada donde confluyen los pilares.

Los tornillos expansivos que se usarán la plataforma son de la marca HILTI y son los siguientes:



Figura 11. Tornillo de expansión HILTI

Y tienen las siguientes características:

- Anclaje de rosca de alto rendimiento con cuña y cono de expansión optimizado combinado con revestimiento y acero especiales que garantizan un excelente rendimiento
- Apto para aplicaciones en hormigón fisurado
- La marca de la cabeza del producto permite su inspección una vez colocado
- Especialmente apto para aplicaciones en entornos muy corrosivos en los que la seguridad es importante

Son tornillos que tienen una configuración de cabeza con rosca externa, el tipo de fijación es previa y directa y cuenta con protección frente a corrosión ya que son de acero inoxidable.

En anclaje al suelo se realiza de la siguiente manera que no indica el fabricante.

#### Setting instruction

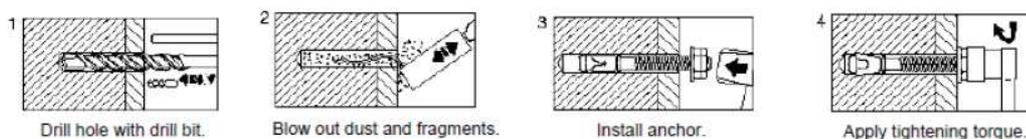


Figura 12. Instrucción de montaje de los tornillos expansivos.

1. Se hacen los agujeros con el taladro
2. Aspiro los polvos y fragmentos
3. Coloco el anclaje
4. Aplico el par de apriete

Es muy importante tener en cuenta la distancia que existe entre los tornillos de expansión, en cualquier configuración de las que se estudiarán en este trabajo fin de grado se respetan las distancias de seguridad para anclar los tornillos expansivos HILTI al suelo, las medidas entre los tornillos de expansión se toman del catálogo del fabricante y son las que se exponen a continuación:

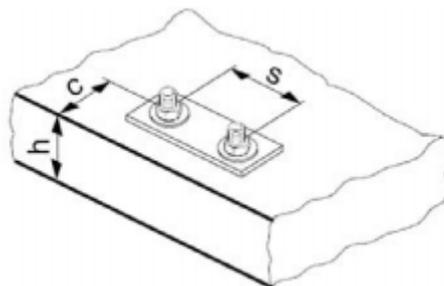


Figura 13. Distancias de los tornillos a distintos elementos.

Anchor size		M8	M10	M12	M16	M20	M24		
Minimum base material thickness	$h_{min}$	[mm]	100	120	140	160	200	250	
Minimum spacing in non-cracked concrete	HST	$s_{min}$	[mm]	60	55	60	70	100	125
		for $c \geq$	[mm]	50	80	85	110	225	255
	HST-R	$s_{min}$	[mm]	60	55	60	70	100	125
		for $c \geq$	[mm]	60	70	80	110	195	205
	HST-HCR	$s_{min}$	[mm]	60	55	60	70	-	-
		for $c \geq$	[mm]	50	70	80	110	-	-

Figura 14. Tabla de medidas dadas por el fabricante

En las dos plataformas cumplen las siguientes condiciones:

- $h > 120$  mm
- $c > 70$  mm
- $s > 55$  mm

#### 2.2.4. ESTRUCTURA

La estructura que forma la plataforma tendrá que soportar las cargas previstas de uso habitual, y eventualmente fuerzas laterales de empuje por golpes o apoyos indebidos.

Se tratará de una estructura metálica que tendremos que verificar en el último punto de este capítulo para ver si es capaz de aguantar las cargas que requiere la plataforma, sino aguantase las cargas a las que la plataforma está expuesta tendríamos que rediseñarla.

Los motivos que nos hacen escoger una estructura de acero es que probablemente sea el material más versátil de todos los materiales

estructurales, parece más que razonable cuando se considera su gran resistencia, poco peso y facilidad de fabricación. En nuestro caso una estructura de acero es la solución técnica más adecuada ya que nos presenta mayores ventajas que desventajas. A continuación describo las ventajas y desventajas que presentan las estructuras de metálicas:

Ventajas:

- Es un material de gran resistencia. Esto significa que los elementos que formarán la estructura en cualquier construcción podrán ser de una sección transversal pequeña, por lo tanto ocupa poco espacio y tendrá poco peso.
- Por su ductilidad “avisa” antes de la rotura, produciéndose grandes deformaciones antes de producirse un fallo debido a que el material es dúctil.
- Uniformidad, ya que las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo.
- Material homogéneo y de comportamiento bien definido (posibilidad de simulación).
- Rapidez de montaje, con los consiguientes ahorros en costes fijos de obra.
- Fácil modificación ante cambios de uso (mediante refuerzos).
- La estructura metálica puede ser preparada en taller, lo que se traduce en que los elementos llegan a obra prácticamente elaborados, necesitando un mínimo de operaciones para quedar terminados.
- El acero estructural puede laminarse de forma económica en una gran variedad de formas y tamaños. Además se puede adaptar a necesidades concretas variando las propiedades mecánicas mediante tratamientos térmicos, termoquímicos...
- Reutilización del acero tras desmontar la estructura, lo que supone un ahorro de inversión considerable.

- El desarrollo de nuevos sistemas de protección contra la corrosión, garantizan con un mantenimiento mínimo, una vida casi ilimitada para las estructuras realizadas con acero.
- Cuando termina la vida útil, la estructura metálica de acero puede ser desmontada y posteriormente utilizada en nuevos usos o ser re-aprovechada con un fácil reciclaje.
- La estructura metálica en acero supone un peso reducido, segura en caso de seísmo, rendimiento y montaje se controlan visualmente de forma fácil.

Y una serie de desventajas:

- Costo de mantenimiento, ya que la mayor parte de los aceros están expuestos al aire y al agua, este tipo de material sufre corrosión. Deben pintarse periódicamente para eliminar este defecto, también se pueden dar otros tratamientos para eliminar la corrosión.
- Problemática en caso de incendios. Debido a esto, es conveniente, y en algún caso obligatorio, recubrir este tipo de estructuras con pintura ignífuga o intumescente para evitar el colapso de la misma.
- Susceptibilidad al pandeo, ya que se utilizan elementos esbeltos sometidos a compresión (soportes metálicos). No obstante, las estructuras se calculan evitando estos fenómenos.
- Fractura frágil, bajo ciertas condiciones el acero puede perder su ductilidad y la falla frágil puede surgir en algún lugar concentrador de tensiones.
- Mano de obra especializada.

En nuestro caso vamos a plantear una estructura modular, dividiendo el espacio en módulos iguales dos a dos, es decir, dos tipos de módulos. La estructura se va a analizar y explicar en el último apartado de este capítulo, para ver cómo está compuesta y ver exactamente que carga de trabajo va a soportar. Las estructuras al final de sus pilares llevan unas placas, las cuales van sujetas al suelo por medio de los tornillos expansivos vistos anteriormente.

A la hora de diseñar hay que tener en cuenta el pandeo para los pilares, siendo éste un fenómeno de inestabilidad no deseado. El fallo por pandeo tiene lugar en el caso de elementos estructurales esbeltos sometidos a esfuerzos de compresión, llegando a aparecer en ciertos casos una flexión lateral muy grande y haciendo fallar al elemento. La fórmula del pandeo es:

$$P_{crítico} = \frac{\pi^2 EI_z}{L^2}$$

Se ha elegido todas las barras de acero estructural cuadrado hueco de 100x100x6 mm, porque como demostraremos en el anexo 5 (cálculos) es suficiente para aguantar los esfuerzos a flexión y compresión a los que va a ser sometidos.

A continuación se muestra la estructura de un módulo:

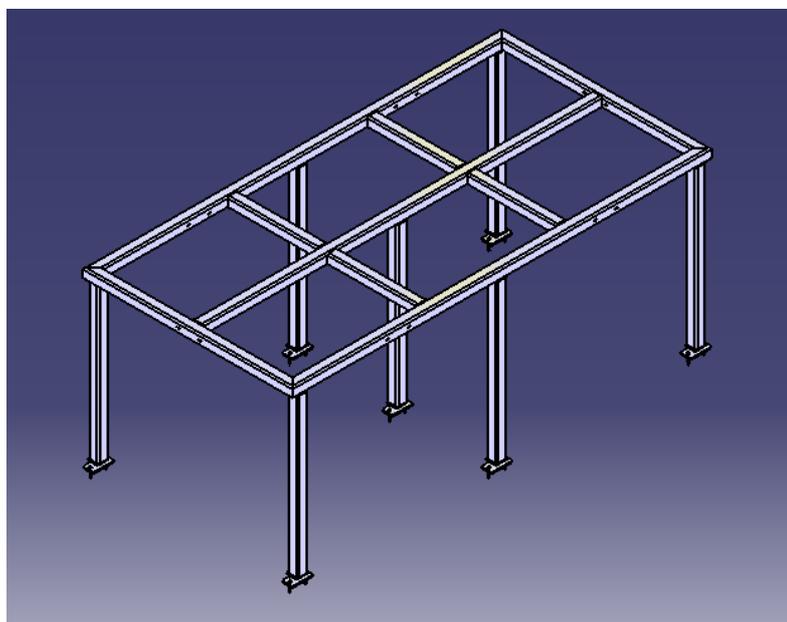


Figura 15. Estructura del módulo 11111.03.000 soldada

Todas las estructuras de los módulos son del mismo tipo, pero cambiando las dimensiones en dos de ellas.

La estructura de la plataforma me va a variar en los dos casos, ya que si la llevo soldada por módulos, no tendré problemas al llevar los pilares, pero al plantear la plataforma atornillada, en el diseño veremos que los pilares que van juntos o están muy próximos unos de otros lo que se hará es transformar los dos pilares en uno solo que sea común a dos módulos de la plataforma.

En este apartado no se va a hablar más de la estructura, ya que en este capítulo posteriormente se va a ver el diseño de la estructura y calcular las cargas de trabajo de la estructura. También hay un anexo 5 con todo lo relativo al cálculo de la estructura.

### **2.2.5. FORMA DE ACCESO A LA PLATAFORMA**

La forma de acceso a la plataforma se planteó dos opciones al empezar a diseñar este elemento constructivo, las dos opciones que se plantearon como forma de acceso fueron:

- Rampa
- Escalera

Se rechazó la opción de la rampa ya que para intentar tener una inclinación como indica la norma del 12% como máximo tendría que diseñar una rampa de gran longitud. La idea de poner una rampa era para que los operarios pudieran subir con un carrito por si les hacía falta subir alguna herramienta para ensamblar la puerta. A partir de descartar la idea de la rampa, se nos ocurrió la idea de instalar en la plataforma un polipasto para subir herramientas o material a la plataforma.

La escalera está diseñada de acuerdo a las notas técnicas de prevención (NTP) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Las notas técnicas de prevención son documentos no son vinculantes, ni de obligado cumplimiento. La empresa está obligada a cumplir con las disposiciones normativas que le sean aplicables en cada momento, sean estatales, autonómicas o provenientes de la administración local. La colección de NTP pretende ayudar al cumplimiento de tales obligaciones, facilitando la aplicación técnica de las exigencias legales.

Para la escalera se sigue la NTP 404 llamada escaleras fijas. Nos dice la NTP que una escalera es un medio de acceso a los pisos de trabajo, que permite a las personas ascender y descender de frente sirviendo para comunicar entre sí los diferentes niveles.

Las diferentes partes de una escalera:

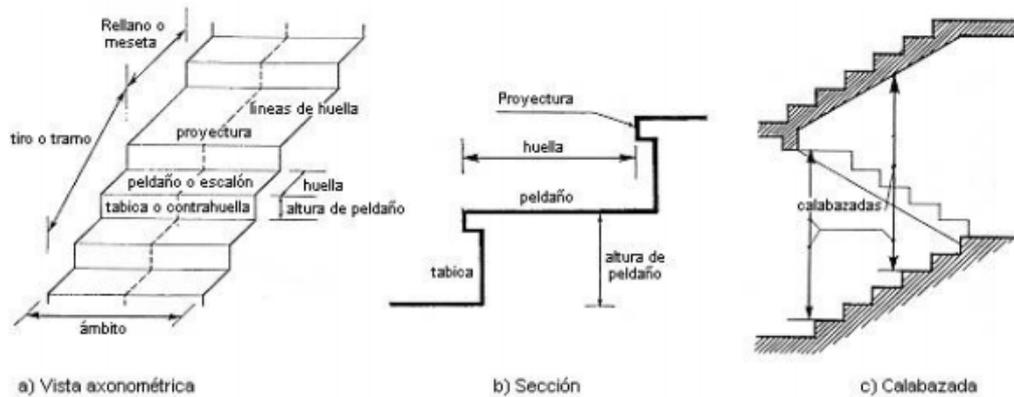


Figura 16. Diferentes partes de una escalera

- Contrahuella: Es la parte vertical del fondo del peldaño.
- Huella: Es el ancho del escalón, medido en planta, entre dos contrahuellas sucesivas.
- Rellano: Es la porción horizontal en que termina cada tramo de escalera; debe tener la misma anchura que el ámbito de los tramos.

Hay otros conceptos o partes como son la línea de huella, la proyectura, el ámbito, el tiro y la calabazada:

- Línea de huella: Es una línea imaginaria que divide por la mitad una escalera recta.
- Proyectura: El plano de apoyo de un peldaño puede tener una proyectura (nariz) sobre el inferior inmediato. Suele estar comprendido entre 2 y 5 cm.
- Ámbito: Es la longitud de los peldaños, o sea la anchura de la escalera.
- Tiro: Es una sucesión continua de peldaños (21 a lo sumo).
- Calabazada: Es la altura libre comprendida entre la huella de un peldaño y el techo del tiro de encima

Nos hemos decidido en este caso a elaborar una escalera recta. Una escalera recta se define como aquella cuyos tiros se desarrollan en línea recta y suben encajonados entre muros, en nuestro caso entre barandillas.

Las características técnicas y constructivas de las escaleras, teniendo en cuenta que son de acceso normal:

MAGNITUD	Acceso normal
Inclinación $\alpha (tg\alpha = \frac{t}{h})$	20° - 45°
Distancia vertical entre peldaños t (contrahuella)	13 - 20 cm
Longitud del escalón h (huella)	23 - 32 cm
Ancho mínimo libre	90 cm
Altura de pasamanos x (4 o más peldaños)	90 cm
Altura vertical y	220 - 230 cm
Altura libre z	200 cm
Fórmula de medida del paso	2t + h = 63 cm
Fórmula de seguridad	t + h = 46 cm

Figura 17. Tabla de características técnicas y constructivas de las escaleras

La representación gráfica de las distintas cotas y de las inclinaciones de las escaleras se pueden observar en la Fig.18. En la cual se puede ver gráficamente la relación ideal entre la huella y la contrahuella y que cumple la fórmula de seguridad indicada en la anterior tabla.

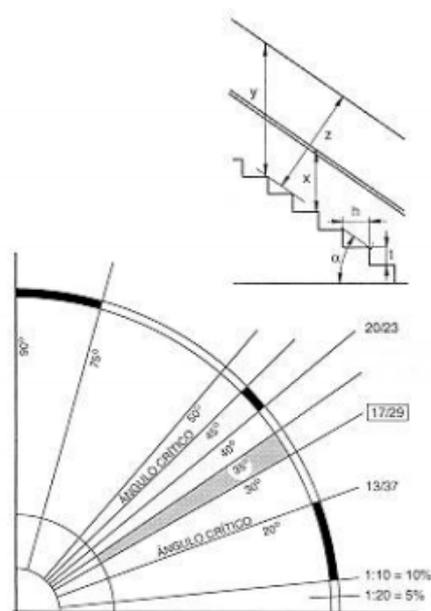


Figura 18. Arriba se ve las cotas e inclinaciones de escaleras y abajo la relación ideal entre la huella y la contrahuella.

La escalera diseñada es la que muestro en la siguiente imagen, en los planos de la escalera se puede ver detalladamente sus medidas.

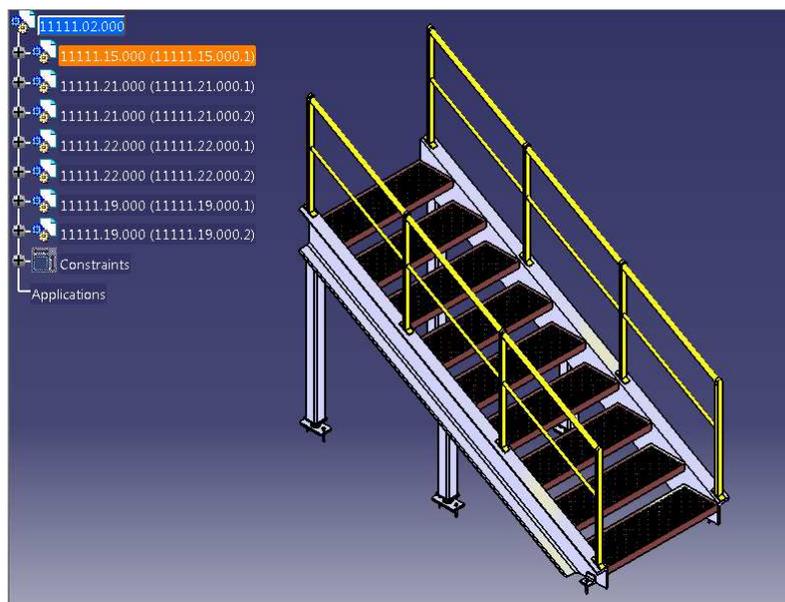


Figura 19. Diseño de la escalera

Que cumple la NTP 404 en todos puntos ya que:

- Inclinação:  $31,72^\circ$
- $h=275$  mm
- $c = 170$  mm

### 2.2.6. BARANDILLAS

Una barandilla es un elemento que tiene por objeto proteger contra los riesgos de caída fortuita al vacío de personas trabajando o circulando junto al mismo.

La normativa de referencia será la NTP 123 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la cual nos dice:

- ✓ Las barandillas y plintos o rodapiés serán de materiales rígidos y resistentes.
- ✓ La altura de las barandillas será de 80 cm, como mínimo a partir del nivel del piso, y el hueco existente entre el plinto y la barandilla estará protegido por una barra horizontal o listón intermedio, o por medio de barrotes verticales, con una separación máxima de 15 cm.
- ✓ Los plintos tendrán una altura mínima de 15 cm sobre el nivel del piso.
- ✓ Las barandillas serán capaces de resistir una carga de 150 Kg por metro lineal.

Los componentes que componen una barandilla serán:

1. Barandilla: es la barra superior, sin asperezas, destinada a poder proporcionar sujeción utilizando la mano. El material será madera o hierro situado a 90 cm del suelo y su resistencia será la mencionada de 150 Kg por metro lineal.
2. Barra horizontal o listón intermedio: es el elemento situado entre el plinto y la barandilla, asegurando una protección suplementaria tendente a evitar que pase el cuerpo de una persona.
3. Plinto o rodapié: es un elemento apoyado sobre el suelo que impide la caída de objetos. Estará formado por un elemento plano y resistente (una tabla de madera puede ser utilizada) de una altura entre los 15 y 30 cm.
4. El rodapié no solamente sirve para impedir que el pie de las personas que resbalen pase por debajo de la barandilla y listón intermedio, sino también para evitar permanentemente la caída de materiales y herramientas. Esta faceta de su cometido hay que tenerla presente en su diseño pues es muy importante.
5. Montante: es el elemento vertical que permite el anclaje del conjunto guardacuerpo al borde de la abertura a proteger. En él se fijan la barandilla, el listón intermedio y el plinto.

Todos los elementos fijados al montante irán sujetos de forma rígida por la parte interior de los mismos.

En este TFG todas las barandillas siguen la norma del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), y van a ser todas iguales, menos una que será desmontable para poder introducir las herramientas o material en la plataforma por medio de un polipasto.

A continuación se muestran las imágenes de una barandilla fija y una desmontable para ver la diferencia, solo instalaremos en la plataforma una barandilla desmontable para poder pasar por allí la carga del polipasto.

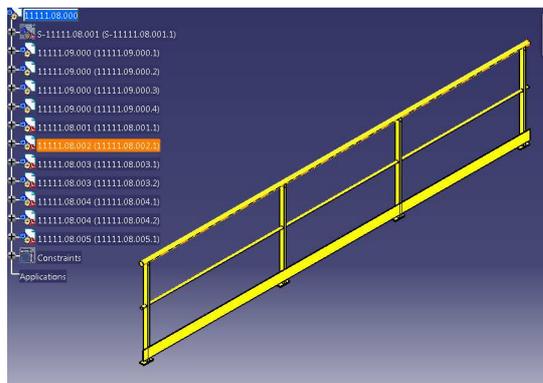


Figura 20. Barandilla fija.

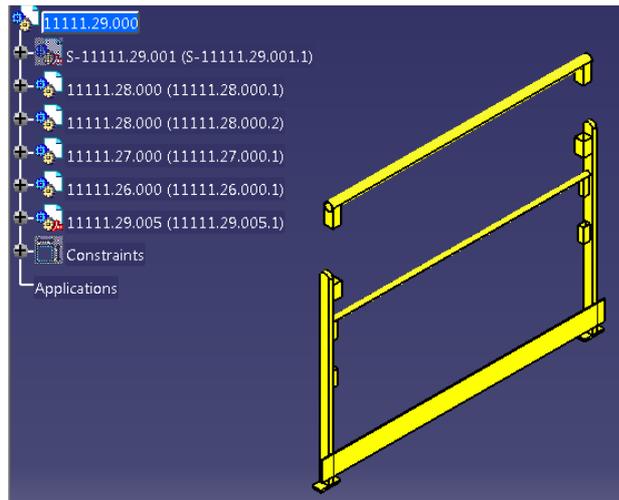


Figura 21. Barandilla desmontable.

### 2.2.7. SUELO

El suelo de la plataforma va a estar formado por rejillas electrosoldadas para asegurarme que aguanta la carga requerida por el cliente. Una rejilla electrosoldada es una pieza metálica compuesta por varias tiras de flejes iguales, colocadas de canto en paralelo y separadas entre sí, las cuales llevan soldadas perpendicularmente, en todos sus cruces o intersecciones, unas varillas de diámetro mayor al grueso de las mismas.

Se decide optar por el producto de RELESA de rejilla mecánica, esta rejilla es apta para plataformas de seguridad como nos dice el fabricante.

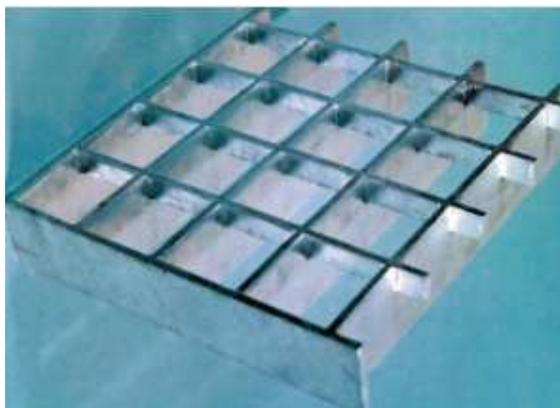


Figura 22. Rejilla electrosoldada.

Aparte de que el fabricante la aconseje, si vamos a la tabla de cargas que corresponde a este tipo de rejilla, con una altura de 35mm, espesor de 2mm y distancia entre vanos de 1400, tenemos que la rejilla mecánica se me deforma 5mm cuando soporta una carga distribuida de 6,21 KN/m<sup>2</sup> que son casi 634 Kg/m<sup>2</sup>, con lo que cumplimos con otro de los requisitos del cliente. A continuación se muestra una tabla del fabricante con todos los parámetros de la rejilla.

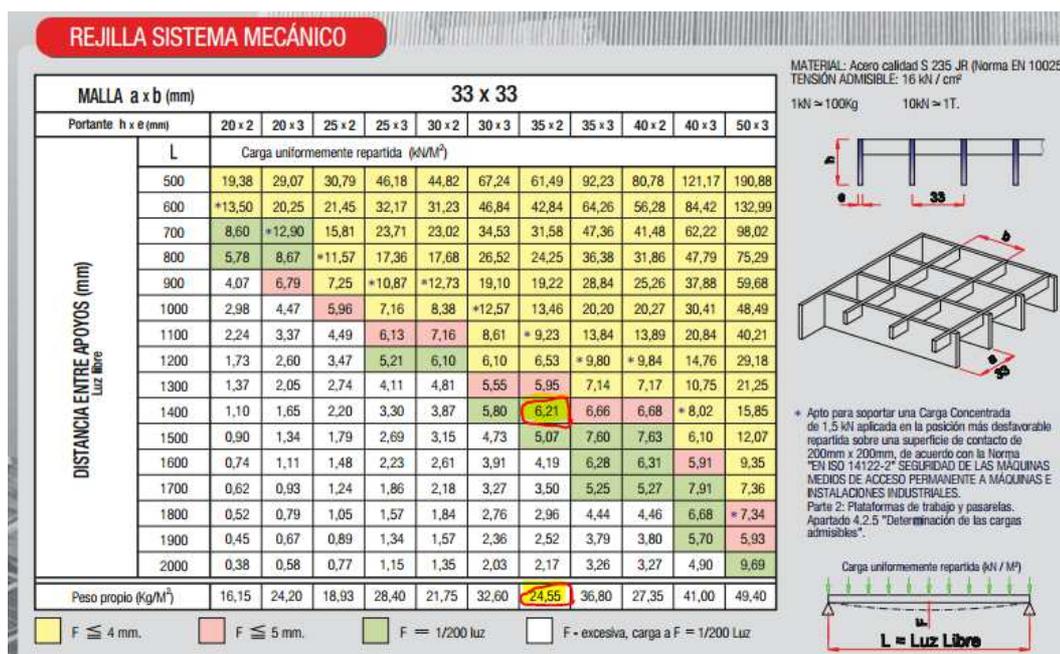


Figura 23. Tabla de las características mecánicas de la rejilla sistema mecánico.

A la rejilla mecánica la tengo que dotar de un **proceso de galvanizado para protegerla frente a la corrosión**. El galvanizado consiste en proporcionar a la rejilla un revestimiento de zinc que se proporciona la galvanización por inmersión en zinc fundido, resultando la más larga protección contra los agentes corrosivos exteriores, evitándose los consabidos mantenimientos periódicos que se dan en otras protecciones superficiales. Además el zinc confiere al metal base una mejora en sus características técnicas tales como: dureza, adherencia, resistencia a golpes y abrasión, etc.

La galvanización del hierro y acero en zinc fundido se realiza a 450° C, formándose una aleación hierro-zinc en varias capas (FE-ZN), hasta formar una última capa externa de zinc puro (ZN).

Por último en este punto debo tener en cuenta la forma de unión de la rejilla mecánica a la estructura que se realizará mediante piezas de sujeción. Las piezas de sujeción para las rejillas electrosoldadas, son los elementos

idóneos para su fijación a la estructura, o entre ellas, existiendo una amplia gama, en función de las mallas, así como de los elementos estructurales. El proveedor nos ofrece una serie de sujeciones y a continuación muestro las elegidas.

En nuestra plataforma necesitaría:

- Un sistema de sujeción a la estructura como el siguiente:

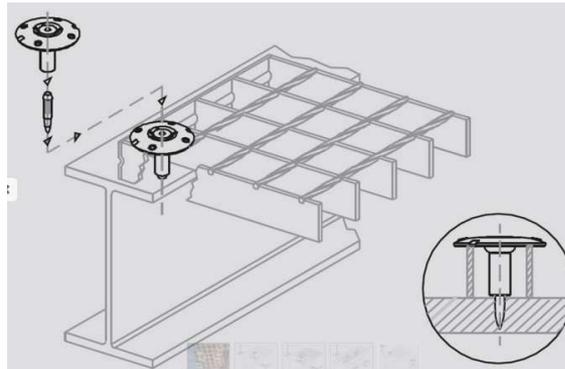


Figura 24. Sistema de sujeción a la estructura de la rejilla.

- Otro sistema de sujeción entre las rejillas como el que se muestra a continuación:

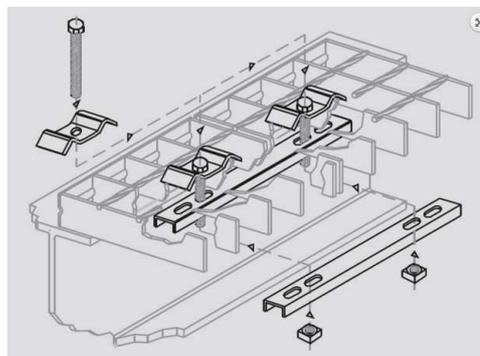


Figura 25. Sistema de sujeción entre las rejillas.

### 2.2.8 POLIPASTO

La idea de introducir este elemento mecánico surge de descartar la rampa de acceso a la plataforma, entonces para facilitar el transporte de una caja de herramientas algún material suplementario, decidimos instalar un polipasto en la plataforma.

El polipasto que necesitamos no es necesario para subir grandes cargas, así que hemos pensado que con instalar un polipasto con capacidad de carga de 250 kg es suficiente. Hay que tener en cuenta que el polipasto necesita electricidad, pero al ser parte de una instalación industrial dentro de una nave industrial, dispondré de electricidad para conectarlo a la corriente eléctrica. El polipasto elegido es de la marca EINHELL es el siguiente:



*Figura 26. POLIPASTO 250 Kg. BT-EH 250 EINHELL*

Además de este polipasto, mirando los accesorios que se le pueden incorporar se decide incorporar un brazo rotativo que gira 180° para que el operario que esté trabajando pueda usar el polipasto con mayor comodidad. El brazo escogido es para polipastos de la marca Einhell y podemos colocar el polipasto en varias posiciones de tal forma que si ponemos el polipasto en la posición más alejada 1100 mm soporta una carga de 250 kg, sin embargo si le ponemos a 600 mm puede llegar a soportar 1000 kg de carga máxima.



Figura27. Brazo para polipasto EINHELL

El sistema de funcionamiento del polipasto es girar 180° y en la siguiente imagen se ve claramente como un operario lo manejaría:

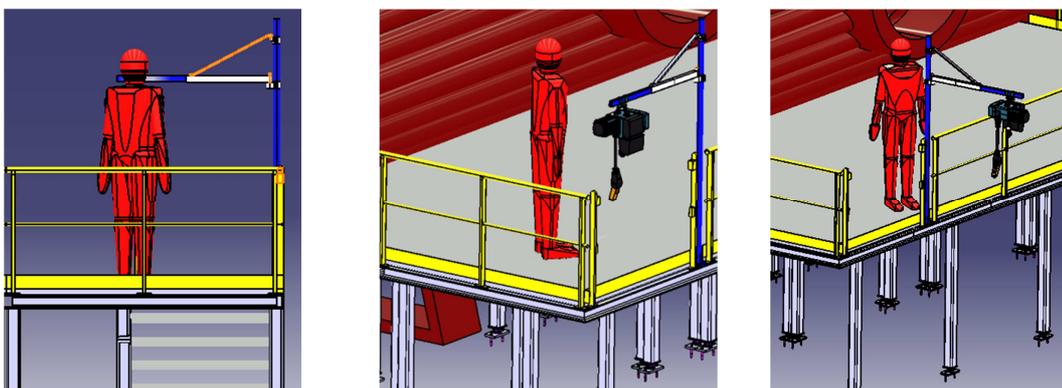


Figura 28. Funcionamiento del polipasto instalado en la plataforma.

Al poder desmontarse la barandilla como vemos en la figura anterior, hemos tomado la precaución de instalar en el tubo donde va el polipasto un sistema anticaídas, para asegurar al operario ante una posible caída a distinto nivel.

Para cubrir este riesgo se ha seguido la NTP 774 (“Sistemas anticaídas. Componentes y elementos”), esta norma pretende describir de forma resumida las principales características de diseño, materiales y funcionamiento de los componentes de un sistema anticaídas.

Un sistema anticaídas tiene como objetivo conseguir la parada segura del trabajador que cae. Dicho de forma más concreta el objetivo mencionado implica que, en primer lugar, debe conseguirse que la distancia vertical recorrida por el cuerpo a consecuencia de la caída sea la mínima posible, que a continuación debe producirse el frenado de la caída en las condiciones

menos perjudiciales para el trabajador y que, finalmente, debe garantizarse su mantenimiento en suspensión y sin daño hasta la llegada del auxilio.

De forma general, puede decirse que un sistema anticaídas está formado por un dispositivo de presión del cuerpo y un subsistema de conexión como se muestra a continuación:

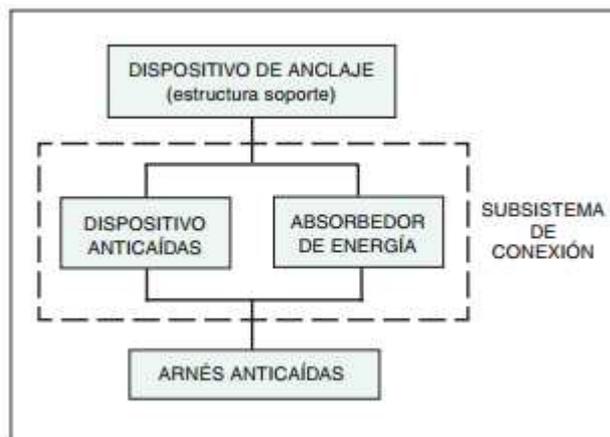


Figura 29. Esquema del sistema anticaídas.

El sistema anticaídas elegido estará formado por:

1. El arnés anticaídas es el dispositivo de presión cuya misión es retener el cuerpo que cae y garantizar la posición correcta de la persona una vez producida la parada de la caída.



Figura 30. Ejemplo de arnés.

2. Dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje rígida o flexible, es un subsistema de conexión formado por un dispositivo anticaídas deslizante, una línea de anclaje rígida o flexible y un conector o un elemento de amarre terminado en un conector (figuras siguientes).

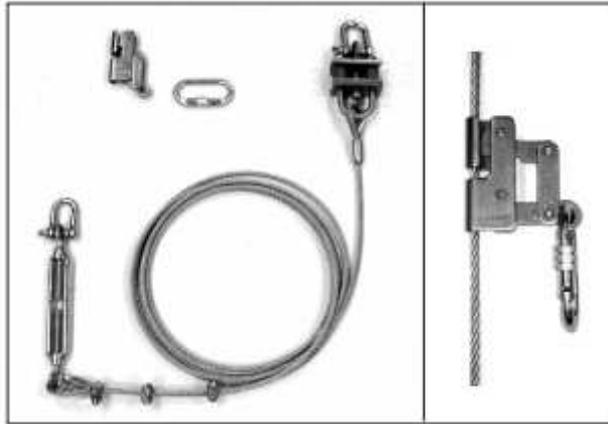


Figura 31. Ejemplo de dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje rígida



Figura 32. Ejemplo de dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible

3. Dispositivo anticaídas retráctil, es un dispositivo anticaídas que dispone de una función de bloqueo automático y de un mecanismo automático de tensión y retroceso del elemento de amarre de forma que se consigue un elemento de amarre retráctil. El propio dispositivo puede integrar un medio de disipación de energía o bien incorporar un elemento de absorción de energía en el elemento de amarre retráctil.



Figura 33. Ejemplo de dispositivo anticaídas retráctil

4. Absorbedor de energía con elemento de amarre incorporado, es un equipo constituido por un elemento de amarre que lleva incorporado un elemento de absorción de energía (en el caso más general se trata de dos cintas textiles imbricadas o cosidas constituyendo una única pieza que se presenta plegada sobre sí misma y enfundada en un material plástico). La disipación de energía se consigue mediante la rotura de los hilos. La longitud total del referido conjunto no es superior a dos metros, incluyendo los conectores situados en cada extremo.



*Figura34. Ejemplo de absorbedor de energía con elemento de amarre incorporado*

5. Conector, es un equipo metálico provisto de apertura que se utiliza para enganchar entre sí los diferentes componentes del sistema anticaídas y para su conexión al dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte.



*Figura 35. Ejemplos de conector*

## 2.2.9 UNIONES

En este apartado vamos a ver los tipos de uniones que usaremos en este TFG, que se trata de uniones fijas. Hay diversos tipos de uniones tipos de uniones pero las uniones que se van a usar en esta plataforma son uniones atornilladas y uniones soldadas.

Para el diseño y la elección de las uniones debo conocer las diversas funciones asociadas a ellas como son la demontabilidad, estanqueidad, referenciación y sujeción. Y conocer las técnicas existentes en cada caso.

### ✓ Uniones atornilladas:

Esta clase de unión me permite el montaje de la estructura de acero muy rápido y con menos mano de obra especializada que cuando se trabaja con la soldadura. Es un tipo de unión muy económica en el montaje y desmontaje.

Los costes de las uniones atornilladas varían según los elementos (tornillos, tuercas, elementos de retención), procesos (agujeros con o sin rosca, asentamientos), tiempo de montaje (colocación de piezas, atornillado, inserción).

Se van a usar tornillos no pretensados en este TFG. En el ambiente que se va a utilizar la plataforma, necesitamos tornillos zincados de alta resistencia. Con el proceso de zincado sobre los tornillos y las tuercas, se consigue una protección contra la corrosión y la oxidación del acero. Estos tornillos son estándar y habituales en los almacenes de suministro. Debemos comprobar que los tonillos proyectados aguantan los esfuerzos a los que serán sometidos y que estos tornillos trabajen a cortadura ya que es como más aguantan.



*Figura 36. Tornillo y tuerca zincados.*

Todas las uniones tendrán una resistencia de cálculo tal que la estructura se comporte satisfactoriamente y sea capaz de cumplir todos los requisitos básicos para el cálculo.

Los tornillos a emplear en uniones de estructuras de acero serán preferentemente de alguno de los grados 4.6, 5.6, 6.8, 8.8 ó 10.9. Como norma general, no se utilizarán tornillos de grado inferior al 4.6 ni de grado superior al 10.9 sin demostración experimental que son adecuados para la unión en la que se prevé su uso.

En el anexo 1 referido a diseño y cálculo de uniones atornilladas veremos:

- Clases de tornillos
- Coeficientes parciales de seguridad
- Agujeros para tornillos
- Disposiciones en el montaje
- Distancias a los bordes
- Separación entre agujeros
- Categorías de uniones atornilladas
- Cálculo de las uniones atornilladas

En su montaje y diseño se debe tener en cuenta toda esta serie de consideraciones.

Se van a usar tornillos:

- **Métrica 10** (M 10) y de acero de grado 8.8 en todas las uniones, y para nivelar la estructura
- **Métrica 24** (M 24) y acero de grado 8.8 para los tornillos que van soldados a la placas de anclaje.
- **Métrica 12** (M12) y acero de grado de 8.8 para los tornillos que atraviesen los perfiles cuadrados ya que tienen mayor longitud que los de métrica 10 y deseo que tengan una longitud de 140mm.

En los anexos expongo tablas a partir de las normas que establece el Documento Básico Seguridad Estructural del Código Técnico de la Edificación (DB-SE-A).

✓ Uniones soldadas

Es la tecnología, fundamentada científicamente, que tiene como finalidad la unión íntima, de dos o más piezas metálicas de igual o distintos metales, con o sin fusión, con o sin aporte de material metálico, en la que se consigue una continuidad adecuada entre ellas desde el punto de vista físico y de propiedades físicas, químicas y físico-químicas, que fundamentan las características mecánicas y el comportamiento en servicio y ello sin producir zonas duras armonizando adecuadamente con el conjunto metálico en el que se encuentren insertas.

Se recomienda usar uniones soldadas cuando se desea una unión permanente de elevada resistencia y, eventualmente con estanqueidad.

Presentan una serie de ventajas respecto a las atornilladas:

1. Ahorro respecto al material, ya que elimino las placas de acero necesarias en uniones atornilladas.
2. Menos pesadas
3. Proporciona mayor rigidez en las uniones.
4. Tiene mayor zona de aplicación que las uniones atornilladas, puedo hacer uniones soldadas que no me permitirían hacer las otras.

Debemos tener en cuenta que en lugar de instalación no vamos a soldar nada ya que puede ser que no sea posible soldar porque no disponemos de espacio o no es deseable ensuciar el ambiente de la empresa cliente donde nos dispongamos a soldar.

El tipo de soldadura que se va a usar para soldar las uniones soldadas de la plataforma es soldadura con fusión, con arco eléctrico y semiautomática, la cual se denomina MAG.

En la soldadura MAG para su fabricación emplearemos como gas activo el dióxido de carbono que es un gas mucho barato, capaz de producir penetraciones mucho más profundas y anchas, y tiene la ventaja que reduce el riesgo de mordeduras y faltas de fusión.

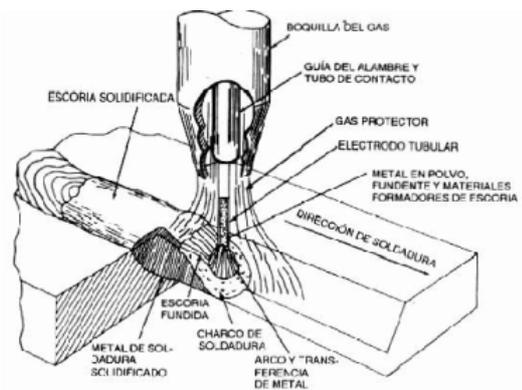


Figura 37. Proceso soldadura MAG

Nos hemos decidido a usar ese tipo de soldadura ya que tiene una serie de ventajas y de inconvenientes que son los siguientes:

- Ventajas
  - o Válido para cualquier tipo de material
  - o Alta productividad, electrodo continuo
  - o Válido en cualquier posición
  - o No existe escoria

- Inconvenientes

- o Equipos caros, complejos y de difícil transporte
- o Sensibles a las corrientes de aire
- o Mala utilización en espacios restringidos

Vemos que los inconvenientes que tiene este tipo de soldadura no influyen, ya que en este caso los equipos se amortizan largo plazo, no les voy a mover de mi taller, y en el taller se suelda sin corrientes de aire y se dispone de espacios dedicados a la soldadura.

En relación a los dos tipos de modelos de plataformas no hay gran diferencia de soldaduras, quizás el detalle más importante sea que en la plataforma atornillada las soldaduras van a ser más fáciles de realizar ya que en la plataforma en la que van soldados los pilares es bastante más complicado preparar los pilares adecuadamente para soldar, lleva más tiempo poner los pilares y soldar que soldar simplemente los ángulos y las placas a los pilares que aunque son más operaciones son más rápidas de preparar.

#### **2.2.10 ELEMENTOS DE ENSAMBLAJE**

Los elementos de ensamblaje son las piezas destinadas a mantener los módulos de la plataforma unida. La idea es que cuando se manden los módulos montados o los módulos atornillados una vez que estén colocados, poner unas piezas de unión para unir unos módulos a otros de forma que podamos unir unos módulos con otros y parecer una plataforma única.

Para la plataforma soldada vamos a unir los módulos entre sí taladrando las vigas y con un bulón roscado por los extremos unirles. En las vigas se decide hacer agujeros rasgados para introducir en ellos los bulones por si existiera algún defecto de fabricación y poderles montar con facilidad.

Estos elementos no se reflejarán en ningún módulo, sino que irán en el plano general de montaje ya que realmente no pertenecen a ningún módulo. A continuación se exponen unas imágenes donde se puede observar el agujero rasgado y el módulo ensamblado mediante bulones.

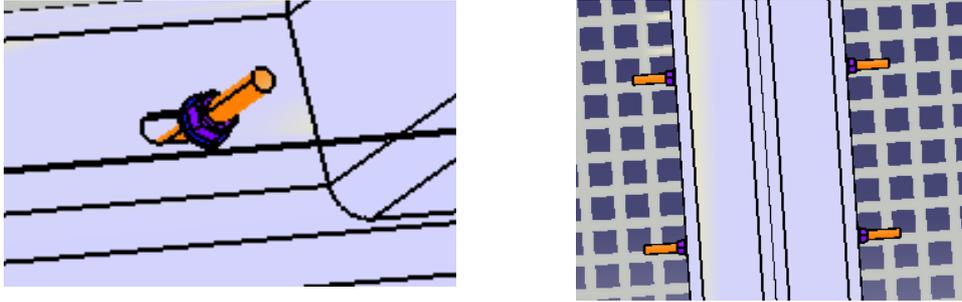


Figura38. Ensamblaje mediante los bulones

Para unir el módulo 1 con las escaleras, se ha decidido soldar una placa a la estructura superior del módulo 1, y situar otra placa en las escaleras que en un caso ira soldada (caso soldada) y en el caso de la plataforma atornillada ira atornillada. A continuación vamos a ver como se unen el módulo y las escaleras.

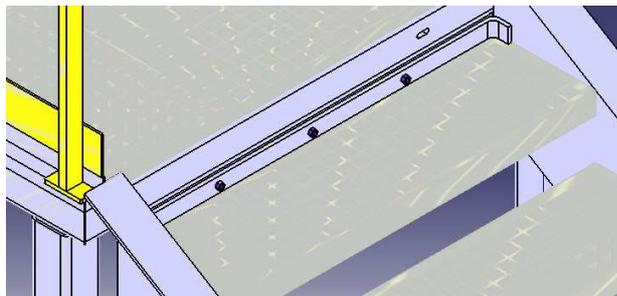


Figura39. Elemento ensamblaje módulo 1 y escalera.

En la plataforma atornillada los módulos se unirán mediante las placas que llevan las estructuras superiores de las estructuras de los módulos y las placas superiores de los pilares dobles (HEB 160), estas placas se atornillarán dejando perfectamente unidos todos los módulos. A continuación se ve el ejemplo de la unión entre módulos de la plataforma atornillada.

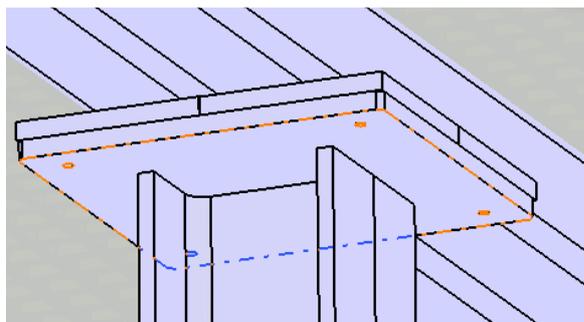


Figura40. Ensamblaje de la plataforma atornillada sin tener que disponer de bulones.

## 2.3. DISEÑO DE LAS PLATAFORMAS

En este apartado se van presentar los dos diseños elaborados con el programa CATIA V5. Primero destacar que la plataforma está dividida en módulos, de forma que se presenta de forma clara a los usuarios y sin una subdivisión excesiva. Dividir estructuras tan grandes en módulos es muy interesante y presenta diversas ventajas:

- Puedo reutilizar mis conocimientos en el diseño
- Las puedo adaptar después de la fabricación
- Se pueden estandarizar
- Puedo utilizar ciertos módulos en otros diseños
- Se pueden adaptar en otros proyectos
- Y me da una idea sencilla de como transportaré la plataforma

El diseño en los dos casos será similar, lo que cambiará de una plataforma a otra serán los pilares, que en una irán soldadas, como van montadas normalmente y en otra atornilladas y en ocasiones juntando dos pilares en uno. Y también las barandillas que en una irán soldadas a la estructura (bastidor) y en la otra atornillada.

### 2.3.1. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO

En primer lugar identificaríamos la orden de fabricación para que sirva de guía para todo el proceso, la identificación será la correspondiente al cliente, que le denominaremos 111, y la identificación del producto 1100, por tanto la orden de fabricación de esta plataforma sería 111-1100.

La identificación dada la utilizaremos en CATIA para codificar planos y piezas que sirvan para diferenciar claramente los distintos planos y piezas de los que estará compuesta cada plataforma. Pudiera ser el caso que la codificación nos la imponga la empresa cliente como Airbus, Boeing..., que exigen una forma determinada forma de codificar los planos y las piezas para sus proyectos. En nuestro trabajo de fin de grado la codificación propuesta es:

**11111.XX.YYY**

11111 → Conjunto padre, que se identificaría con el número de oferta, cliente..., es decir, asociado a un trabajo.

XX → conjunto o subconjunto. Un conjunto o subconjunto lo forman dos o más piezas soldadas.

YYY → el número de pieza, si fuesen 000 estaríamos ante otro plano padre de otro subconjunto.

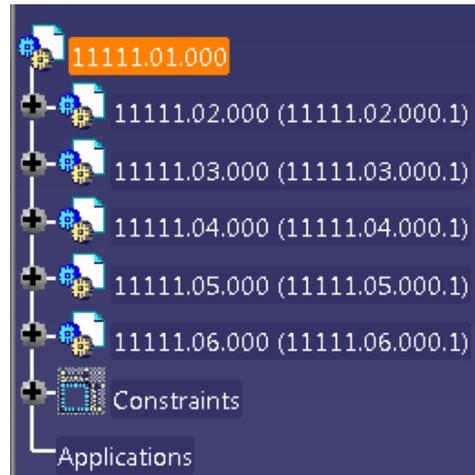


Figura 41. Codificación del TFG en CATIA V5

Esta codificación se usará para todo el proyecto, ya que me será útil para nombrar las piezas y planos correspondientes a conjuntos.

- Esqueleto

Para empezar a diseñar, hay que tener en cuenta unas referencias que son las dimensiones, si somos aplicados con el programa a partir de unos esqueletos de puntos, líneas y planos podemos desarrollar todos los diseños.

A continuación se exponen el esqueleto del módulo 1 y de la escalera:

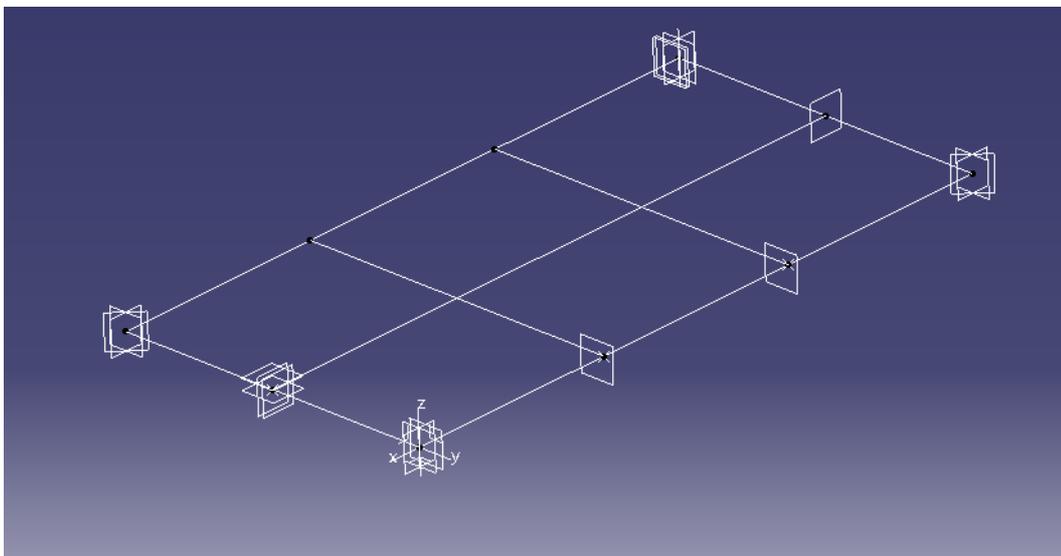


Figura 42. Esqueleto del módulo 1.

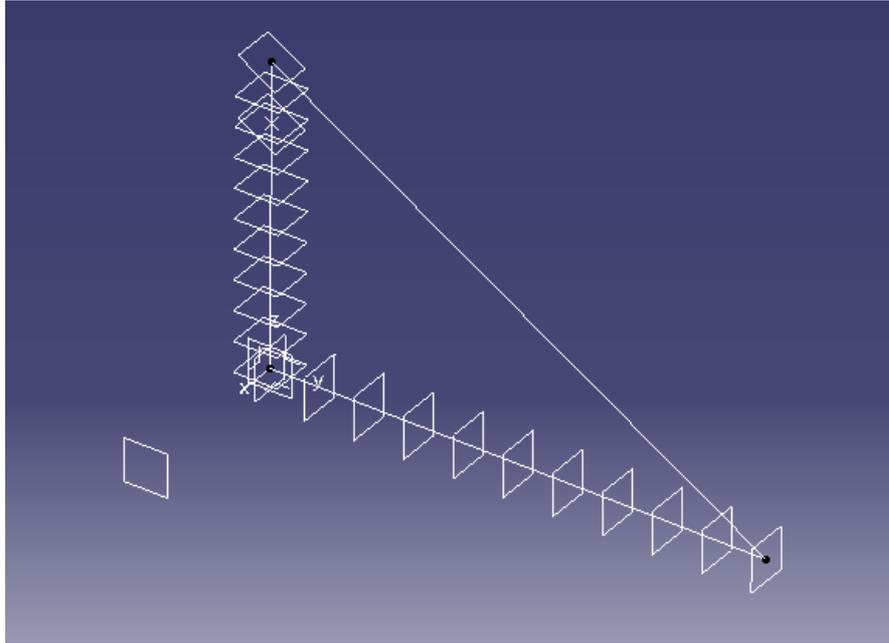


Figura 43. Esqueleto de la escalera.

Es muy importante la labor de hacer primero un esqueleto ya que si nos confundimos a la hora de diseñar es fácil hacer las modificaciones sobre él ya que nos ahorramos una gran cantidad tiempo.

Y por supuesto cuando hacemos módulos similares el programa nos permite la opción de realizar un conjunto de piezas igual que uno anterior, con lo que si referimos bien todas las partes del esqueleto a nuestras vigas, placas, barandillas... podemos modificar las distancias entre los puntos, líneas y planos, y rápidamente cambiar todas los cortes y encastrés que teníamos dados a las vigas.

Vamos a presentar los módulos que de los que consta la plataforma, van a ser los módulos iguales para la plataforma soldada (módulos completamente soldados y preparados) que los de la plataforma atornillada. Les nombraremos como 4 módulos y los las escaleras.

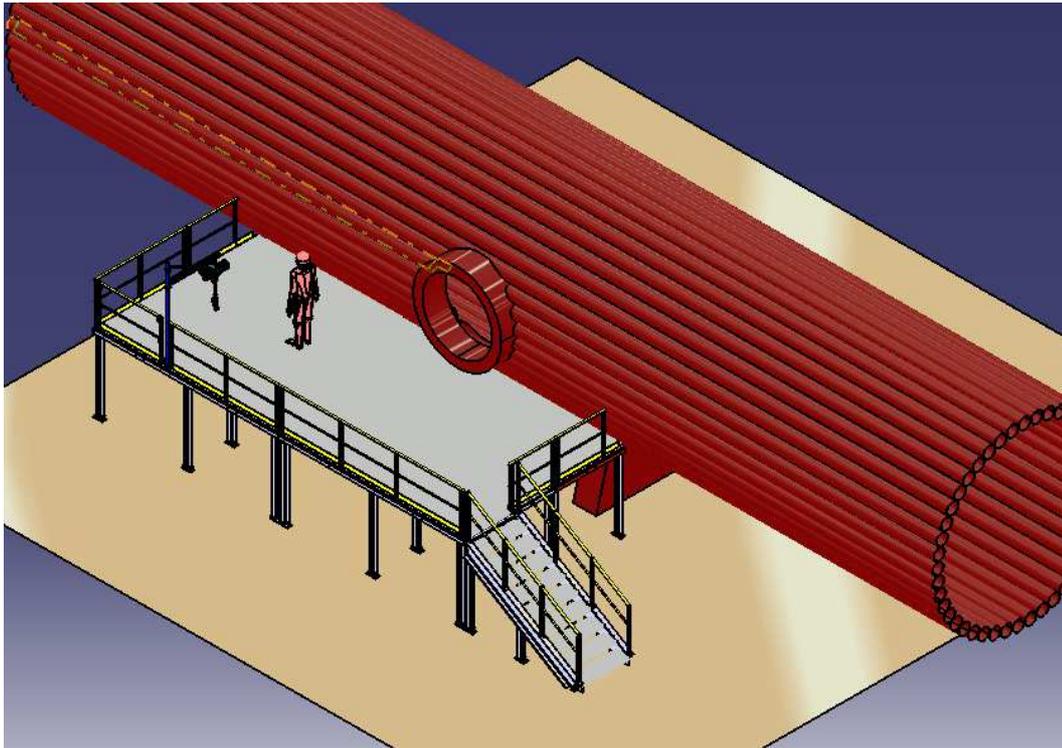
Módulos que componen la plataforma:

- 11111.02.000 → Rampa de acceso
- 11111.03.000 → Módulo 1
- 11111.04.000 → Módulo 2 (polipasto)
- 11111.05.000 → Módulo 3 (igual que el 1, pero más pequeño)
- 11111.06.000 → Módulo 4 (simétrico del 3)

### 2.3.2. DISEÑO DE LA PLATAFORMA SOLDADA

El diseño de una plataforma soldada, con todos los módulos montados y soldados, presenta menos problemas a la hora del diseño, ya que no tenemos que tener en cuenta todas las uniones atornilladas.

Con todos los elementos constructivos que hemos visto anteriormente se ha optado por hacer el siguiente diseño:



*Figura 44. Plataforma soldada.*

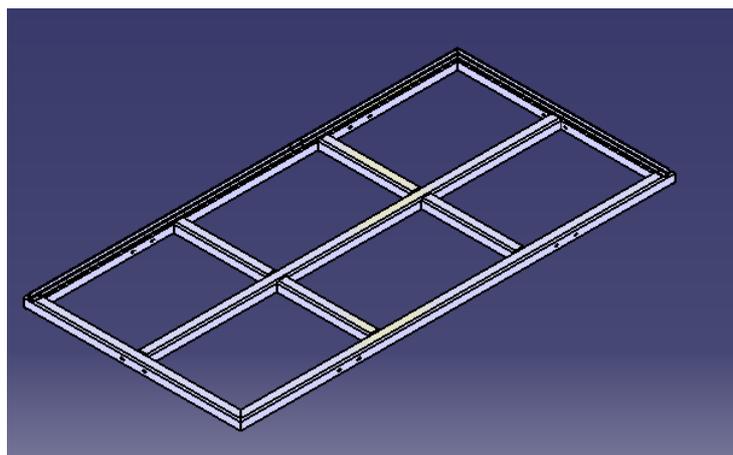
En la figura anterior se puede ver una simulación del conducto refrigerado, y al lado la plataforma diseñada a una cierta distancia del conducto donde se puede ver un trabajador sobre ella, y hacernos una idea de lo que hemos diseñado.

Para las escaleras soldaremos las barandillas a los perfiles en UPN, después soldaremos los pilares a cada perfil correspondiente y por último soldaremos los peldaños de rejilla electrosoldada dejando los dos laterales perfectamente soldados.

Ha sido diseñada para tener todo el modulo soldado, es decir, a la estructura superior, soldar las patas y las barandillas. Una vez tenemos los módulos montados completamente se han diseñado los elementos de ensamblaje vistos en el apartado anterior para unir los módulos.

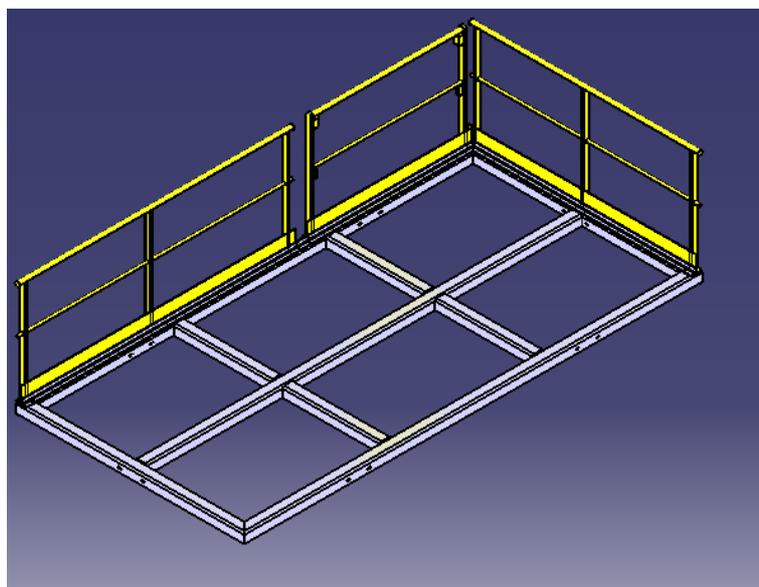
Explicaremos los pasos para montar todos los módulos, para ello pondremos el ejemplo de cómo se montaría el módulo 2 que es el módulo que más elementos tiene ya que tiene el polipasto. Pasos para montar el módulo 2:

1. Se partirá de una estructura horizontal con los ángulos para colocar el suelo, para poder a partir de ahí ir soldando las demás hasta llegar a tener el módulo completamente montado.



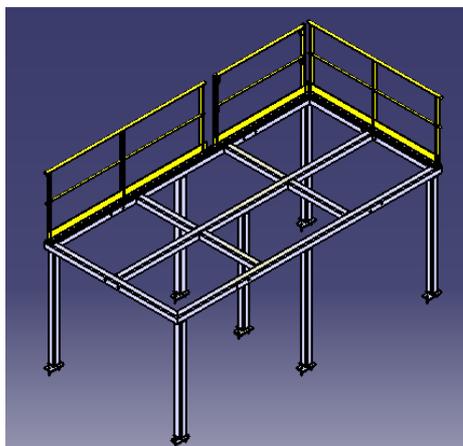
*Figura 45. Paso 1 de cada módulo de la plataforma soldada.*

2. A la anterior estructura soldaremos las barandillas para no tener que soldar en altura y realizar esta operación con mayor facilidad.



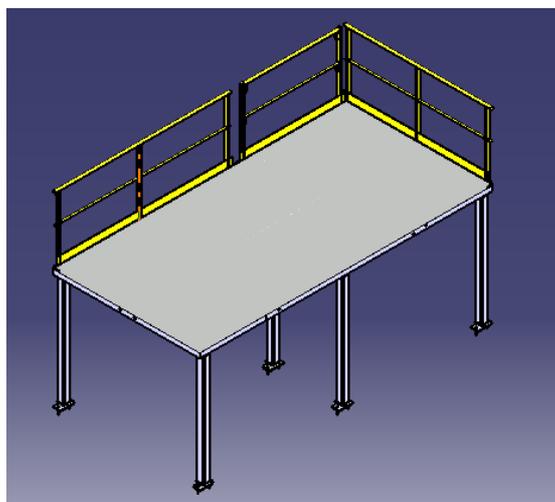
*Figura 46. Paso 2 de cada módulo de la plataforma soldada.*

3. A continuación levantaremos la estructura para soldar los pilares, y dejar los pilares fijados.



*Figura 47. Paso 3 de cada módulo de la plataforma soldada.*

4. Y por último colocaremos el suelo, es decir, la rejilla electrosoldada de la plataforma obteniendo así cada módulo que forma la plataforma final



*Figura 48. Paso 4 de cada módulo de la plataforma soldada.*

Nota: en el caso que tengamos que instalar el polipasto, este se instalara en el lugar de destino de la plataforma ya que va atornillado al bastidor del segundo módulo para los dos casos.

En ensamblaje de la estructura final mediante los bulones con rosca diseñados, como los tornillos que unen el módulo uno con las escaleras se realizará en el lugar de destino. Con esto conseguimos que todos los módulos y las escaleras se ensamblen para conseguir una estructura única.

### 2.3.3. DISEÑO DE LA PLATAFORMA ATORNILLADA

Para el diseño de esta plataforma se ha decidido:

- La parte superior de la estructura de cada módulo se ha decidido no cambiar, que vaya soldada ya que las uniones soldadas presentan una mayor resistencia y no me requiere una gran complicación enviar soldado esa parte de la plataforma. A esa parte de la estructura se la han añadido ángulos y placas para poder atornillar a la estructura superior los pilares.
- No cambiar el lugar de los pilares respecto a la plataforma soldada.
- Hemos optado por cambiar la posición de algunos soportes de las barandillas porque en ocasiones coincidían con la posición de algún pilar y no se podía atornillar.
- Se ha optado sustituir los pilares que estaban muy cercanos. Pudiéndose unir los pilares cercanos con los ángulos y placas soldados anteriormente a la parte superior de la estructura. Con esta decisión se sustituyen dos pilares o cuatro pilares por uno para poder unirlos con facilidad en el montaje en obra.
- En este caso no harían falta los elementos de ensamblaje ya que se unirían los módulos con las placas de los pilares sustituidos que unen los módulos entre sí.

A continuación se presenta la plataforma atornillada con esas decisiones, a simple vista en la siguiente figura solo podremos ver que hay menos pilares.

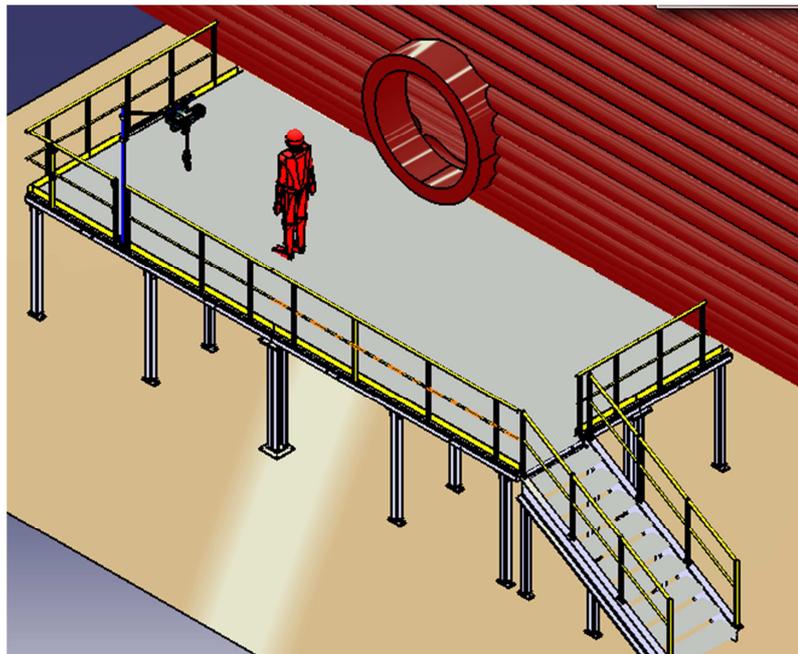
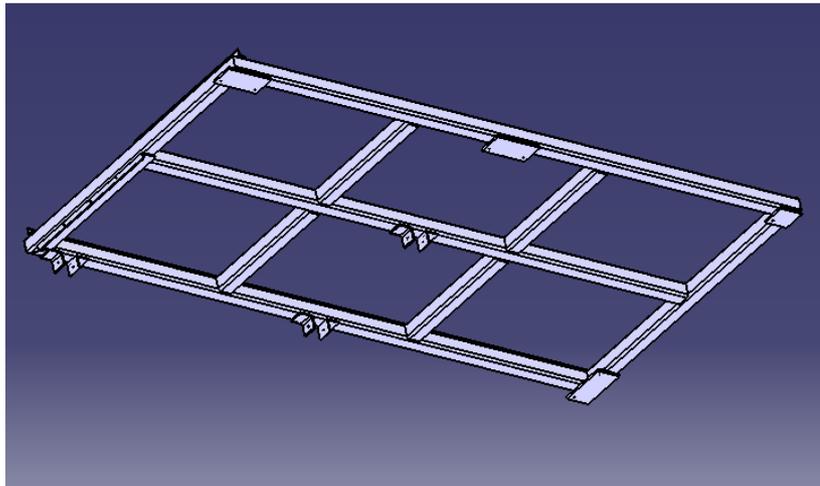


Figura 49. Plataforma atornillada.

En esta ocasión al perfil UPN de las escaleras le soldaremos los pilares y se enviará al cliente así. Está diseñado para que cuando llegue al destino al perfil junto a los pilares se le atornille la barandilla y por último se le atornille los peldaños uniendo los dos lados de la escalera entre sí.

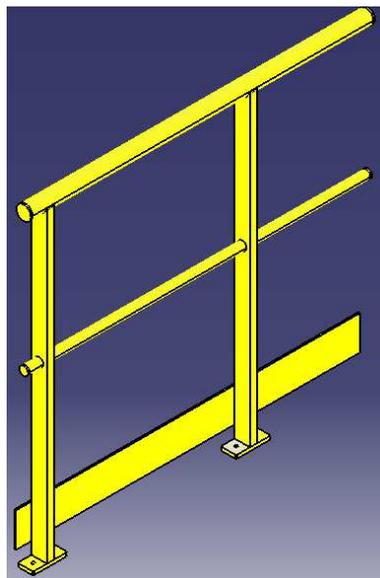
Si nos adentramos en el diseño vamos a ver las partes que van atornilladas, es decir las partes que vamos a mandar al cliente para que monte allí.

1. Estructura superior, a continuación veremos las placas y ángulos que hemos soldado a dichas partes para su posterior montaje.



*Figura 50. Estructura superior de los módulos de la plataforma atornillada.*

2. Las barandillas, en las bases las hemos taladrado haciendo agujeros también a la estructura superior para anclarlas a los perfiles.



*Figura 51. Tipo de barandillas de los módulos de la plataforma atornillada.*

3. Pilares, vemos ahora como los pilares usados anteriormente tienen unos agujeros para unir a los ángulos y a los nuevos pilares HEB 160 se les ha soldado una placa para atornillar a las estructura superior.

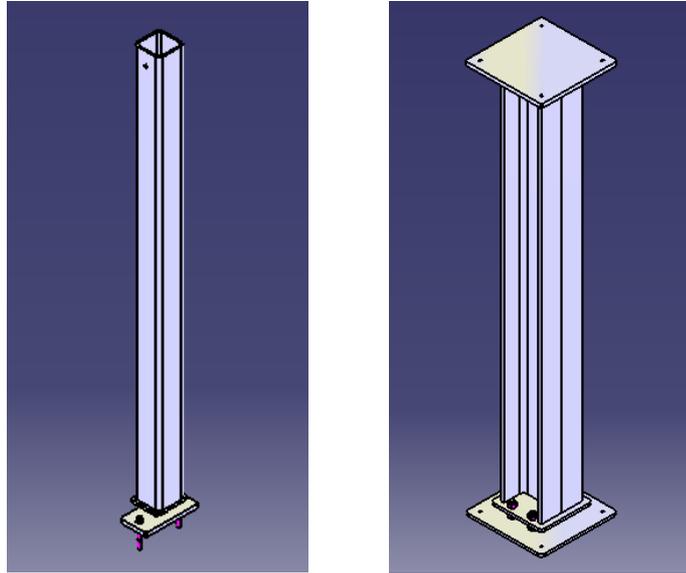


Figura 52. Los dos tipos de pilares de los módulos de la plataforma atornillada.

4. El suelo, sigue siendo igual de rejilla electrosoldada que se seguiría montando lo último. A continuación vamos a dar una vista inferior de todos los módulos para ver el conjunto de los cuatro módulos, en la que se puede observar el posicionamiento, tipo y cantidad de pilares.

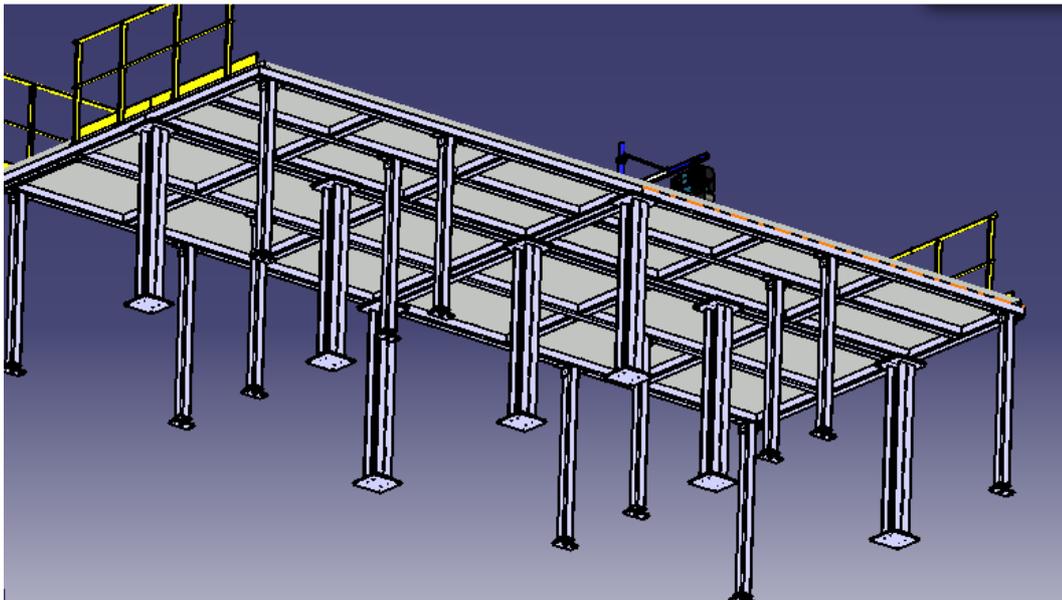


Figura 53. Vista de los cuatro módulos de la plataforma atornillada.

## **2.4 ANÁLISIS DE LAS ESTRUCTURAS DE LA PLATAFORMA**

Para el análisis de la estructura hemos usado el software de análisis estructural por elementos finitos **RFEM** permite el modelado rápido e intuitivo, así como también el cálculo y dimensionamiento de estructuras 2D y 3D compuestas de elementos de barras, placas, muros, láminas y sólidos. El programa principal RFEM se utiliza para definir estructuras, materiales y cargas para tanto sistemas de estructuras planas como espaciales compuestas de placas, muros, láminas y barras. La creación de estructuras combinadas así como el modelado de sólidos y elementos de contacto también es posible.

Con el programa **CATIA V5** hemos realizado el cálculo de la resistencia de las barandillas para cumplir la NTP 123. Y con el programa **MdrFx** desarrollado por la Escuela de Ingenieros Industriales de Valladolid se ha comprobado la sustitución de pilares.

En este apartado veremos cómo se ha calculado el módulo más desfavorable, comprobación de carga de las barandillas y la decisión tomada al poner en el caso de la plataforma atornillada un pilar donde existen dos o más juntos.

### **2.4.1 CALCULO DE LA ESTRUCTURA**

En este apartado nos dispondremos a calcular los desplazamientos y los esfuerzos que soportara la estructura del módulo más desfavorable. Si nos hemos fijado bien en los apartados anteriores el módulos más desfavorable es el módulo 2 (11111.04.000), que es el módulo en el que está incorporado el polipasto.

Voy a dotar a la estructura de un coeficiente de seguridad de 1,5 para asegurarnos y asegurar al cliente que la estructura aguantará ante una posible sobrecarga.

Una vez tenemos completamente definida la estructura, debemos poner las cargas a las que estará sometido el módulo (con un coeficiente de seguridad de 1.5) que son las siguientes:

- Peso propio
- Temperatura
- Carga distribuida 1 (normal)
- Carga distribuida 2 (lateral)
- Fuerza puntual del polipasto

Con el programa podemos situar las cargas sobre la estructura como se observa en la siguiente figura:

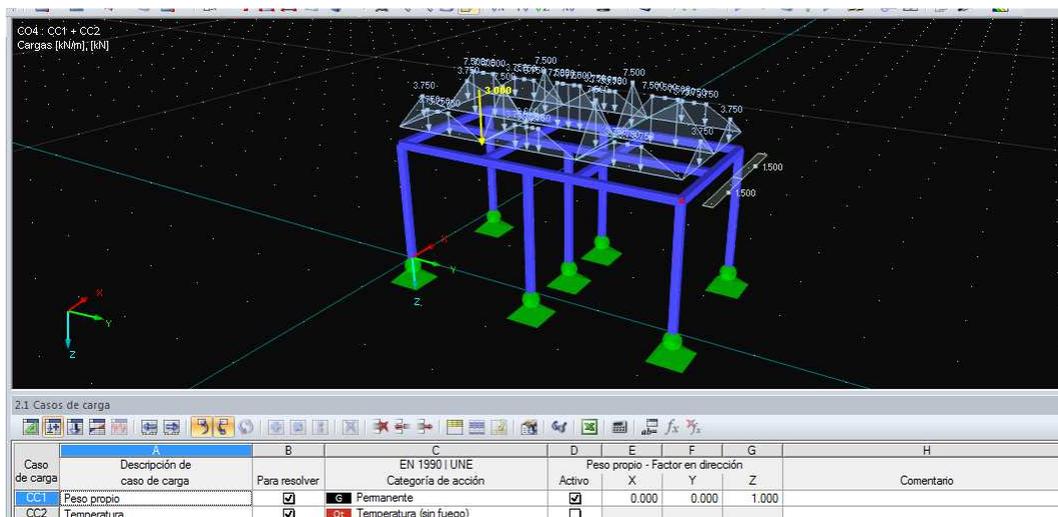


Figura 54. Estructura y cargas del módulo 2 (11111.04.000)

Esta figura y las siguientes no son muy nítidas, pero en el anexo número 3, donde se desarrolla el cálculo de la estructura, las representaciones gráficas están mayor escala y se observan mejor las cargas y las características del cálculo.

Lo que nos interesa a la hora de analizar la estructura son los desplazamientos y la tensión máxima que soportan los perfiles de la estructura.

Creo que es muy interesante ver a continuación los desplazamientos globales y locales que sufre la estructura. Veremos que:

- el desplazamiento global máximo es de 2,1 mm
- Desplazamiento local máximo en el eje x es 0,3mm
- Desplazamiento local máximo en el eje y es 1,6 mm
- Desplazamiento local máximo en el eje z es 1,4 mm

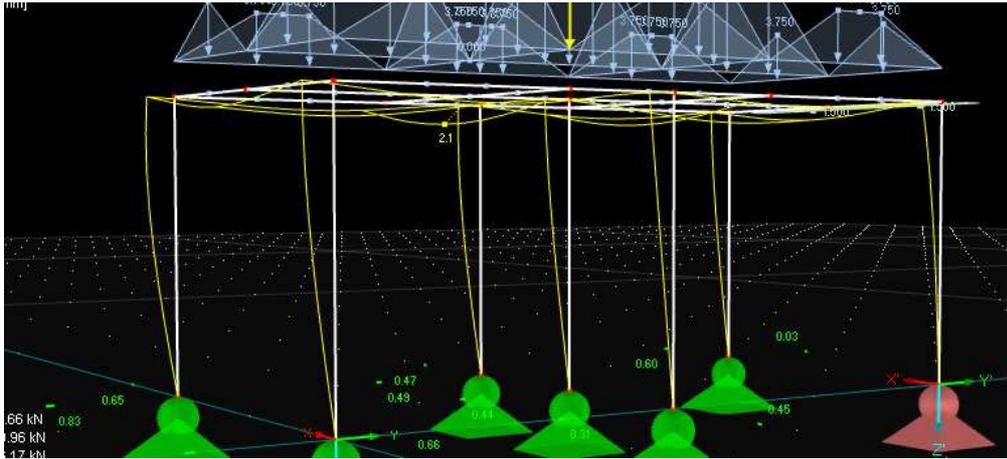


Figura 55. Desplazamiento global

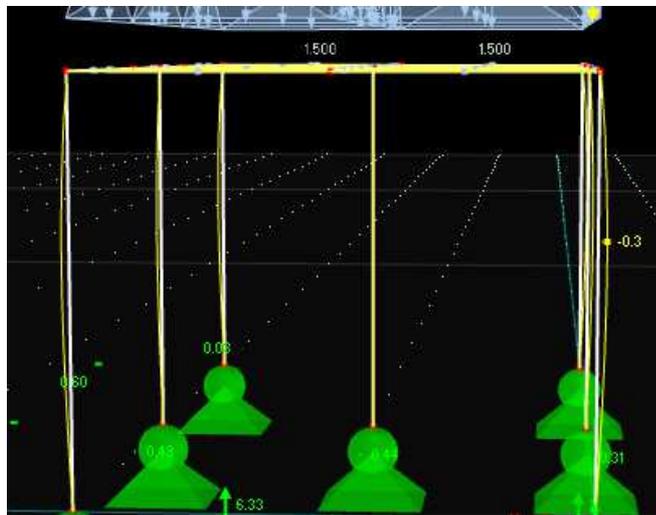


Figura 56. Desplazamiento local en el eje x.

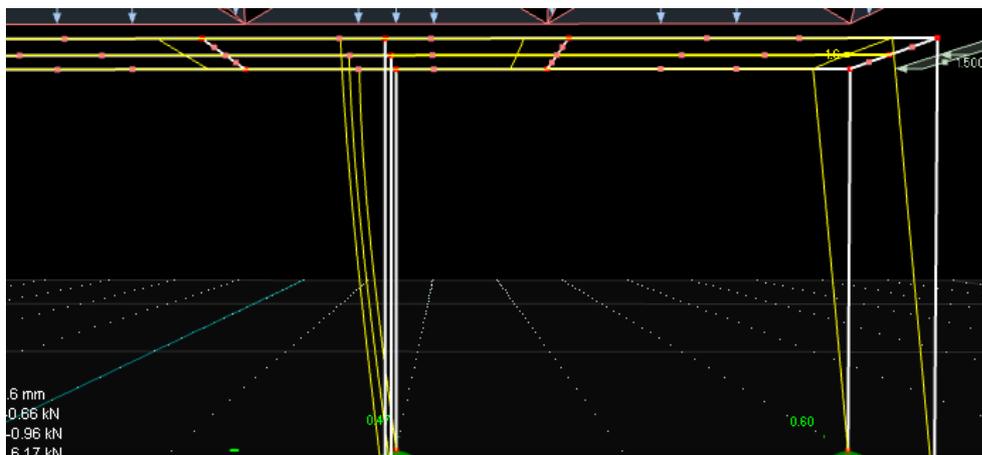


Figura 57. Desplazamiento local en el eje y.

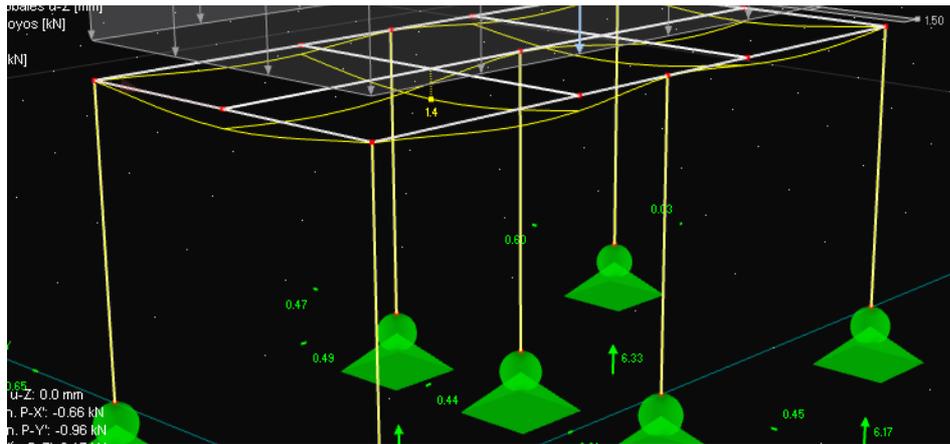


Figura 58. Desplazamiento local en el eje z.

Vistas las deformaciones que sufre la estructura, y vista que son unas deformaciones admisibles, ahora vamos a analizar las tensiones que sufre mi estructura. La tensión máxima sobre la estructura debe ser menor que el límite elástico del acero, en este caso al diseñar la estructura con un acero S275 el límite elástico es 275 MPa. En la siguiente gráfica vemos gráfica que aplica el criterio de Von Mises

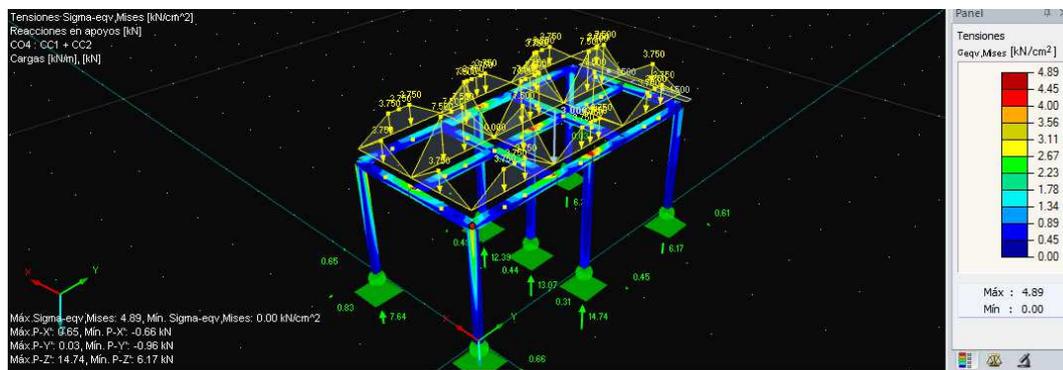


Figura 59. Estudio de Von Mises de la estructura.

Si aplico el criterio de Von Mises (consiste en comparar que las tensiones máximas no superan el límite elástico) sobre mi estructura, lo que voy a obtener es que  $\sigma_{eq} = 4,89 \frac{KN}{cm^2}$ . Esta tensión máxima nos dice que **48,9MPa < 275 MPa**. Por lo que no sobrepasó el límite elástico del acero.

Como conclusión de este apartado puedo asegurar que nuestra estructura va a soportar las cargas de trabajo a las será requerida con un coeficiente de seguridad del 1,5.

## 2.4.2 CÁLCULO DE LAS BARANDILLAS

Para ver si las barandillas cumplen con el requisito de la NTP 123 deben soportar 150 kg/m, para comprobar esto hemos simulado con el propio programa CATIA V5 que se aplica esa fuerza sobre la barra superior de la una barandilla. Se ha elegido la barandilla del primer módulo más larga ya que es una de las de mayor longitud y que mayores problemas me podría dar.

Para su análisis hemos aplicado restricciones sobre los apoyos de la barandilla y se la aplicado la fuerza de la gravedad y la fuerza que nos pide la NTP 123 150 Kg/m que son 1470 N/m.

Con este programa vamos a ver los desplazamiento que sufre la barandilla y las tensiones que soporta atendiendo al criterio de Von-Misses, en el anexo de cálculos se incluirá el informe proporcionada por el programa informático.

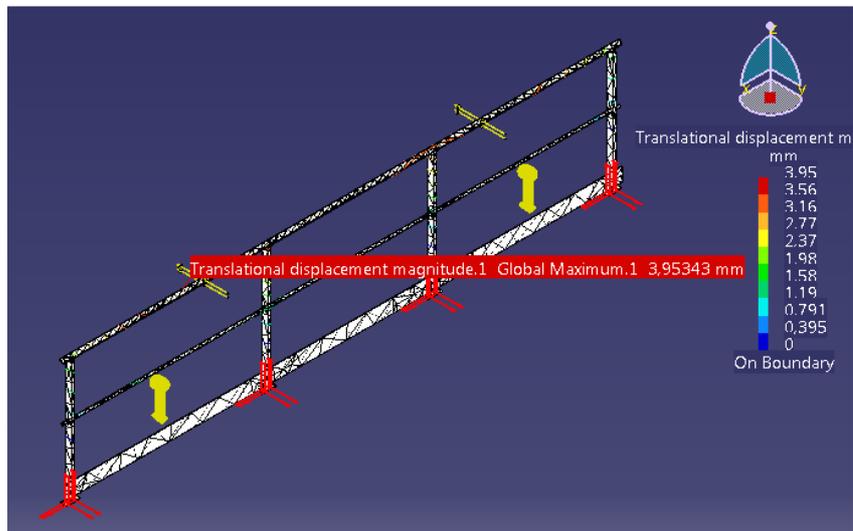


Figura 60. Deformación de la barandilla

Comprobación de que el desplazamiento máximo de la barandilla es de casi 4mm, que lo daremos por aceptable.

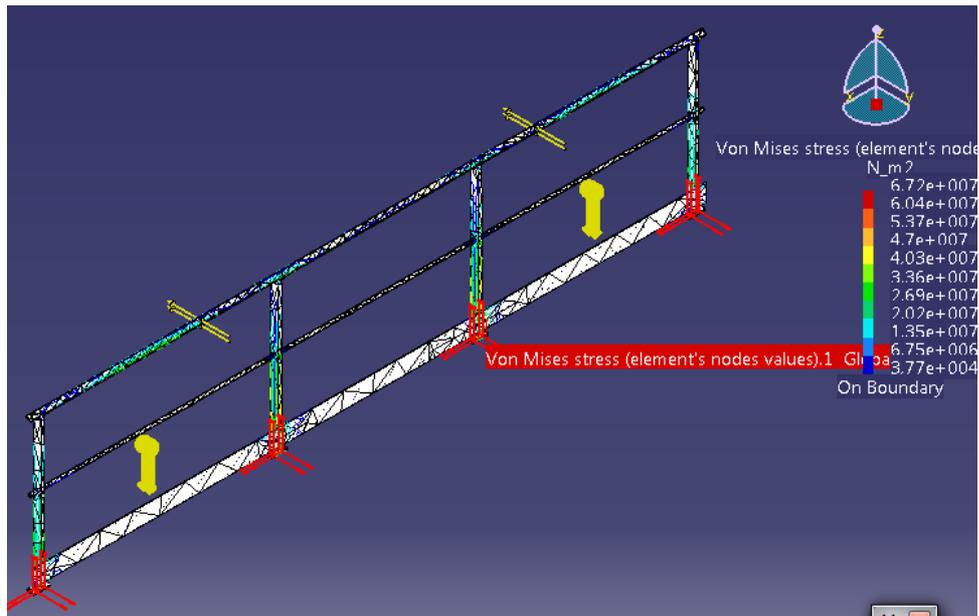


Figura 61. Tensiones de la barandilla con el criterio de Von Mises.

La tensión máxima es de 67,1 MPa, que es bastante inferior a 275 MPa de las placas de acero que usaremos.

Por lo que finalmente con este estudio concluiremos que las barandillas cumplen su función y son válidas para este diseño proporcionado por el TFG.

### 2.4.3 SUSTITUCIÓN DE PILARES

En la plataforma atornillada se ha propuesto cambiar los pilares que estaban muy juntos por un único pilar común a varios módulos para tener menos pilares juntos y disponer de menos pilares a la hora de tenerlos que atornillar.

Estudiando los esfuerzos en nuestra estructura se ve claramente que donde se concentran mayores tensiones va a ser en los pilares centrales, la línea de tres que aparece todos los módulos. Deseamos que en el cambio de un pilar por dos o cuatro se mantenga la misma resistencia debemos mantener la rigidez.

Para analizar este problema voy a usar un programa informático de desarrollado por la universidad el MdrFx, este programa de análisis de estructuras está programado a partir del método directo de rigidez, un método clásico en el análisis de estructuras. Lo que pretendo analizar en el programa es si a partir de todos los esfuerzos conocidos de mi estructura, voy a ir al caso más desfavorable y comprobar que puedo sustituir los pilares de tubo estructural por perfiles HEB.

Si nos vamos al caso más desfavorable, es de la un pilar central en un extremo que tiene los siguientes esfuerzos:

- Axil:  $N=-12390\text{N}$  (a compresión)
- Cortante:  $V=510\text{ N}$
- Momento:  $Mz=860\text{ Nm}$

Con esos datos voy al programa y les introduzco como datos en uno de los apoyos. Considero que los nudos que estoy analizando son articulados, y las secciones que analizo son una sección de tubo estructural con esos esfuerzos y dos perfiles HEB (140 y 160) sometidos esos dos perfiles al doble de esfuerzos. Y el programa me dará los desplazamientos y las deformadas y escogeré el perfil que más se parezca manteniéndonos del lado de la seguridad.

En este caso:

- Barra 1: perfil HEB 160
- Barra 2: perfil hueco 100x100x6
- Barra 3: perfil HEB 140

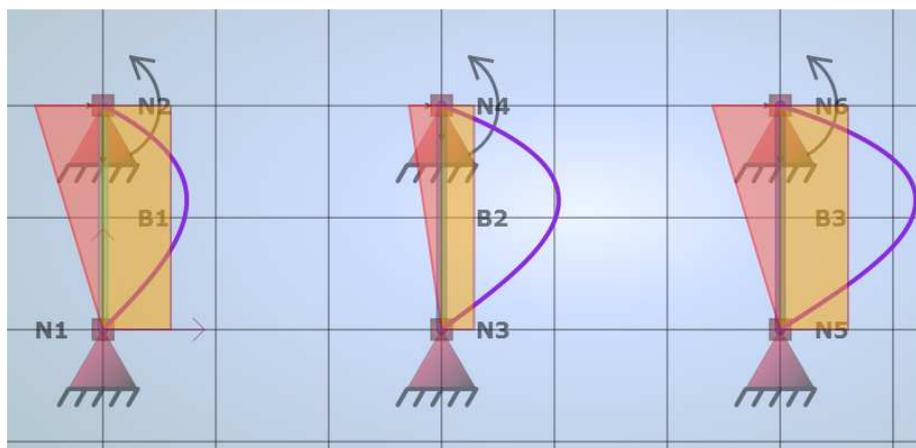


Figura 62. Se ven los diagramas de cortantes (naranja), momentos (rojo) y la deformada (en morado) de los tres tipos de pilares.

Con las deformadas ya apreciamos que el perfil HEB 140 se nos deforma más que el tubo estructural, pero en la siguiente figura se va a ver en número como nos debemos quedar con el perfil HEB 160 porque se desplaza menos que el tubo estructural, rechazando así la opción del HEB 140 que es el que más se deforma de los tres.

Desplazamientos										
Barra 1										
x:	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	
Ux:	0E00	6363E-08	1,234E-04	1,755E-04	2,16E-04	2,41E-04	2,468E-04	2,295E-04	1,851E-04	
Uy	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	
Barra 2										
x:	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	
Ux:	0E00	8891E-08	1,724E-04	2,452E-04	3,018E-04	3,368E-04	3,449E-04	3,206E-04	2,586E-04	
Uy	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	0E00	
Barra 3										
x:	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	
Ux:	0E00	1,029E-04	1,995E-04	2,836E-04	3,491E-04	3,896E-04	3,99E-04	3,709E-04	2,992E-04	

Figura 63. Se ven los desplazamientos de los tres perfiles analizados siendo la barra 1 el perfil HEB 160 el que menos se deforma.

A continuación se verá una figura con las características del perfil HEB 160.

Perfil	Dimensiones							Términos de sección							Agujeros			Peso				
	h	b	e	e <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	u	A	S <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>t</sub>	I <sub>a</sub>	w	w <sub>1</sub>	a	p	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	mm	mm	mm	kp/m	
HEB 160	160	160	8,0	13,0	15	104	918	54,3	177,0	2.492	311	6,78	889	111	4,05	33,20	47.940	85	-	23	42,6	P

Figura 64. Características perfil HEB 160.

Con este perfil logro quitar cuatro perfiles en ocasiones y dos en otras, pero hay que darse cuenta que aunque logro quitar pilares la estructura no voy a reducir el peso porque es un perfil muy pesado.



## **CAPITULO 3: MATERIALES**

Una vez realizado el modelo 3D y comprobado que las plataforma propuestas aguantan las cargas de trabajo requeridas por el cliente, nos dispondríamos a repasar los materiales de los que se componen cada una. Una vez tenemos los diseños elaborados, nos resulta muy fácil ver porque materiales está compuesta cada plataforma. En este punto nos dispondremos a realizar un listado de materiales para identificar todas las piezas que necesitaríamos para fabricar las plataformas y una vez revisados los listados de materiales podemos ver las necesidades de material de cada plataforma. Estos son los dos puntos que tiene este apartado.

Para poder desarrollar todo lo anterior vamos a ver el primer apartado de este capítulo que sería hacer un listado de materiales (BOM = bill of materials también conocido así en inglés).

### **3.1 LISTADO DE MATERIALES**

La lista de materiales (B.O.M.) es un documento donde podemos encontrar identificados cada uno de los materiales que definen nuestro producto. El listado de materiales es una buena herramienta a la hora de preparar el material y montarlo, que no se nos olvide nada y hacer un recuento rápido de las piezas que nos hacen falta para fabricar el producto.

Algunos de los beneficios del B.O.M. son:

a) Permite determinar el costo real del Producto

Se detalla cada componente del producto con las cantidades que se utilizan.

b) Asegura que se incluyen todos los componentes

El listar los componentes del producto e irlos definiendo con la misma secuencia que se utilizan al fabricar el producto nos asegura que hemos incluido cada una de las partes que necesitamos.

c) Estandariza la fabricación del producto

Una vez definido el BOM se puede utilizar como parte del Proceso Estándar de fabricación para asegurar así la calidad y consistencia del producto cada vez que se fabrica.

d) Permite crear una estrategia sólida de precios

Al utilizar el detalle de cada componente podemos determinar márgenes más precisos de ganancia para aplicar al precio de venta. Podemos evaluar los márgenes y rangos con los cuales podemos variar nuestro precio de venta al mercado.

e) Facilita reaccionar a los cambios en los costos de la materia prima

Si tenemos variación en uno de los componentes podemos determinar fácilmente en qué medida afecta nuestro precio de venta. Podemos corregir en el momento (instantáneo) el precio de venta, si determinamos (a través del BOM) que hay un impacto tangible en nuestra operación.

f) Simplifica los procesos de desarrollo del presupuesto

Si el BOM ha sido desarrollado correctamente puede servir de base para desarrollar el presupuesto, pues nos permite determinar con precisión las necesidades futuras de cada componente del producto e incluirlo en el presupuesto.

Mantener al día el BOM de cada uno de los productos es esencial para que la herramienta te sea útil. Una vez tengas el BOM lo puedes utilizar junto con el “punto de equilibrio” y crear la estrategia adecuada para maximizar el manejo de efectivo en tu empresa.

Hay métodos sencillos de mantener el B.O.M actualizado. Se suele utilizar cada vez que tengas un cambio de precio de un proveedor o quieras cambiar tus precios del mercado. Recuerda que el BOM lo puedes desarrollar tan detallado como te sea conveniente.

Para el TFG en la lista de materiales incluiré el número de pieza descrita en el plano correspondiente, el part number con el que está denominado en el programa CATIA V5, la cantidad que tiene el producto de cada pieza, la descripción de la pieza, el material del que está compuesto cada pieza y por último el peso unitario de cada pieza y el peso total de cada tipo de pieza para al final poder saber el peso del producto final.

A la lista de materiales podría añadir más campos si me hiciera falta o si me interesaría algún detalle específico de cada pieza como sería por ejemplo el precio de cada pieza, algún comentario relativo a cada pieza, la localización, un código de la empresa que distinguiera a cada pieza, la longitud, proveedores de las piezas...

A efectos de este apartado al comparar un diseño con el otro sólo se diferenciarían en que la plataforma que llevan los soportes atornillados y por lo tanto tendría un algo más de peso su listado de materiales ya que llevaría más tornillos y más placas de acero para poder unir los soportes con la parte superior, es decir, entre la base de perfiles donde se sustentan los tableros y los soportes.

El listado de materiales propuesto para este TFG se expone en las figuras de la 65 a la 68 que veremos más adelante. Este listado da una información completa de los componentes que forman nuestra plataforma. Cada subconjunto lleva asociado un listado de materiales. A continuación se va a detallar los campos que componen el listado de materiales.

En la parte de arriba tenemos los siguientes campos:

- Nº PLANO: es el plano al que se refiere el BOM.
- DESCRIPCIÓN: nos da una breve información del plano al que se refiere.
- DISEÑADO POR: aseguramos la trazabilidad y si nos surge alguna duda nos da la información a quien debemos acudir.
- CLIENTE: sirve para identificar el cliente.
- OF: es la orden de fabricación.
- CANTIDAD A FABRICAR: es muy importante porque nos indica la cantidad que debemos fabricar de ese plano.

Y posteriormente tenemos la tabla en la que se detallan todos los materiales y conjuntos que componen el plano del encabezamiento, que son los siguientes:

- ITEM: número de identificación de la pieza en el plano
- PART NUMBER: es el número que asocia el programa CATIA V5 para buscar si hiciera falta la pieza.
- QTY: es la cantidad de cada pieza
- DESCRIPCIÓN: nos da una breve idea de la pieza
- MATERIAL: se detalla en este campo la composición de la pieza
- PESO UD: peso unitario de cada pieza
- PESO TOTAL: el peso total de la cantidad de una pieza

- **COMENTARIOS:** se rellena cuando queremos especificar alguna característica del componente o del trabajo que hay que hacer, en este TFG suelo poner si voy a cortarlo con plasma o si introduzco una cantidad en demasía. En otros casos también detallaría si requiere algún mecanizado especial, o se manda mecanizar fuera.

En el anexo nº 3 de listados de materiales adjuntare todos los listados de materiales que me hace falta para la fabricación de la plataforma.

A continuación, se presentan los listados de materiales de una plataforma soldada y la atornillada, donde ya se puede ver alguna diferencia entre ellas, en el listado del plano general sólo se vería reflejado en algunas piezas más y en el peso, pero en los individuales veríamos ampliado el listado de materiales con las placas que llevarían los soportes a mayores y los tornillos que llevaría.

- LISTADO DE MATERIALES PLATAFORMA SOLDADA

Este sería el listado padre donde vemos que aparece todo lo necesario para montar la plataforma.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
Nº PLANO		11111.01.000			DESCRIPCIÓN:		EMSAMBAJE FINAL PLATAFORMA TFG	
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS			CLIENTE:		UVA	
OF 111-1100					CANTIDAD A FABRICAR:		1	
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	11111.02.000	1	ESCALERA ACCESO		495,25	495,25		
2	11111.03.000	1	MÓDULO 1 PLATAFORMA		827,516	827,516		
3	11111.04.000	1	MÓDULO 2 PLATAFORMA		890,35	890,35		
4	11111.05.000	1	MÓDULO 3 PLATAFORMA		706,14	706,14		
5	11111.06.000	1	MÓDULO 4 PLATAFORMA		706,14	706,14		
6	11111.01.001	12	BULONES MECANIZADOS		0,62	7,44		MECANIZAR
501	501	75	ANCLAJE HST-R M10x110/30		0,051	3,825	110	EXCESO +3
502	502	4	TORNILLO DIN-934 M10 CINCADO	S275JR	0,035	0,14	50	EXCESO +1
503	503	30	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,012	0,36		EXCESO +3
503	507	26	ARANDELA DIN-125 M10 CINCADO	S275JR	0,012	0,312		EXCESO +2
					PESO	3625,396		
					PESO COMERCIALES	4,637		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>3630,033</b>	<b>KG</b>	

Figura 65. Listado de materiales de la plataforma soldada.

A continuación se mostrará el listado de materiales de un módulo para comparar materiales y pesos de la plataforma que lleva montados los módulos con la que tiene los módulos desmontados para montar en obra.

LISTA DE MATERIALES (BOM)									
Nº PLANO		11111.04.000			DESCRIPCIÓN:		MODULO 2 PLATAFORMA		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS			CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100				CANTIDAD A FABRICAR:					1
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS	
1	11111.04.001	8	REJILLA ELECTROSOLDADA GAVA.	S235JR	24,55	196,4		8m2	
3	11111.04.002	8	PLACA 200 X 100 X 10	S275JR	0,778	6,224		PLASMA	
4	11111.07.000	1	ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 2		336,82	336,82			
5	11111.14.000	1	BARANDILLA TIPO 3		37,804	37,804			
6	11111.16.000	1	BARANDILLA TIPO 4		34,69	34,69			
7	11111.29.000	1	BARANDILLA TIPO 5		33,66	33,66		DESMONTABLE	
6	11111.10.000	8	SOPORTE PLATAFORMA		27,66	221,28			
9	11111.40.000	1	POLIPASTO		23,67	23,67			
504	504	9	TORNILLO DIN-934 M24 CINCADO	S275JR	0,032	0,288	60	EXCESO +1	
505	505	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24 (c)	S275JR	0,011	0,099		EXCESO +1	
						890,548			
						PESO COMERCIALES	0,387		
						<b>PESO TOTAL</b>	<b>890,935</b>	<b>KG</b>	

Figura 66. Listado de materiales del módulo 2 de la plataforma soldada.

- LISTADO DE MATERIALES PLATAFORMA ATORNILLADA

Primero se mostrará como anteriormente el plano padre y el listado de materiales correspondiente al mismo módulo, el listado de materiales del plano 22222.04.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)									
Nº PLANO		22222.01.000			DESCRIPCIÓN:		EMSAMBAJE FINAL PLATAFORMA TFG		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS			CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100				CANTIDAD A FABRICAR:					1
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS	
1	22222.02.000	1	RAMPA DE ACCESO		495,37	495,37			
2	22222.03.000	1	MÓDULO 1 PLATAFORMA		1040,57	1040,57			
3	22222.04.000	1	MÓDULO 2 PLATAFORMA		946,17	946,17			
4	22222.05.000	1	MÓDULO 3 PLATAFORMA		749	749			
5	22222.06.000	1	MÓDULO 4 PLATAFORMA		670,25	670,25			
601	601	85	ANCLAJE HST-R M10x110/30		0,051	4,335	110	EXCESO +2	
602	602	4	TORNILLO DIN-934 M10 CINCADO	S275JR	0,035	0,14	50	EXCESO +1	
603	603	30	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,012	0,36		EXCESO +3	
						PESO	3901,36		
						PESO COMERCIALES	4,835		
						<b>PESO TOTAL</b>	<b>3906,195</b>	<b>KG</b>	

Figura 67. Listado de materiales de la plataforma atornillada.

Y el listado correspondiente al plano 22222.04.000, en este caso tengo el problema de que los pilares del perfil HEB 160 pertenecen a dos módulos, por consiguiente he incluido 2 a cada una para compararlos.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
Nº PLANO	22222.04.000			DESCRIPCIÓN:	MODULO 2 PLATAFORMA			
DISEÑADO POR:	JAVIER CASTELLANOS			CLIENTE:	UVA			
OF 111-1100				CANTIDAD A FABRICAR: 1				
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.04.001	8	REJILLA ELECTROSOLDADA GAVA.		24,55	196,4		8m2
2	22222.04.002	3	PLACA 200 X 100 X 10	S275JR	1,532	4,596		PLASMA
3	22222.04.003	2	PLACA 300 X 300 X 10	S275JR	6,912	13,824		PLASMA
4	22222.07.000	1	ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 2		358,4	358,4		
5	22222.14.000	1	BARANDILLA TIPO 3		37,804	37,804		
6	22222.16.000	1	BARANDILLA TIPO 4		34,69	34,69		
7	22222.29.000	1	BARANDILLA TIPO 5		33,66	33,66		DESMONTABLE
6	22222.10.000	3	SOPORTE PLATAFORMA		27,66	82,98		
9	22222.40.000	1	POLIPASTO		23,67	23,67		
10	222222.60.000	2	PILAR DOBLE		78,735	157,47		
604	604	4	TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	S275JR	0,039	0,156	100	EXCESO +1
605	605	27	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24 (C)	S275JR	0,021	0,567		EXCESO +3
606	606	17	TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	S275JR	0,018	0,306	140	EXCESO +1
607	607	9	TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	S275JR	0,16	1,44	50	EXCESO +1
608	608	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,011	0,099		EXCESO +1
609	609	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12 (C)	S275JR	0,012	0,108		EXCESO +1
						943,494		
PESO COMERCIALES						2,676		
<b>PESO TOTAL</b>						<b>946,17</b>	<b>KG</b>	

Figura 68. Listado de materiales del módulo 2 de la plataforma atornillada.

Se puede observar a simple vista que la plataforma atornillada pesa 300 kg más que la soldada, obviamente todos sus módulos serán más pesados. Un motivo entre otros es que se usan más materiales que en la plataforma soldada al tener menos piezas soldadas necesito colocar elementos de unión.

Una vez tengo elaborados todos los listados de materiales, voy a agrupar todos los materiales que necesito en grupos para desarrollar el siguiente apartado.

### 3.2 NECESIDADES DE MATERIAL

A partir de los listados de materiales de una plataforma y otra puedo hacer un recuento rápido de las compras que la empresa debería hacer. En este apartado podría tener una idea clara de lo que costaría fabricar una plataforma u otra ya que podría comparar las dos plataformas, a continuación elabore un listado de necesidades de material de las dos.

La estimación de costes se hará al final con todos los costes de horas de ingeniería, de material, horas de taller y transporte

En las siguientes tablas de la figura 69 y figura 70 relacionamos las necesidades de material de cada plataforma.

- **NECESIDADES DE MATERIAL DE LA PLATAFORMA SOLDADA**

NECESIDADES DE MATERIAL					
PLATORMA TFG PARA LA UVA Nº PLANO: 11111.01.000			OF 111-1100		
DESCRIPCION	MATERIAL	QTY.	PESO TOTAL(kg)	PROVEEDOR	COMENTARIOS
TUBO 42,5 X 2	S275JR	24m	45,52	EDUARDO CORTINA	LARGOS COMERCIALES 12m (+8%)
TUBO 25,4 X 1,5	S275JR	24m	26,74	EDUARDO CORTINA	LARGOS COMERCIALES 12m (+8)
PERFIL 100 X 100 X 6	S275JR	156m	2851	HIERROS SANTANDER	LARGOS COMERCIALES DE 12m (+10%)
ANGULO 45 X 4	S275JR	14m	134,4	HIERROS SANTANDER	LARGOS COMERCIALES DE 6m (+12,5%)
LLANTA 100 X 5	S275JR	14m	54,51	HIERROS SANTANDER	(+3,5%)
ANCLAJE HST-R M10x110/30		75	4,34	HILTI	EXCESO 2,5%
POLIPASTO 250 BT-EH 250 EINHELL		1	9,9	BRICALIA	
BRAZO PARA POLIPASTO EINHELL		1	8,6	BRICALIA	
TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	S275JR	40	0,76	INTECMA	EXCESO 10%
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24	S275JR	40	0,44	INTECMA	EXCESO 10%
TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	S275JR	3	0,77	INTECMA	
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10	S275JR	55	0,265	INTECMA	EXCESO 8%
TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	S275JR	5	2,05	INTECMA	LONGITUD 140, EXCESO 10%
ARANDELA DIN-125 M10 CINCADA	S275JR	26	0,312	INTECMA	EXCESO 8%
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12	S275JR	5	0,71	INTECMA	EXCESO 11%
BULONES MECANIZADOS Ø10mm	S275JR	12	2,2	TECKNOPRECISIÓN	
PLACA 2000 X 6000 X 10	S275JR	6	4,7	PLASMA	NO SE USA ENTERA, CORTAR CON PLASMA
PELDAÑOS DE REJILLA ELECTROSO.		2,75m <sup>2</sup>	70,81	RELESA	
REJILLA ELECTROSOLDADA		28m <sup>2</sup>	721	RELESA	

Figura 69. Necesidades de material de la plataforma soldada.

- NECESIDADES DE MATERIAL PARA LA PLATAFORMA ATORNILLADA

NECESIDADES DE MATERIAL					
PLATORMA TFG PARA LA UVA Nº PLANO: 22222.01.000			OF 111-1200		
DESCRIPCION	MATERIAL	QTY.	PESO TOTAL(kg)	PROVEEDOR	COMENTARIOS
TUBO 42,5 X 2	S275JR	24m	45,52	EDUARDO CORTINA	LARGOS COMERCIALES 12m (+8%)
TUBO 25,4 X 1,5	S275JR	24m	26,74	EDUARDO CORTINA	LARGOS COMERCIALES 12m (+8)
PERFIL 100 X 100 X 6	S275JR	156m	2851	HIERROS SANTANDER	LARGOS COMERCIALES DE 12m (+10%)
ANGULO 45 X 4	S275JR	14 m	134,4	HIERROS SANTANDER	LARGOS COMERCIALES DE 6m (+12,5%)
ÁNGULO 90 X 8	S275JR	6m	155,2	HIERROS SANTANDER	LARGOS COMERCIALES DE 6m (+15%)
LLANTA 100 X 5	S275JR	14m	54,51	HIERROS SANTANDER	(+3,5%)
ANCLAJE HST-R M10x110/30		75	4,34	HILTI	EXCESO 2,5%
POLIPASTO 250 BT-EH 250 EINHELL		1	9,9	BRICALIA	
BRAZO PARA POLIPASTO EINHELL		1	8,6	BRICALIA	
TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	S275JR	18	0,76	INTECMA	EXCESO 12%
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24	S275JR	50	0,44	INTECMA	EXCESO 8%
TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	S275JR	35	0,77	INTECMA	EXCESO 9%
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10	S275JR	35	0,265	INTECMA	EXCESO 9%
TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	S275JR	40	2,05	INTECMA	LONGITUD 140, EXCESO 10%
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12	S275JR	40	0,71	INTECMA	EXCESO 11%
PLACA 2000 X 6000 X 10	S275JR			PLASMA	NO SE USA ENTERA, CORTAR PIEZAS
PLACA 2000 X 6000 X 15	S275JR	1		PLASMA	NO SE USA ENTERA, CORTAR PIEZAS
PELDAÑOS DE REJILLA ELECTROSO.		2,75m <sup>2</sup>	70,81	RELESA	
REJILLA ELECTROSOLDADA		28m <sup>2</sup>	721	RELESA	

Figura 70. Necesidades de material de la plataforma atornillada.

Vemos que la diferencia entre las dos plataformas con un listado de necesidades de material se puede ver fácilmente, necesitaría disponer de una placa también de 15 mm en el caso de la plataforma atornillada. Otra de las diferencias que se observan es que para la soldada he diseñado unos bulones mecanizados que seguramente me sea algo caro, pero si nos damos cuenta la atornillada no cuenta con esos bulones pero debo disponer de una placa de 15mm para cortar con el plasma. Por supuesto debo comprar mayor cantidad de tornillos para la plataforma atornillada pero en coste veremos al final si lo compensamos con mano de obra más barata.

## **CAPÍTULO 4: FABRICACIÓN**

El siguiente paso después de diseñar la plataforma, es cerciorarnos de que hemos recibido todos los materiales en el almacén y fabricar. El proceso de fabricación está dividido en dos partes, una es la preparación de los materiales y otra el proceso de montaje. Primero necesitamos preparar los materiales y luego entregar los materiales preparados a los montadores.

### **4.1. PREPARACIÓN DE MATERIALES**

Para preparar todas las piezas que lleva cada módulo, necesitamos hacer una serie de operaciones para llevar al montaje. Para realizar dichas operaciones necesitaremos una sierra, un taladro, una plegadora y una máquina de corte con plasma para cortar las placas de acero. A continuación se exponen las máquinas que hemos considerado necesarias para la preparación de los materiales:

- Sierra y taladrado

Las máquinas se pueden tener independientes, pero con la actual tecnología actual podemos contar con una máquina capaz de realizar taladros y operaciones de corte a la vez. La máquina propuesta cuenta con una opción de control numérico (CNC) con el propósito de tener mayor precisión y más rapidez.

KBS 1010 DG



*Figura 71. Sierra de cinta semiautomática KBS 1010 DG.*

- Plegadora

Sirve para plegar las placas de acero que unen la rampa con el módulo uno y la los pilares de la rampa con la estructura superior de la rampa.

## MAHENOR AD-SERVO 25100



Figura 72. Plegadora MAHENOR AD-SERVO 25100.

### - Cortadora de plasma

Es la máquina con la que realizaremos todas las piezas que pone plasma.

DURMA PL-C 1530 con generador de plasma HPR 130 XD



Figura 73. PLASA DURMA PL-C 1530.

En nuestro caso recibiremos todos los perfiles en largos comerciales de 6 y 12 metros y debemos de cortarles en una sierra a medida y hacer los ingletes necesarios en cada caso. Los tubos de las barandillas vendrán también en tramos de 6 metros con lo que debemos de prepararles cortando a las medidas de los planos.

De nuestro encargado de corte de la máquina de plasma debemos recibir las placas cortadas y preparadas para ser soldadas y montadas.

Todas las piezas tienen que estar codificadas con los números de la lista de materiales de cada conjunto y subconjunto para ser identificadas con facilidad.

Pasos a seguir en este punto:

1. Debemos dar a los operarios las instrucciones claras y concisas para que preparen cada pieza de cada módulo. Una vez preparadas acorde con el plano de despiece de cada módulo deben de ser identificadas correctamente para el siguiente paso.
2. Una vez entregado a un encargado de preparación de materiales, éste las transportará a un lugar habilitado para su montaje, agrupándolas en módulos de tal manera que al montador tenga a su disposición todas las piezas que necesite.

Siguiendo con uno de los objetivos de este TFG que es comparar los dos modelos de plataforma, en este punto de preparación de materiales la plataforma atornillada requería de mayor tiempo de preparación ya que tiene más piezas y hay que hacer más operaciones de corte de sierra.

## 4.2. MONTAJE

### 4.2.1. Orden de producción

Una vez que tenemos todas las piezas que componen los planos de ensamblaje de cada módulo, nos dispondremos a hacer el montaje de cada uno de los módulos, para ello se han diseñado unas **carpetas de producción** para dar a los montadores donde tendremos una serie de documentos:

- **Portada** para identificar a los operarios que montan cada módulo, la fecha de comienzo, el tiempo que tardan y las incidencias que les ocurren durante el montaje
- **Listado de material** para que el montador sepa todas las piezas que debe ensamblar en cada caso, como los vistos en el apartado anterior.
- **Plan de soldadura**, donde les daremos las indicaciones relacionadas con las uniones soldadas, en este caso no haría falta ya que todas las soldaduras van a ser del tipo mag.
- **Planos de ensamblaje**, donde se recoge todas las instrucciones del montaje de cada módulo.
- **Plan control**, que se tratará posteriormente en el siguiente capítulo.
- **Planos de control**, donde se encontraran todas las medidas que tienen que verificar los operarios, y las indicaciones de las soldaduras si hubiera algún caso particular.

#### PORTADA

En la portada va de las carpetas de producción debe aparecer la orden de fabricación en la que se está trabajando, una breve descripción de lo que se está fabricando, y cliente al que se destina la orden de trabajo.

Por supuesto también nos interesa saber el día de inicio de fabricación, el operario u operarios que van a trabajar fabricando cada módulo y si ocurren incidencias.

Por todo ello a continuación se propone una portada para todas las carpetas de producción que se le darán al jefe de taller para que se encargue de fabricar todos los módulos.



## PLANOS DE MONTAJE

En estos planos debo dejar claro las partes que quiero montar en el taller y luego mandar, si vamos por partes y tenemos una visión de la plataforma global, todos los módulos están formados por las mismas partes, una estructura, el suelo y las barandillas, hay que dejar claro a los encargados de montar las plataformas partes que se van a mandar soldadas y las partes que se van a ensamblar en el destino.

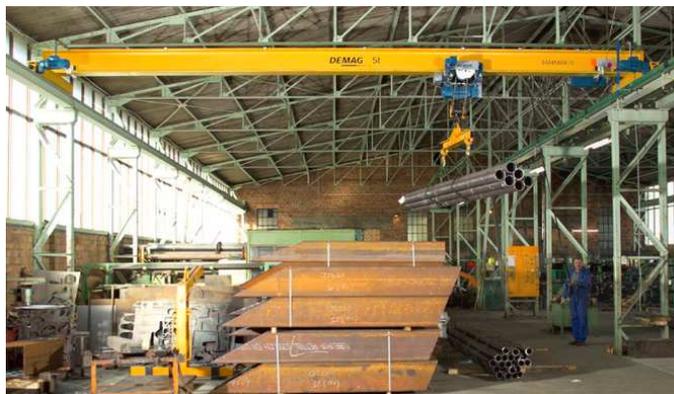
### **4.2.2. Maquinaria de montaje**

Una vez que tenemos definidas las ordenes de producción necesitaremos una maquinaria que será la misma en nuestro taller que en la empresa de destino. Vamos a suponer que disponemos de la misma maquinaria en nuestro taller que en el destino. Lo único que puede cambiar va a ser que en el destino no dispongamos de puente grúa pero con carretillas elevadoras solucionaremos este problema.

#### - PUENTE GRÚA

Un puente grúa es un tipo de aparato de elevación compuesto por una viga, simple o doble, apoyada sobre dos carriles elevados sobre unos postes, dispuestos a tal efecto o componentes de la estructura de la nave o edificación. Nos va a servir para mover las estructuras o elementos pesados de nuestras plataformas. Con el puente grúa podremos trabajar dentro de la fábrica.

#### GRÚA DEMAG V-TYPE



*Figura 75. Puente grúa de la marca DEMAG.*

- CARRETILLA ELEVADORA

La carretilla elevadora es un aparato autónomo apto para llevar cargas en voladizo. Se asienta sobre dos ejes: motriz, el delantero y directriz, el trasero. Pueden ser eléctricas o con motor de combustión interna. Con la carretilla elevadora podremos transportar las estructuras de metal desde los camiones hasta el lugar de uso. No necesitaría el uso del puente grúa usando estas carretillas pero en alguna ocasión puede resultar más cómodos. Los brazos de estas carretillas se pueden extender hasta dos metros.

Carretilla de horquilla eléctrica RX 50 1,0 - 1,6 t marca STILL



*Figura 76. Carretilla elevadora STILL.*

### **4.2.3. Ensamblaje**

El ensamblaje cabe destacar que la plataforma soldada requiere de mayor tiempo de ensamblaje en nuestro taller ya que se debe preparar todos los módulos para su transporte desde nuestra empresa al cliente con los módulos completamente montados y allí solo ensamblarles unos con otros y guardar las distancias al conducto de refrigeración.

Sin embargo la plataforma atornillada necesita menos tiempo de preparación en nuestro taller y sin embargo más tiempo de ensamblaje en Rusia, que al ser los sueldos más baratos vamos a tener dos claras ventajas, que tendremos nuestro taller ocupado menos tiempo con lo que supone poder hacer más producción y un ahorro de costes al disminuir el tiempo de mano de obra español y aumentar el ruso.



## **CAPÍTULO 5: PLAN DE CONTROL Y PROCESO FINAL**

Una vez que tenemos la plataforma diseñada y montada por los módulos que vamos a mandar soldados, en este capítulo va a describir cómo realizar un plan de control para cumplir con unos requisitos de calidad y describir un proceso final que consistiría en pintar la estructura para protegerla contra el medio corrosivo al que se enfrentará la estructura en su uso por la empresa cliente.

Cabe destacar que en la comparación de las dos plataformas el plan control será el mismo para cada tipo de plataforma.

### **5.1. PLAN CONTROL**

Un plan control tiene como propósito proveer un resumen documentado del sistema usado para minimizar la variación del producto y del proceso. Hay que tener en cuenta sobre los planes de control que:

- No reemplazan la información de los operarios (se complementan con las instrucciones de trabajo).
- Se pueden aplicar a una pieza o a una familia de piezas, y al producto final.
- Describen las acciones requeridas en cada fase del proceso, incluyendo la recepción de materiales, la fabricación, el almacenamiento y envío, para asegurar que todos los outputs del proceso serán controlados.
- Durante la producción, describen los controles realizados durante el proceso productivo para controlar las características.
- Son mantenidos y usados para todo el ciclo de vida. En el inicio de la vida del producto, su propósito inicial es el de documentar y comunicar el plan inicial de control del proceso. Seguidamente, el propósito es el de ser una guía de fabricación de cómo se controla el proceso productivo y se asegura la calidad del producto. Finalmente, el Plan de Control refleja los métodos de control y medios utilizados en el sistema de control del proceso.

- Deben ser actualizados a medida que son mejorados los métodos de control y los sistemas de medida.
- Para controlar un proceso y mejorar su efectividad, se debe tener un conocimiento básico del proceso productivo.

Usar planes de control tiene una serie de **beneficios** respecto a la calidad, satisfacción del cliente y comunicación que son los siguientes:

**1. Calidad:**

Reduce el desperdicio y mejora la calidad de los productos durante el diseño, fabricación y montaje. Los Planes de Control identifican características de los procesos y ayuda a identificar sus fuentes de variación que causan variación en las características del producto.

**2. Satisfacción del cliente:**

Los Planes de Control focalizan los esfuerzos y recursos sobre procesos y productos relativos a las características que son importantes para el cliente.

**3. Comunicación:**

Los Planes de Control son documentos vivos que identifican y comunican cambios en las características de los productos y procesos, métodos de control, y características de los sistemas de medida.

Para el trabajo fin de grado y la plataforma en particular desde mi experiencia, lo que deseamos controlar sería:

- Realizar un control sobre las **dimensiones** importantes de la plataforma para que cuando se envíe al cliente cumpla el requisito funcional de altura que nos pide el cliente y por supuesto hacer un control las dimensiones de los agujeros para que el cliente pueda ensamblar la plataforma correctamente y sin incidentes.
- Hacer un control sobre las **soldaduras**, las soldaduras no requieren en este caso una gran precisión en el control ya que no se va a utilizar para hacer el vacío ni para soportar grandes cargas, por lo que con una inspección visual y una inspección por líquidos penetrantes sería suficiente.

- Por otro lado sería conveniente hacer un control al **tratamiento superficial**, que sería el proceso de pintura para asegurarnos que pintamos la plataforma del color adecuado y con el espesor adecuado. En el proceso final describiremos cual será el proceso de tratamiento superficial

Para conseguir estos objetivos en el plan control se deben tener unos conocimientos básicos sobre normativa europea como la ISO 13920 y la ISO 2768, la primera referida a las tolerancias dimensionales en construcciones soldadas y la segunda para tolerancias lineales.

### **ISO 2768:**

De acuerdo con la norma UNE-EN\_22768-1:1993 (ISO 2768-1:1989) sobre "Tolerancias lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia", los elementos o componentes de un conjunto deben estar correctamente dimensionados y definidos geoméricamente (forma, orientación y posición), para ello en los planos se definen las tolerancias y especificaciones necesarias, principalmente las funcionales.

En un anexo explicare todos los detalles de la ISO 2768, se recogen en dos apartados:

ISO 2768-1: tolerancias referidas para dimensiones lineales, dimensiones lineales de aristas matadas y dimensiones angulares, hay cuatro tipos básicos:

- Fina (f)
- Media (m)
- Grosera (c)
- Muy grosera (v)

En este caso en particular tomare la media (m), ya que no es un elemento que requiera mucha precisión ni tampoco quiero un acabado grosero que vea el cliente.

ISO 2768-2: en este caso las tolerancias son referidas a rectitud y planitud, perpendicularidad y simetría. Aquí hay tres tipos:

- Fina (H)
- Media (K)
- Grosera (L)

De nuevo en este caso me quedaré con la tolerancia media.

Hay que tener en cuenta que si la pieza fabricada, no cumple con la tolerancia general, no debe rechazarse, salvo que se indique específicamente o no sea apta funcionalmente.

### ISO 13920:

Es la normativa referente a las uniones soldadas. Hay dos tablas que nos indican por una parte la tolerancia dimensional permitida y la otra el paralelismo y la perpendicularidad de las construcciones soldadas.

Para la primera, hay cuatro tipos A, B, C, D, la A sería la de mayor calidad y la D sería la de peor calidad ya que permitiría una mayor tolerancia. En nuestra plataforma escogeríamos la C ya que no requiere una gran precisión la estructura soldada y entra el diseño dentro de las medidas aproximadas que nos dio el cliente.

En el caso del paralelismo y perpendicularidad de las construcciones con uniones soldadas pasaría lo mismo, hay cuatro tipos básicos E, F, G, H, ahora escogeríamos el E ya que me interesa que los módulos de la plataforma cumplan bien el paralelismo y perpendicularidad para poder ensamblar los módulos.

➔ Una vez fijados los objetivos que se desean obtener en el plan control, tener el conocimiento de la forma de producir la plataforma, conocer los deseos del cliente, y conocer la normativa europea referente a las construcciones de acero dentro de la norma UNE-9001, ya puedo disponer a elaborar mi plan de control.

Se realizara un plan de control por cada conjunto o subconjunto que se desee controlar, a cada plan de control le seguirá un plan de control que se entregará al operario para que conozca que medidas debe verificar, señalándolas en los planos y sin dejar lugar a dudas. En nuestro caso se deberían entregar seis planes de control, uno para cada módulo y otro para el ensamblaje final en la empresa del cliente para controlar todo el proceso.

El plan control propuesto en el proyecto me permitirá tener una trazabilidad en el proceso y constatar quien ha realizado cada verificación por si luego hay reclamaciones del cliente.

A continuación se mostrara el plan control del plano 11111.03.000 que corresponde al módulo uno de la plataforma para poner un ejemplo.

<b>UVA</b>		<b>PLAN CONTROL</b>				 ESCUOLA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES																																																																																																																																									
<b>MODULO 1</b>		<b>PLANO</b>	11111.03.000			<b>OPERARIO / FECHA</b>																																																																																																																																									
		<b>CLIENTE</b>	UVA																																																																																																																																												
<b>CONTROL DIMENSIONAL</b>																																																																																																																																															
<b>X</b>	TOLERNACIA DIMENSIONAL UNE 13920				C																																																																																																																																										
					E																																																																																																																																										
<b>X</b>	TOLERANCIA DIMENSIONAL UNE 2768				m																																																																																																																																										
					K																																																																																																																																										
<b>CONTROL DE SOLDADURAS</b>																																																																																																																																															
<b>X</b>	INSPECCIÓN LÍQUIDOS PENETRANTES			TIPO	20%																																																																																																																																										
	INSPECCIÓN DE PARTÍCULAS MAGNETICAS			TIPO																																																																																																																																											
	INSPECCIÓN POR ULTRASONIDOS			TIPO																																																																																																																																											
	INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA			TIPO																																																																																																																																											
<b>X</b>	INSPECCION VISUAL FINAL SOLDADURAS			100%																																																																																																																																											
<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL</b>																																																																																																																																															
<b>X</b>	PROCESO ESTANDAR DE PINTURA																																																																																																																																														
	DESCRIPCIÓN																																																																																																																																														
<b>X</b>	BARANDILLAS																																																																																																																																														
<b>X</b>	ESTRUCTURA																																																																																																																																														
	SUELO																																																																																																																																														
<b>CONFORMIDAD</b>																																																																																																																																															
CONFORME CON LOS REQUERIMIENTOS ESPECIFICADOS					FECHA																																																																																																																																										
					RESPONSABLE																																																																																																																																										
<b>TABLAS NECESARIAS PARA LA COMPROBACIÓN</b>																																																																																																																																															
<p>Table 1: Tolerances for linear dimensions</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tolerance class</th> <th colspan="11">Range of nominal sizes, L, in mm</th> </tr> <tr> <th>≥ to 30</th> <th>Over 30 up to 120</th> <th>Over 120 up to 400</th> <th>Over 400 up to 1000</th> <th>Over 1000 up to 2000</th> <th>Over 2000 up to 4000</th> <th>Over 4000 up to 8000</th> <th>Over 8000 up to 12000</th> <th>Over 12000 up to 16000</th> <th>Over 16000 up to 20000</th> <th>Over 20000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>± 1</td> <td>± 1</td> <td>± 2</td> <td>± 3</td> <td>± 4</td> <td>± 5</td> <td>± 6</td> <td>± 7</td> <td>± 8</td> <td>± 9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>± 2</td> <td>± 2</td> <td>± 3</td> <td>± 4</td> <td>± 6</td> <td>± 8</td> <td>± 10</td> <td>± 12</td> <td>± 14</td> <td>± 16</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>± 3</td> <td>± 4</td> <td>± 6</td> <td>± 8</td> <td>± 11</td> <td>± 14</td> <td>± 18</td> <td>± 21</td> <td>± 24</td> <td>± 27</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>± 4</td> <td>± 7</td> <td>± 9</td> <td>± 12</td> <td>± 16</td> <td>± 21</td> <td>± 27</td> <td>± 32</td> <td>± 36</td> <td>± 40</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tolerance class</th> <th colspan="10">Range of nominal sizes, L, in mm (relates to longer side of the surface)</th> </tr> <tr> <th>Over 30 up to 120</th> <th>Over 120 up to 400</th> <th>Over 400 up to 1000</th> <th>Over 1000 up to 2000</th> <th>Over 2000 up to 4000</th> <th>Over 4000 up to 8000</th> <th>Over 8000 up to 12000</th> <th>Over 12000 up to 16000</th> <th>Over 16000 up to 20000</th> <th>Over 20000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E</td> <td>0,5</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>1</td> <td>1,5</td> <td>3</td> <td>4,5</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>14</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>1,5</td> <td>3</td> <td>5,5</td> <td>9</td> <td>11</td> <td>16</td> <td>20</td> <td>22</td> <td>25</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>2,5</td> <td>5</td> <td>9</td> <td>14</td> <td>18</td> <td>26</td> <td>32</td> <td>36</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>								Tolerance class	Range of nominal sizes, L, in mm											≥ to 30	Over 30 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400 up to 1000	Over 1000 up to 2000	Over 2000 up to 4000	Over 4000 up to 8000	Over 8000 up to 12000	Over 12000 up to 16000	Over 16000 up to 20000	Over 20000	A	± 1	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9		B	± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16		C	± 3	± 4	± 6	± 8	± 11	± 14	± 18	± 21	± 24	± 27		D	± 4	± 7	± 9	± 12	± 16	± 21	± 27	± 32	± 36	± 40		Tolerance class	Range of nominal sizes, L, in mm (relates to longer side of the surface)										Over 30 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400 up to 1000	Over 1000 up to 2000	Over 2000 up to 4000	Over 4000 up to 8000	Over 8000 up to 12000	Over 12000 up to 16000	Over 16000 up to 20000	Over 20000	E	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8	F	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16	G	1,5	3	5,5	9	11	16	20	22	25	25	H	2,5	5	9	14	18	26	32	36	40	40
Tolerance class	Range of nominal sizes, L, in mm																																																																																																																																														
	≥ to 30	Over 30 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400 up to 1000	Over 1000 up to 2000	Over 2000 up to 4000	Over 4000 up to 8000	Over 8000 up to 12000	Over 12000 up to 16000	Over 16000 up to 20000	Over 20000																																																																																																																																				
A	± 1	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9																																																																																																																																					
B	± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16																																																																																																																																					
C	± 3	± 4	± 6	± 8	± 11	± 14	± 18	± 21	± 24	± 27																																																																																																																																					
D	± 4	± 7	± 9	± 12	± 16	± 21	± 27	± 32	± 36	± 40																																																																																																																																					
Tolerance class	Range of nominal sizes, L, in mm (relates to longer side of the surface)																																																																																																																																														
	Over 30 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400 up to 1000	Over 1000 up to 2000	Over 2000 up to 4000	Over 4000 up to 8000	Over 8000 up to 12000	Over 12000 up to 16000	Over 16000 up to 20000	Over 20000																																																																																																																																					
E	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																					
F	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16																																																																																																																																					
G	1,5	3	5,5	9	11	16	20	22	25	25																																																																																																																																					
H	2,5	5	9	14	18	26	32	36	40	40																																																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Clase de Tolerancia</th> <th colspan="8">Desviaciones admisibles respecto al valor nominal d (en mm.)</th> </tr> <tr> <th>Descripción</th> <th>0,5 &lt;d≤ 3</th> <th>3 &lt;d≤ 6</th> <th>6 &lt;d≤ 30</th> <th>30 &lt;d≤ 120</th> <th>120 &lt;d≤ 400</th> <th>400 &lt;d≤ 1000</th> <th>1000 &lt;d≤ 2000</th> <th>2000 &lt;d≤ 4000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>f</b> fina</td> <td>±0,05</td> <td>±0,05</td> <td>±0,1</td> <td>±0,15</td> <td>±0,2</td> <td>±0,3</td> <td>±0,5</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td><b>m</b> media</td> <td>±0,1</td> <td>±0,1</td> <td>±0,2</td> <td>±0,3</td> <td>±0,5</td> <td>±0,8</td> <td>±1,2</td> <td>±2</td> </tr> <tr> <td><b>c</b> grosera</td> <td>±0,2</td> <td>±0,3</td> <td>±0,5</td> <td>±0,8</td> <td>±1,2</td> <td>±2</td> <td>±3</td> <td>±4</td> </tr> <tr> <td><b>v</b> muy grosera</td> <td>-</td> <td>±0,5</td> <td>±1</td> <td>±1,5</td> <td>±2,5</td> <td>±4</td> <td>±6</td> <td>±8</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Clase de tolerancia</th> <th colspan="6">TOLERANCIAS DE RECTITUD Y PLANITUD</th> </tr> <tr> <th colspan="6">Se toma la longitud más significativa (más larga o Ø) (mm)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>L≤10</th> <th>10&gt;L≤30</th> <th>30&gt;L≤100</th> <th>100&gt;L≤300</th> <th>300&gt;L≤1000</th> <th>1000&gt;L≤3000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td> <td>0,02</td> <td>0,05</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>0,05</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,8</td> <td>1,2</td> <td>1,6</td> </tr> </tbody> </table>								Clase de Tolerancia	Desviaciones admisibles respecto al valor nominal d (en mm.)								Descripción	0,5 <d≤ 3	3 <d≤ 6	6 <d≤ 30	30 <d≤ 120	120 <d≤ 400	400 <d≤ 1000	1000 <d≤ 2000	2000 <d≤ 4000	<b>f</b> fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-	<b>m</b> media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	<b>c</b> grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4	<b>v</b> muy grosera	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8	Clase de tolerancia	TOLERANCIAS DE RECTITUD Y PLANITUD						Se toma la longitud más significativa (más larga o Ø) (mm)							L≤10	10>L≤30	30>L≤100	100>L≤300	300>L≤1000	1000>L≤3000	H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6																																									
Clase de Tolerancia	Desviaciones admisibles respecto al valor nominal d (en mm.)																																																																																																																																														
Descripción	0,5 <d≤ 3	3 <d≤ 6	6 <d≤ 30	30 <d≤ 120	120 <d≤ 400	400 <d≤ 1000	1000 <d≤ 2000	2000 <d≤ 4000																																																																																																																																							
<b>f</b> fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-																																																																																																																																							
<b>m</b> media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2																																																																																																																																							
<b>c</b> grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4																																																																																																																																							
<b>v</b> muy grosera	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8																																																																																																																																							
Clase de tolerancia	TOLERANCIAS DE RECTITUD Y PLANITUD																																																																																																																																														
	Se toma la longitud más significativa (más larga o Ø) (mm)																																																																																																																																														
	L≤10	10>L≤30	30>L≤100	100>L≤300	300>L≤1000	1000>L≤3000																																																																																																																																									
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4																																																																																																																																									
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8																																																																																																																																									
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6																																																																																																																																									

Figura 77. Plan de control propuesto.

Comprobamos que en el plan de control empezando por el encabezado se ve identificado el número de plano, el cliente y el producto que estamos fabricando.

A continuación se ve marcado con una x que hay que hacer un control dimensional. En el plan control se puede observar todos los tipos de control que se podrían realizar sobre las soldaduras, pero para la plataforma sólo se realizara un control visual de las soldaduras y ensayo no destructivo de líquidos penetrantes al 20% de las soldaduras que sería suficiente.

Después haríamos el control del tratamiento superficial, donde comprobaríamos como se va a pintar y que partes vamos a pintar. En la casilla de descripción, detallaríamos brevemente la forma de pintar.

Finalmente se emitiría o no la conformidad de cada módulo, asegurándonos la trazabilidad del proyecto con un responsable que ha verificado todas las especificaciones y la fecha.

Se han agregado al final las tablas más usadas, para dar a los empleados una información muy útil y rápida del proceso para que lo verifiquen.

La idea es elaborar un plan de control general, que sirva de plantilla para los demás trabajos, y así sólo tener que modificar en ocasiones especiales que en calderería hay que hacer test de presión a algunos conductos, intercambiadores... A la vista está que es un plan de control sencillo, pero que da mucha información, a base de experiencia se podría ir mejorando.

## **5.2. PROCESO FINAL**

Este apartado se va a abordar del trato final que doy a la plataforma antes de enviarla al cliente, por eso debo pintarla y una vez pintada verificarla. Ya hemos visto anteriormente el plan de control, ahora vamos a analizar la pintura, la pintura es una mezcla líquida que al aplicarse sobre una superficie forma una película sólida. De cada 100 m<sup>2</sup> de metal expuesto en la industria se pintan 90 m<sup>2</sup>.

El proceso de pintura sería igual para las dos plataformas, pero en la que se va a enviar los módulos montados después de pintar habría que hacer un ensamblaje final de cada módulo.

Los pasos del proceso final sería:

1. Proceso de granallado
2. Proceso de pintura
3. Ensamblaje final (plataforma módulos ensamblados)

### **5.2.1. PROCESO DE GRANALLADO**

Para las dos plataformas habría que hacer un proceso de granallado sobre las barandillas y las estructuras de la misma manera. La preparación de la superficie es la primera fase del proceso y la mayor parte de los fallos en pintura se produce aquí. Esta fase supone entre el 50% - 80% del coste total del proceso de pintura.

El granallado consiste en la proyección a gran velocidad de bolas de acero de pequeño diámetro; granalla, sobre superficies metálicas, con el fin de eliminar suciedad, cascarilla de laminación, restos de escorias de soldadura, óxido superficial, grasa y humedad de las superficies de los elementos a tratar.

La granalla está contenida en un depósito donde es propulsada por unas turbinas que la conducen a unas toberas situadas en la cámara de granallado y por las cuales la granalla sale disparada a gran velocidad en todas las direcciones, produciéndose el impacto con la pieza metálica. De este modo limpia y pule toda la superficie de la pieza.

La serie ISO 12944 y su anexo F de la norma 1090-2 son las normas que se deben de aplicar a las superficies que posteriormente vayan a ser pintadas con el fin de protegerlas contra la corrosión.

Para el caso de aceros al carbono, si deseo dar al cliente una específica vida prevista de la protección contra la corrosión y la categoría de corrosividad, el

tipo de preparación deberá basarse en la siguiente tabla de la norma UNE-EN 1090-2:

Vida prevista para la protección contra la corrosión <sup>a</sup>	Categoría de corrosividad <sup>b</sup>	Tipo de preparación <sup>c</sup>
> 15 años	C1	P1
	C2 a C3	P2
	Por encima de C3	P2 o P3 según se especifique
5 años a 15 años	C1 a C3	P1
	Por encima de C3	P2
< 5 años	C1 a C4	P1
	C5 – Im	P2

<sup>a b</sup> La vida prevista de la protección contra la corrosión y la categoría de corrosividad se referencian en las Normas EN ISO 12944 y EN ISO 14713, según proceda.

Figura 78. Tabla del tipo de preparación.

Protección contra la corrosión según la ISO 12944:

Categoría de corrosión	Ejemplos de ambiente	
	Exterior	Interior
C1 Muy baja	-	Edificios con calefacción con una atmósfera limpia, tales como oficinas, tiendas, escuelas, hoteles.
C2 baja	Atmósfera contaminada en una pequeña parte, principalmente en los regiones rurales	Edificios sin calefacción, donde se puede producir condensación, por ejemplo almacenes, salas deportivas
C3 media	Ambientes industriales y urbanos con un nivel medio de contaminación de dióxido de azufre.	Espacio de producción de alta humedad y de la contaminación del aire, por ejemplo plantas de alimentos, lavanderías, fábricas de cerveza, industrias lácteas.
C4 alta	Áreas industriales y áreas costeras de baja salinidad.	Plantas químicas, piscinas, astilleros de reparación de barcos.
C5-I muy alta (Industrial)	Las zonas industriales y zonas costeras de media salinidad. Áreas industriales de alta humedad y ambiente agresivo.	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación.
C5-M muy alta (Marina)	Zonas de tierra (inshore) y marítimas (offshore) de alta salinidad	Edificios y áreas de condensación casi constante y alta contaminación

Figura 78. Categoría de corrosión.

**Métodos de preparación** →Según la norma UNE EN ISO 8501-3:

**Preparación del acero tipo (P2) (Chorreado de las superficies)**

- Todas las superficies se chorrearán al grado Sa2 ½ SIS ó (ISO 8501), debiendo tener esta calidad en el momento de aplicación de las pinturas.
- El aire a presión utilizado debe de estar seco, exento de agua y aceite, libre de contaminación y con la presión suficiente para mantener el standard del chorro especificado. Si el chorro se realiza en instalaciones automáticas de granallado, se utilizará granalla metálica.
- El tiempo máximo que debe permanecer la superficie sin recubrir, depende de la humedad del ambiente. Como norma deberá imprimirse en un máximo de 4/6 horas siguientes a la preparación, de forma que se evite perder el beneficio de la limpieza.
- El abrasivo empleado debe ser de granulometría especificada por las normas SSPC, para los distintos grados de preparación de superficies, no debe dejar residuos en la superficie chorreada. Después del chorreado, la superficie tiene que quedar sin descamación, óxido, grasa, marcas de pintura, sales solubles y ninguna materia extraña y con un color entre gris y blanco. Superficies con manchas indican un chorreado incompleto y no satisfactorio.
- En caso de que lo especifique el cliente, las partes de estructuras y equipos que vayan a ser soldadas en obra, se protegerán de imprimaciones soldables o protecciones temporales sobre la superficie chorreada y no imprimada, mediante barnices pelables o cintas adhesivas en los anchos que se determinen.

**Los grados de preparación de las superficies** vienen definidos en la norma UNE EN ISO 8504-1 Grados de oxidación y de preparación de sustratos de acero no pintados y de sustratos de acero después de estar totalmente decapados de revestimientos anteriores de acuerdo a un tipo de acero P2:

**Sa2½** Chorreado muy cuidadoso.

Las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se eliminarán hasta el punto que los restos sólo aparezcan como ligeras manchas o rayas. La superficie se limpiará luego con aspirador de polvo, aire comprimido limpio y seco o cepillo limpio. Su aspecto deberá coincidir entonces con las figuras designadas como Sa2½.

En el anexo de proceso de granallado y pintura, ajuntare más detallado su procedimiento de trabajo y su inspección.

### 5.2.2. PROCESO DE PINTURA

Antes de pintar cualquier elemento metálico hay que comprobar que la superficie no contenga suciedad ni impurezas de cualquier tipo, que se hayan podido fijar después de su preparación. La superficie también debe estar seca para que haya una buena adherencia de la pintura.

El pintado de los componentes metálicos lo determinará el cliente, tanto el color, características de la pintura, espesor o número de capas. El espesor de la pintura deberá ser como mínimo de 30-35 micras una vez se haya secado.

Los procedimientos de almacenamiento y manipulación de la pintura deberá garantizar que aquellos que se van a utilizar están dentro de su vida útil (indicada en la ficha técnica del producto) y vida de utilización

No se procederá al trabajo si:

- La temperatura ambiente está por debajo de la indicada en las recomendaciones del fabricante para el producto al que se va aplicar.
- La superficies que se van a recubrir están húmedas.
- La temperatura de las superficies que se van a recubrir es menor que 3°C por encima de la temperatura de rocío, salvo que se especifique lo contrario en la hoja de datos del producto. (para lograr dicha condición, si se considera necesario, se pasará previamente por el precalentador)

#### Método de aplicación:

La aplicación de la pintura se realiza principalmente mediante pistola “airless” o en túnel de pintado y secado automático, en ambos casos la pintura fluye a través de unas boquillas que pulveriza la misma y favorece su distribución uniforme sobre la superficie, evitando “goterones” o acumulación de pintura en algunos puntos.



Figura 79. Pistola Airless.

La elección de un sistema u otro depende de la cantidad y de la forma del componente metálico, ya que en el túnel de pintura dispone un tren de alimentación de rodillos que cuando la superficie no es lisa no la puede transportar, aparte del coste energético al disponer de calefacción para el secado de la pintura. Entonces el sistema de aplicación de pintura será por pistola “airless” ya que tengo muchas superficies que no van a ser lisas.

Si hay que dar más capas de pintura se hará de la misma forma, asegurándose de que la capa anterior esté bien seca y sin deficiencias, ajustándonos al tiempo de repintado marcado por la ficha técnica del producto.

El tiempo de secado varía según sea la temperatura, produciéndose un secado más rápido a mayor temperatura, no obstante en la ficha de la pintura vendrá especificado el tiempo aproximado de secado.

#### Normativa de aplicación

Cualquier trabajo de pintura que se realice sobre superficies metálicas, ya sea en taller o en campo, se debe realizar siguiendo los criterios recogidos en la norma UNE-EN ISO-12944, "Pinturas y Barnices. Protección de Estructuras de Acero frente a la Corrosión mediante Sistemas de Pinturas Protectores", de la 1 a la 8.

Adicional a la anterior, según el tipo de trabajo a realizar se seguirán las recomendaciones dadas en las siguientes normas particulares:

- Para trabajos sobre preparación superficial:

- ISO 8501
- ISO 8503
- SSPC-SP
- SIS -055900

- Sobre el espesor de película seca:

- SSPC - PA2
- ISO-2178

- Sobre tratamiento sobre la Adherencia

- ASTM D 3359

- El tipo de color de pintura:

- RAL 840

### Sistema de pintura:

Como hemos dicho en el proceso de galvanizado la categoría de corrosión donde se encuentra la plataforma es C5-I (industrial muy alta) que se da en edificios o áreas con condensaciones casi permanentes y contaminación elevada con una durabilidad alta de 15 años la quiero dar.

Los fabricantes de pintura tienen catálogos y manuales donde aconsejan el uso de la pintura para cada aplicación. Estos catálogos se pueden consultar en internet, y para este TFG hemos seguidos las indicaciones del grupo CIN, que tiene la marca Valentine.

Para la protección de nuestra estructura elegimos una pintura del grupo CIN, que aunque sus valores son menores que los de la norma ISO 12944-5, dispone de ensayos según la norma ISO 12944-6 que verifican que es válida para la categoría de corrosión seleccionada y proporciona una durabilidad de 15 años.

Las capas de pintura que hay que aplicar para obtener protección de categoría de corrosión C5-I, siguiendo los puntos del grupo CIN que se expone en la siguiente figura:

Tipo de pintura	Sistema	Espesor seco (micrómetros)
Imprimación rica en zinc	1 × C-Pox Primer ZN800	75 µm
Intermedio epoxi	1 × C-Pox S990 Miox FD	85 µm
Poliuretano	2 × C-Thane RPS HS	80 µm
	<b>Espesor total</b>	<b>240 µm</b>

Figura 80. Protección contra la corrosión propuesta.

Capas de pintura:

1. Pintura de imprimación (1 capa de pintura de 75 µm)

Esta capa su misión es proteger al material y mejora su adherencia para aplicar posteriormente las siguientes capas de pintura. La pintura de imprimación que usaremos será de la marca CIN la siguiente:

C-POX PRIMER ZN800 → Pintura de imprimación epoxi rica en zinc  
Está recomendada para industrias químicas, las propiedades principales de esta pintura:

- Combina la dureza de las epoxi con la superior protección del zinc.
- Excelente resistencia al agua, intemperie y abrasión.

- Buen comportamiento en cascos de barcos, cubiertas y superestructuras.
- Fácilmente aplicable con pistola soldada o airless.
- Cumple con los requisitos de la especificación SSPC-Paint 20 - Nivel 2
- Cumple con la EN ISO 12944-5 sobre contenido en zinc.

## 2. Capa intermedia (1 capa de pintura de espesor 85 µm)

Tiene la misión de aumentar el espesor de la capa de pintura para dar menos capas de acabado. La pintura que nos indica el proveedor CIN es la siguiente:

C-POX S990 MIO FD → Epoxi pigmentada con óxido de hierro micáceo

Con propiedades:

- Reforzante del efecto anticorrosivo de la imprimación.
- Elevada resistencia a ambientes húmedos, salinos y de elevada agresividad.
- Rápido secado.
- Puede utilizarse como pintura multifuncional, si se aplica sobre acero chorreado

## 3. Pintura de acabado (2 capas de pintura de espesor 85 µm entre las dos)

C-THANE RPS HS → Esmalte de poliuretano alifático

Con la pintura de acabado voy a conseguir:

- Alto brillo.
- Excelente resistencia a la intemperie.
- Alta resistencia química.
- Excelente resistencia al agua.
- Elevada dureza y resistencia a la abrasión manteniendo una buena flexibilidad.
- Buenas propiedades anti-graffiti. (Nº máximo de limpiezas: 3)
- Colores disponibles en el Colormix Industrial (ICS).
- Ignífugo.

Los **colores** finales de la plataforma:

- La estructura irá en un gris plateado
- Las barandillas serán amarillas

En el anexo nº4 de pintura incluiré la ficha técnica de las pinturas utilizadas.

## CAPÍTULO 6: TRANSPORTE

Después de tener todo preparado para enviárselo al cliente, en este capítulo se abordará como enviar la plataforma al cliente, para ello vamos a ver las opciones que tenemos y a partir de ellas elegiremos una para su transporte.

### 6.1 TIPOS DE TRANSPORTE

Se nos plantean varias opciones a la hora de enviar el producto, las diferentes vías de transporte son:

- Terrestre
  - o Ferroviario
  - o Por carretera
  
- Marítimo
  - o Barco
  
- Aéreo
  - o Avión

Si empezamos a analizar las opciones descartaremos primero el avión por ser un medio de transporte costoso principalmente y con limitaciones de peso y volumen importantes, a continuación descartaríamos el marítimo ya que no merece la pena llevarla en barco ya que no hay puertos marítimos cercanos y el tiempo de entrega sería mayor y habría que transportar en tráiler hasta el puerto de origen y el puerto de destino.

Nos quedamos con los medios terrestres, el transporte ferroviario es muy útil para cargas pesadas y de gran tamaño y ofrece un costo más bajo, pero menor versatilidad en el envío.

Como conclusión el medio elegido será por carretera en camión. Los camiones son el medio utilizado más frecuentemente en operaciones logísticas. En este modo de transporte tenemos una gran variedad empresas que nos ofrecerán sus servicios. Se pueden transportar una gran variedad de elementos, los camiones actuales tienen una gran capacidad para llegar a casi cualquier sitio y el único inconveniente es que puede ser afectado este tipo de transporte por las condiciones meteorológicas.

En el diseño de la plataforma ya pensamos en el medio de transporte que elegiríamos, uno de los motivos para dividir la plataforma en módulos fue éste.

Dentro del transporte en camión las opciones que barajo principalmente son dos, transportar por medio de un mega tauliner o por una plataforma estándar.

- MEGA TAULINER

Por su diseño las dimensiones interiores de altura son variables, es decir, que partiendo de una altura de 2,60 m puede elevarse a 2,90 m o 3,20 m interior, pero sin pasar de los 4 m totales exteriores. Dicha altura puede variar en función del diseño de la plataforma. Se debe consultar las dimensiones con la empresa de transporte que nos gestione.

Dimensiones:

13,6 x 245 x Variable (De 2,60m a 3,20 m)



Figura 81. Mega Tauliner.

La empresa DSV ofrece, dentro de la gama tráiler tauliner, dos gamas:

Trailer Tauliner (o de cortina)

Es el trailer más habitual en Europa. De fácil acceso y con lonas laterales y techo correderos, esta unidad satisface la mayoría de los requisitos de transporte.



Figura 82. Trailer Tauliner.

## Mega trailer

Ideal para cargas de gran volumen y cargas con una altura de casi 3 metros. Igual que el Trailer Tauliner, la unidad Mega Trailer tiene también techo corredizo y laterales plegables tipo cortina.



Figura 83. Mega Trailer.

- PLATAFORMA ESTANDAR

Se trata de un remolque sin techo y laterales bajos de 1 m aproximadamente, desmontables. Pueden ser extensibles hasta 40 m.

Las dimensiones de una plataforma estándar con laterales sería:

13,60 m x 2,45 m x Altura en función de la dicha plataforma (máximo 4,5 m).

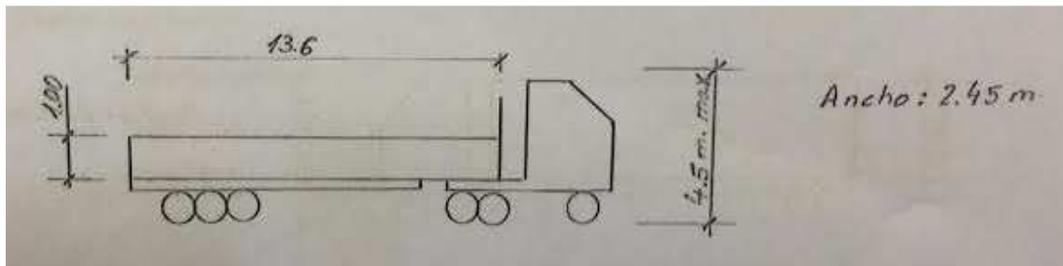


Figura 84. Dimensiones de una plataforma estándar.

La longitud es extensible a 40 metros.

- PESOS Y TARIFAS A RUSIA:
  - Pesos de la carga:
    - 20 TN de carga máxima (en España son 24 TN)
    - Siempre cabe la posibilidad de cargar más toneladas con la concesión de permisos y estudio del recorrido, que sería lo denominado transporte especial en peso. Pero en este caso no hace falta.
  - Tarifas
    - Tauliner → 8000€
    - Plataforma en largo especial, que en nuestro caso serían 22 m → 48000€

## **6.2 FORMA DE TRANSPORTE**

Una vez visto los modos de transporte a la hora de enviar al cliente la plataforma, vamos a estudiar la forma de mandar cada tipo de plataforma. La forma más económica de transportar las plataformas es en un mega tauliner, de los mega tauliners vistos por la empresa DSV nos daría igual, pero vamos a escoger el trailer tauliner. Nos viene muy bien el táiler Tauliner ya que al tener los laterales y el techo correderos puedo llegar con la carretilla elevadora y transportar con facilidad los módulos o piezas del camión al lugar donde cumplirá su función la plataforma.

### **6.2.1. TRANSPORTE PLATAFORMA SOLDADA**

Esta plataforma la tenemos que enviar en dos tráiler tauliner ya que por altura no va a entrar en uno solo, según el diseño deberíamos contratar para el envío **dos camiones** ya que pretendemos que los módulos vayan montados enteros.

Entonces en un camión mandaríamos tres módulos completos y en otro camión mandaríamos los otros dos preparados listos para su ensamblaje final en el destino.

A continuación muestro un ejemplo del transporte de los tres módulos que iría en un camión, y en el destino solo sería descargarles, unirles entre sí y anclarles al suelo. La empresa demandante de la plataforma debería estar dispuesta de puentes grúa en su interior para el montaje.

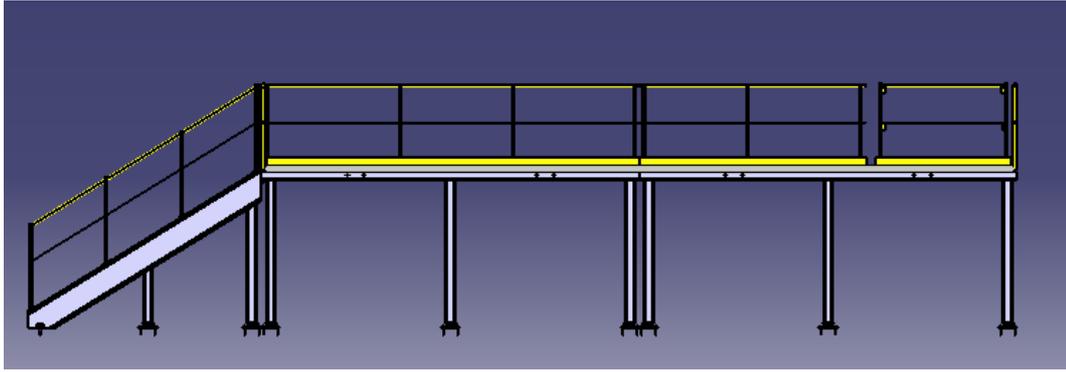


Figura 85. Imagen lateral del transporte de los tres módulos como irían en el camión.

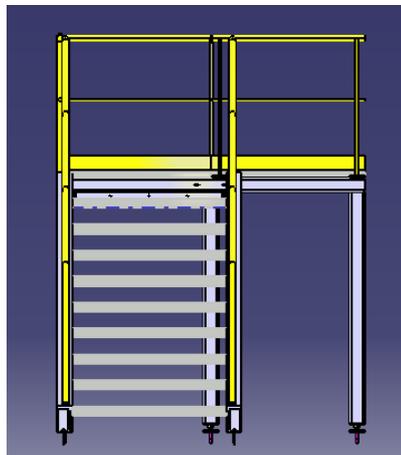


Figura 86. Imagen frontal del transporte de los tres módulos en un camión.

El problema que se nos presenta es que necesitamos dos camiones y que no se optimiza su envío ya que nos quedan muchos huecos. Además los camiones van muy cargados en relación con su capacidad de carga.

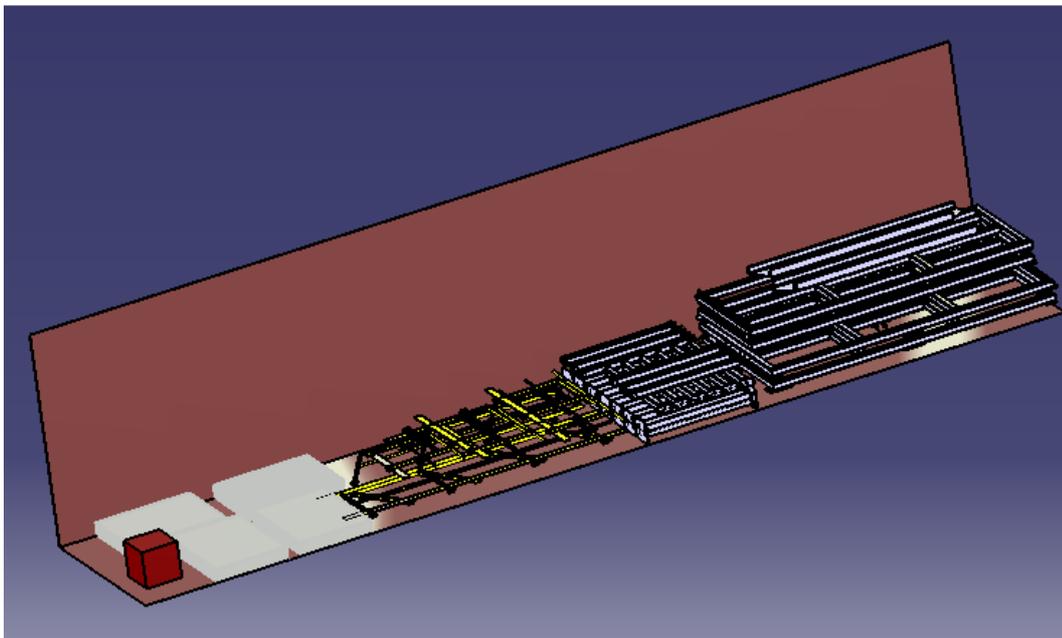
### 6.2.2 TRANSPORTE PLATAFORMA ATORNILLADA

La plataforma atornillada se observa fácilmente que se puede transportar en un **único tráiler tauliner**, por los siguientes motivos:

1. Las estructuras que forman la base del suelo se pueden apilar ocupando poco espacio y solo dos metros de longitud y sin llegar a la altura máxima del transporte. Las apilaremos dejando entre ellas tacos de madera para luego poder descargar con la carretilla todas las plataformas sin problemas.

2. Encima de ellas se pueden enviar todos los tipos de barandillas bien coladas para que no se dañen ni las bases del suelo ni las barandillas. Si lo colocamos bien las barandillas podemos mandar subir a un operario a descargarlas ya que no son muy pesadas.
3. A continuación mandar todos los pilares juntos agrupados
4. Y por último todo el suelo y una caja con todos los elementos comerciales.

Ejemplo la forma de envío de la plataforma atornillada, a continuación se muestra en la imagen las bases de las estructuras y las barandillas más largas y lo que ocuparían, los pilares, soporte de los pilares, suelo y la caja con todos los elementos comerciales.



*Figura 87. Imagen de la caja del camión transportando la plataforma atornillada.*

Para esta plataforma la ventaja claramente es que nos costaría la mitad de precio y se observa claramente como ocupamos mejor el espacio.

## CAPÍTULO 7: COSTES

En este capítulo vamos a analizar los costes que nos supondría cada plataforma, desde los costes de ingeniería como los materiales, operarios, transporte..., es decir, todos los costes que intervienen en nuestro proceso. Se hará un presupuesto de cada plataforma con todos los costes.

### 7.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado vamos a presentar todos los costes que analizaremos para ver cuál son los costes asociados a cada plataforma. Se va a intentar hacer una estimación de los costes lo más parecido a la realidad.

#### - HORAS DE INGENIERÍA

Se estimaran las horas de ingeniería destinadas al desarrollo de todo el proyecto de cada una de las plataformas.

#### - MATERIALES

Se ha pedido presupuesto a cada uno de los proveedores que se presentaron en las necesidades de material del capítulo 3 de este TFG. En este apartado se incluye la pintura también.

#### - HORAS DE FABRICACIÓN Y MANO DE OBRA

.Se propondrán un número de personas para la preparación de material, montaje y pintura de dicha plataforma. La mano de obra constará de personal de preparación, soldadores (a partir de la longitud de cordones de soldadura puedo calcular el tiempo que tardan), montadores y pintores. Una vez tenga asignado un número de trabajadores puedo calcular el tiempo de fabricación.

Con los el número de horas de fabricación y el personal necesario podremos estimar el coste asociado a los trabajadores encargados de preparar el material y el montaje de las plataformas. Para la remuneración económica se seguirá el convenio del metal.

#### - TRANSPORTE

Por último se incluirán los costes asociados al transporte de cada plataforma, lo que vendría siendo los portes desde la fábrica de origen en Venta de Baños a la ciudad rusa de Kazan.

## 7.2 COSTES ASOCIADOS A LA PLATAFORMA SOLDADA

A continuación se muestra los costes desglosados de la fabricación de la plataforma soldada.

		<b>PRESUPUESTO</b>			
ORDEN DE FABRICACIÓN	111-1100	DESCRIPCIÓN	PLATAFORMA SOLDADA		
HORAS DE INGENIERÍA					
Nº DE INGENIEROS	1	SUBCONTRATACIÓN	NO		
TIEMPO DE EJECUCIÓN	160	COSTE	5.600,00 €		
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD	€/UD	COSTE	
POLIPASTO EINHELL 250 BT-EH	BRICALIA	1	89,95	89,95 €	
BRAZO PARA POLIPASTO EINHELL	BRICALIA	1	39,9	39,90 €	
TUBO 42,5 X 2	CORTINA	24 m	1,04 €/m	25,02 €	
TUBO 25,4 x 1,5	CORTINA	24 m	0,92 €/m	22,23 €	
PERFIL 100 X 100 X 6	SANTANDER	156m	885,85 €/tn	1.382,80 €	
ÁNGULO 45 X 4	SANTANDER	134,4 kg	490 €/tn	66,85 €	
LLANTA 100 X5	SANTANDER	14m	3 €/m	42,05 €	
ANCLAJE MACHO HST-R M8X75/10	HILTI	75	4,12	309,00 €	
TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	INTECMA	40	0,258	10,32 €	
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24	INTECMA	40	0,22	8,80 €	
TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	INTECMA	4	0,17	0,68 €	
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10	INTECMA	55	0,13	7,20 €	
TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	INTECMA	5	0,25	1,23 €	
ARANDELA DIN-125 M10 CINCADO	INTECMA	26	0,11	2,86 €	
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12	INTECMA	5	0,18	0,90 €	
PLACA 2000 X 6000 X 10	PLASMA	921,6	390 €/tn	359,45 €	
PELDAÑOS DE REJILLA ELECTROSOL.	RELESA	2,75m <sup>2</sup>	80 €/m <sup>2</sup>	240,00 €	
REJILLA ELECTROSOLDADA	RELESA	28m <sup>2</sup>	28 €/m <sup>2</sup>	2.324,00 €	
BULONES MECANIZADOS Ø10mm	TECKNOPREC	12	31€/bulón	372,00 €	
PROCESO GRANALLADO	H. SIERRA	67,5m <sup>2</sup>	2,5 €/m <sup>2</sup>	168,75 €	
C-POX PRIMER ZN800	CIN	16 l	1,4 €/l	22,40 €	
C-POX S990 MIO FD	CIN	18 l	2,3 €/l	41,40 €	
C-THANE RPS HS	CIN	18 l	3,6 €/l	64,80 €	
<b>COSTE SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>5.602,59 €</b>	
HORAS DE FABRICACIÓN Y MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	Nº OPERARIOS	HORAS	€/hora	COSTE	
PREPARACIÓN MATERIALES	2	20	18	720,00 €	
SOLDADORES	3	32	30	2.880,00 €	
MONTADORES	4	28	25	2.800,00 €	
PINTORES	2	24	27	1.296,00 €	
JEFE TALLER	1	60	32	1.920,00 €	
MONTADORES RUSOS	3	8	12	288,00 €	
<b>COSTE SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>9.904,00 €</b>	
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	Nº OPERARIOS	HORAS	€/hora	COSTE	
ENGARGADO LOGISTICA	1	12	32	384,00 €	
PERSONAL EMBALAJE	2	6	20	240,00 €	
TRANSPORTE	2 (CAMINONES)	120	-	16.000,00 €	
<b>COSTE SUBTOTAL TRANSPORTE</b>				<b>16.624,00 €</b>	
COSTE TOTAL					
<b>COSTE TOTAL DE LA PLATAFORMA CONVENCIONAL</b>				<b>37.730,59 €</b>	

Figura 88. Costes plataforma soldada.

Cabe destacar que en los costes de ingeniería solo tenemos un ingeniero y hemos estimado que se tardaría unas 160 horas en evaluar el proyecto realizarle y hacer alguna modificación en el caso que fuera necesario.

Los materiales han sido consultados con proveedores que nos han facilitado los datos de los costes de cada material y su peso por tonelada o metros en cada caso. Hay precios de los materiales como los comerciales y el polipasto que se encuentra fácilmente por internet.

Las horas de fabricación de los soldadores han sido estimadas por los metros de soldadura e incrementadas por el tiempo que tardarían en la preparación antes de la soldadura. Los demás tiempo han sido estimados preguntando a personas con experiencia en este sector para poder hacer un cálculo de los tiempos de fabricación y números de operarios.

En el transporte se ha incluido un encargado de logística que se encargue del envío al cliente para que siga el proceso y este pendiente del transporte. Hemos incluido dos personas para preparar el los módulos y preparar todos los comerciales para que a la llegada de los camiones estén preparados para ordenar todo en los camiones para su transporte.

Y en el apartado final aparecen los costes asociados a su fabricación, no contiene el IVA ya que no es una oferta al cliente.

### **7.3 COSTES ASOCIADOS A LA PLATAFORMA ATORNILLADA**

Se han seguido las directrices del apartado anterior. Una vez realizado los dos costes podríamos hacer una oferta al cliente incluyendo el IVA y pudiendo hacer descuentos para ser competitivos frente a otras ofertas de otras empresas.

En la siguiente página veremos el desglose de la plataforma atornillada propuesta y ver en que varían.

UVa		PRESUPUESTO			 <small>ESUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</small>
ORDEN DE FABRICACIÓN	111-2200	DESCRIPCIÓN	PLATAFORMA ATORNILLADA		
<b>HORAS DE INGENIERÍA</b>					
Nº DE INGENIEROS	1	SUBCONTRATACIÓN	NO		
TIEMPO DE EJECUCIÓN	170		COSTE	5.950,00 €	
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD	€/UD	COSTE	
POLIPASTO EINHELL 250 BT- EH	BRICALIA	1	89,95	89,95 €	
BRAZO PARA POLIPASTO EINHELL	BRICALIA	1	39,9	39,90 €	
TUBO 42,5 X 2	CORTINA	24 m	1,04 €/m	25,02 €	
TUBO 25,4 x 1,5	CORTINA	24 m	0,92 €/m	22,23 €	
PERFIL 100 X 100 X 6	SANTANDER	156m	885,85 €/tn	1.382,80 €	
ÁNGULO 45 X 4	SANTANDER	134,4 kg	490 €/tn	66,85 €	
ÁNGULO 90 X 8	SANTANDER	155,2 kg	532 €/tn	82,60 €	
LLANTA 100 X5	SANTANDER	14m	3 €/m	42,05 €	
ANCLAJE MACHO HST-R M8X75/10	HILTI	75	4,12	309,00 €	
TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	INTECMA	18	0,258	4,64 €	
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24	INTECMA	50	0,22	11,00 €	
TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	INTECMA	35	0,17	5,95 €	
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12	INTECMA	35	0,13	4,55 €	
TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	INTECMA	40	0,25	10,00 €	
TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12	INTECMA	40	0,18	7,20 €	
PLACA 2000 X 6000 X 10	PLASMA	921,6 kg	390 €/tn	359,45 €	
PLACA 2000 X 6000 X 15	PLASMA	1382,4 kg	390 €/tn	539,13 €	
PELDAÑOS DE REJILLA ELECTROSOL.	RELESA	2,75m <sup>2</sup>	80 €/m <sup>2</sup>	240,00 €	
REJILLA ELECTROSOLDADA	RELESA	28m <sup>2</sup>	28 €/m <sup>2</sup>	2.324,00 €	
PROCESO GRANALLADO	H. SIERRA	71m <sup>2</sup>	2,5 €/m <sup>2</sup>	177,50 €	
C-POX PRIMER ZN800	CIN	18 l	1,4 €/l	25,20 €	
C-POX S990 MIO FD	CIN	20 l	2,3 €/l	46,00 €	
C-THANE RPS HS	CIN	20 l	3,6 €/l	72,00 €	
<b>COSTE SUBTOTAL MATERIALES</b>				<b>5.887,02 €</b>	
<b>HORAS DE FABRICACIÓN Y MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCIÓN	Nº OPERARIOS	HORAS	€/hora	COSTE	
PREPARACIÓN MATERIAL	2	23	18	828,00 €	
SOLDADORES	3	34	30	3.060,00 €	
MONTADORES	3	8	25	600,00 €	
PINTORES	2	28	27	1.512,00 €	
JEFE TALLER	1	40	32	1.280,00 €	
MONTADORES RUSOS	4	20	12	960,00 €	
<b>COSTE SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>8.240,00 €</b>	
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCIÓN	Nº OPERARIOS	HORAS	€/hora	COSTE	
ENGARGADO LOGISTICA	1	12	32	384,00 €	
PERSONAL EMBALAJE	2	8	20	240,00 €	
TRANSPORTE	1 (CAMIÓN)	120	-	8.000,00 €	
ENVIAR INGENIERO	1	48	40	1.920,00 €	
<b>COSTE SUBTOTAL TRANSPORTE</b>				<b>10.544,00 €</b>	
<b>COSTE TOTAL</b>					
<b>COSTE TOTAL DE LA PLATAFORMA CONVENCIONAL</b>				<b>30.621,02 €</b>	

Figura 89. Costes plataforma atornillada.

En este caso se puede ver hay una importante reducción de costes debido al transporte y a la mano de obra rusa. Darse que hemos introducido costes de mandar un ingeniero a Rusia para asegurarse del correcto montaje de la plataforma, pagando al ingeniero un extra por ir a trabajar a Rusia y obviamente el coste del billete de avión hasta Kazán. En este caso las horas de fabricación en nuestro taller son menores y los costes me disminuyen.



## CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

Con toda la información recapitulada en los capítulos anteriores vamos a sacar las conclusiones relativas a cada apartado y por último concluiremos este TFG con la conclusión final.

Conclusiones relativas:

### - AL DISEÑO

En cuanto al diseño las plataformas son muy similares pero en la atornillada debemos tener más en cuenta las uniones de los pilares que hemos de sustituir y hacer más cálculos ya que al sustituir los pilares es necesario crear un nuevo tipo de pilar capaz de aguantar el conjunto de los esfuerzos. Al ser las barandillas atornilladas también se debe comprobar que los tornillos usados van a aguantar el anclaje de las barandillas al bastidor. A la hora de diseñar es más fácil diseñar la plataforma soldada.

### - A LOS MATERIALES

Los materiales son bastante parecidos pero en la plataforma soldada al usar bulones roscados debemos mecanizarlos con el tiempo que conlleva esperar a que nos los sirva el proveedor. Lo más llamativo es que la atornillada tiene muchas uniones con tornillos por lo que vamos a tener un mayor número de elementos comerciales. La diferencia es mínima ya que a lo largo del trabajo requiere mano de obra menos especializada que las uniones soldadas.

### - A LA FABRICACIÓN

La fabricación de las dos plataformas en principio parece que será similar, pero la plataforma atornillada lleva mayor trabajo ya que participan en ella mayor número de piezas. Tendremos por tanto que usar mayor tiempo de fabricación pero menor tiempo de montaje ya que se montará en la empresa cliente. Al tener que montarse en Rusia la plataforma atornillada tiene ventaja de que tendremos menos tiempo de producción en nuestro taller y por lo tanto dispondremos de más espacio en el taller para producir nuevas órdenes de fabricación y ocupará menos espacio en el almacén.

### - AL PROCESO FINAL

Los procesos finales y de pintura serán idénticos para las dos plataformas, teniendo que revisar con mayor detenimiento la plataforma atornillada para que su acabado casi perfecto y poder ensamblarse sin problemas en el destino. La plataforma soldada tiene un menor plan de control ya que al montarse en nuestro taller puedo comprobar sus defectos y con comprobar si encajan los bulones entre los módulos sería suficiente. Para este punto no

hay diferencia ya que el tiempo que me ahorro con la revisión de las piezas de la plataforma atornillada lo voy a usar en pintar la plataforma soldada ya que lleva más pilares con lo que conlleva mayor de trabajo.

- TRANSPORTE

Una vez que he seleccionado el medio de transporte comprobamos una gran diferencia, ya que al enviar la plataforma atornillada necesito sólo un camión, pero sin embargo necesito enviar un ingeniero para asegurarnos de que el montaje sea el correcto. Con gran diferencia en este aspecto es mejor la atornillada ya que la soldada nos requiere dos camiones para ser transportada.

- COSTES

Este punto es decisivo ya que la atornillada supone un ahorro en la fabricación de 7.000 € aproximadamente con lo que ello supone. Se debe a un menor coste en el transporte y que al ensamblarla con montadores rusos sus los salarios medios menores que en España. En este punto la plataforma atornillada es claramente mejor que la soldada porque podemos ofrecer un buen precio y ser más competitivos a la hora de ofertar.

• CONCLUSIÓN FINAL

Finalmente, para este proyecto, la **plataforma atornillada es la elegida**, rechazando la soldada ya que es menos costosa y necesitamos menos horas de fabricación en el taller. Es una plataforma adecuada para la industria del sector metalúrgica y cumple con las especificaciones generales y específicas con la que fue diseñada.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- LIBROS
  - Pascual Urbán Brotóns. Construcción De Estructuras Metálicas - 3ª Edición. Alicante : Club Universitario, 2009
  - Jesús Fernández García, Víctor López García, Rubén Sánchez Lamas, Rosa María Antuña Nuño. Diseño para la fabricación y ensamblaje (DFMA). Fundacion Prodictec 2012.
  - José Antonio Vásquez Angulo. Análisis y diseño de piezas con CATIA V5. Marcombo Barcelona 2012
  - Empresa Nacional Siderúrgica. Prontuario Ensidesa: manual para cálculo de estructuras metálicas. T.2, Bases de cálculo, dimensión. Madrid : Ensidesa, 1975.
  - Asociacion Española de Normalización y Certificación. UNE EN ISO 12944-1 Pinturas y barnices, protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores, parte 1, Introducción general. Madrid : AENOR, 1999.
  - Arianna Paola Guardiola Villora. Diseño de las uniones atornilladas. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Escola Tècnica Superior d'Arquitectura 07-05-2012.
  - Budynas Richard, Nisbett Keith. Diseño en ingeniería mecánica Shigley. (9ª ed) McGraw-Hill.
  - José Cueto. Manual de soldadura MIG - MAG (hilo continuo). Barcelona : Cano Pina Ediciones Ceysa, 2005
  - Documento Básico Seguridad Estructural del Código Técnico de la Edificación (DB-SE-A).
  - EAE - Instrucción de Acero Estructural, año 2011.

- NOTAS TÉCNICAS DE PREVENCIÓN (NTP) DEL INSTUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT)
  - NTP 123 - Barandillas
  - NTP 404 - Escaleras
  - NTP 774 - Sistemas anticaídas. Componentes y elementos
  
- NORMATIVA ISO
  - UNE-EN ISO 2768-1:1989 sobre “Tolerancias lineales y angulares sin indicación individual de tolerancia”.
  - UNE-EN ISO 13920:1997 sobre “Tolerancias generales en construcciones soldadas. Dimensiones de longitudes y ángulos. Forma y posición”.
  - UNE-EN ISO 12944-5:2008 sobre “Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores.”
  - UNE-EN 1090-1:2011 +A1 sobre la ejecución de las estructuras de acero. Parte 1: “Requisitos para la evaluación de la conformidad de los componentes estructurales”. Parte 2: “Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero”.
  
- INFORMACIÓN COMERCIAL
  - CATÁLOGO ANCLAJES HILTI → <https://www.hilti.es/sistemas-de-anclajes/anclajes-de-expansi%C3%B3n> (02-02-2016)
  - CATÁLOGO HIERROS SANTANDER → <http://www.hierrossantander.com//siderurgicos.php> (05/02/2016)
  - POLIPASTO EINHELL → <https://bricalia.com/es/45-polipastos> (25/02/2016)

- CATÁLOGO KBS (SIERRA) →  
[https://www.kaltenbach.com/files/d\\_reference\\_mosecker\\_es.pdf](https://www.kaltenbach.com/files/d_reference_mosecker_es.pdf) (15/04/2016)
- CATÁLOGO MAHENOR (PLEGADORA) →  
<http://www.mahenor.com/catalogo-plegadoras> (16/04/2016)
- CATÁLOGO DURMA (PLASMA) →  
<http://www.moderntool.com/products/durma-pl-c-1530-cnc-plasma-cutting-table-5-x-10/> (17/04/2016)
- CATÁLOGO STILL (CARRETILLA) →  
<http://www.still.es/carretillas-electricas-rx-50-10.0.0.html>  
(20/04/2016)
- CATÁLOGO DEMAG (PUENTE GRÚA) →  
<http://www.demagcranes.es/Grua-Demag-V-Type;jsessionid=DCDB5EEDCD70D6D0BAA724DC777A19A6.nodeb> (20/04/2016)
- CATÁLOGO DKV (TRANSPORTE) → <https://www.dkv-euroservice.com/es> (04/05/2016)
- CATÁLOGO CIN (DE PINTURA) →  
<http://www.cincanarias.es/portales/> (7/05/2016)



# ANEXOS



# ÍNDICE ANEXOS

*ANEXO 1: Elementos constructivos*

*ANEXO 2: Maquinaria*

*ANEXO 3: Listado de materiales*

*ANEXO 4: Pintura*

*ANEXO 5: Cálculos*

*ANEXO 6: Planos*



*ANEXO 1:*

## **ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS**



# ÍNDICE ANEXO 1

1. ANCLAJES

2. REJILLA SOLDADA

3. PERFILES

4. POLIPASTO

5. DISEÑO Y CÁLCULO DE UNIONES ATORNILLADAS



## 1. ANCLAJES → HILTI

Los tornillos de anclaje elegidos son tornillos expansivos de la marca HILTI. Esta marca nos ofrece una ficha técnica para su uso con una serie de datos técnicos, declaración de prestaciones e instrucciones de colocación.

- **Los datos técnicos son:**

Configuración de cabeza → Con rosca externa

Tipo de fijación → Fijación directa, Fijación previa

Protección frente a corrosión → Acero, inoxidable

Condiciones ambientales → Exterior

Software PROFIS → Sí

Aprobado para perforación con diamante → No

Dirección de instalación → Todo

	Anchor version	Benefits
	HST Carbon steel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- suitable for non-cracked and cracked concrete C 20/25 to C 50/60</li> <li>- highly reliable and safe anchor for structural seismic design with ETA C1/C2 approval</li> <li>- quick and simple setting operation</li> <li>- safety wedge for certain follow up expansion</li> </ul>
	HST-R Stainless steel	
	HST-HCR High corrosion resistance steel	

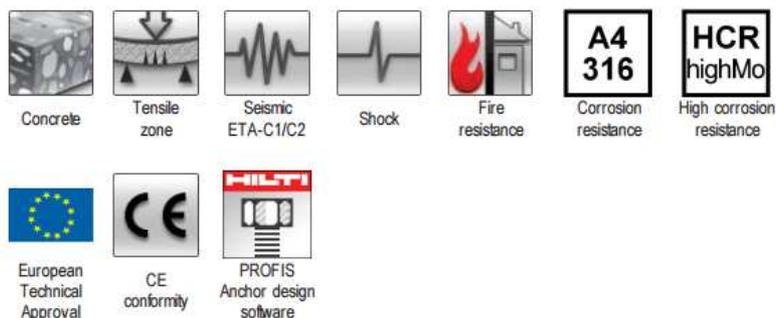


Figura 1.a. Datos técnicos tornillos Hilti.

Datos relativos a la resistencia y a las cargas recomendadas:

#### Mean ultimate resistance

Anchor size		Non-cracked concrete						Cracked concrete					
		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tensile $N_{R,u,m}$													
HST	[kN]	16,6	22,3	35,2	48,7	76,0	86,1	10,3	11,6	21,9	31,1	44,9	60,2
HST-R	[kN]	18,1	26,7	35,1	49,8	77,4	79,1	12,7	18,4	20,1	36,0	55,1	70,5
HST-HCR	[kN]	15,2	22,7	32,4	45,5	-	-	13,8	16,2	21,5	32,4	-	-
Shear $V_{R,u,m}$													
HST	[kN]	17,6	27,8	40,5	67,8	102,9	112,3	17,6	27,8	40,5	67,8	102,9	112,3
HST-R	[kN]	15,8	24,4	35,4	61,2	95,6	137,7	15,8	24,4	35,4	61,2	95,6	137,7
HST-HCR	[kN]	17,6	27,8	40,5	75,4	-	-	17,6	27,8	40,5	75,4	-	-

#### Characteristic resistance

Anchor size		Non-cracked concrete						Cracked concrete					
		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tensile $N_{R,k}$													
HST	[kN]	9,0	16,0	20,0	35,0	50,0	60,0	5,0	9,0	12,0	20,0	30,0	40,0
HST-R	[kN]	9,0	16,0	20,0	35,0	50,0	60,0	5,0	9,0	12,0	25,0	30,0	40,0
HST-HCR	[kN]	9,0	16,0	20,0	35,0	-	-	5,0	9,0	12,0	25,0	-	-
Shear $V_{R,k}$													
HST	[kN]	14,0	23,5	35,0	55,0	84,0	94,0	14,0	23,5	35,0	55,0	84,0	94,0
HST-R	[kN]	13,0	20,0	30,0	50,0	80,0	115,0	13,0	20,0	30,0	50,0	80,0	115,0
HST-HCR	[kN]	13,0	20,0	30,0	55,0	-	-	13,0	20,0	30,0	53,5	-	-

Figura 1.b. Datos técnicos relativos a la resistencia de los tornillos Hilti.

#### Design resistance

Anchor size		Non-cracked concrete						Cracked concrete					
		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tensile $N_{R,d}$													
HST	[kN]	5,0	10,7	13,3	23,3	33,3	40,0	2,8	6,0	8,0	13,3	20,0	26,7
HST-R	[kN]	6,0	10,7	13,3	23,3	33,3	40,0	3,3	6,0	8,0	16,7	20,0	26,7
HST-HCR	[kN]	6,0	10,7	13,3	23,3	-	-	3,3	6,0	8,0	16,7	-	-
Shear $V_{R,d}$													
HST	[kN]	11,2	18,8	28,0	44,0	67,2	62,7	11,2	18,8	28,0	44,0	60,9	62,7
HST-R	[kN]	10,4	16,0	24,0	38,5	55,6	79,9	10,4	16,0	24,0	35,6	55,6	79,9
HST-HCR	[kN]	10,4	16,0	24,0	44,0	-	-	10,4	16,0	24,0	35,6	-	-

#### Recommended loads

Anchor size		Non-cracked concrete						Cracked concrete					
		M8	M10	M12	M16	M20	M24	M8	M10	M12	M16	M20	M24
Tensile $N_{rec}^{a)}$													
HST	[kN]	3,6	7,6	9,5	16,7	23,8	28,6	2,0	4,3	5,7	9,5	14,3	19,0
HST-R	[kN]	4,3	7,6	9,5	16,7	23,8	28,6	2,4	4,3	5,7	11,9	14,3	19,0
HST-HCR	[kN]	4,3	7,6	9,5	16,7	-	-	2,4	4,3	5,7	11,9	-	-
Shear $V_{rec}^{a)}$													
HST	[kN]	8,0	13,4	20,0	31,4	48,0	44,8	8,0	13,4	20,0	31,4	43,5	44,8
HST-R	[kN]	7,4	11,4	17,1	27,5	39,7	57,0	7,4	11,4	17,1	25,5	39,7	57,0
HST-HCR	[kN]	7,4	11,4	17,1	31,4	-	-	7,4	11,4	17,1	25,5	-	-

a) With overall partial safety factor for action  $\gamma = 1,4$ . The partial safety factors for action depend on the type of loading and shall be taken from national regulations.

Figura 1.c. Datos técnicos relativos a la resistencia y cargas de los tornillos Hilti.

Datos relativos a los materiales:

### Materials

#### Mechanical properties of HST, HST-R, HST-HCR

Anchor size		M8	M10	M12	M16	M20	M24
Nominal tensile strength $f_{uk}$	HST [N/mm <sup>2</sup> ]	800	800	800	720	700	530
	HST-R [N/mm <sup>2</sup> ]	720	700	700	650	650	650
	HST-HCR [N/mm <sup>2</sup> ]	800	800	800	800	-	-
Yield strength $f_{yk}$	HST [N/mm <sup>2</sup> ]	640	640	640	580	560	451
	HST-R [N/mm <sup>2</sup> ]	575	560	560	500	450	450
	HST-HCR [N/mm <sup>2</sup> ]	640	640	640	640	-	-
Stressed cross-section $A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	36,6	58,0	84,3	157	245	353
Moment of resistance $W$	[mm <sup>3</sup> ]	31,2	62,3	109,2	277,5	540,9	935,5
Char. bending resistance $M^0_{Rk,s}$	HST [Nm]	30	60	105	240	454	595
	HST-R [Nm]	27	53	92	216	422	730
	HST-HCR [Nm]	30	60	105	266	-	-

#### Material quality

Part	Material	
Bolt	HST	Carbon steel, galvanised to min. 5 $\mu$ m
	HST-R	Stainless steel
	HST-HCR	High corrosion resistant steel

Figura 1.d. Datos técnicos de los materiales que componen los tornillos Hilti.

Y datos dimensionales:

#### Anchor dimensions

Anchor size		M8	M10	M12	M16	M20	M24
Minimum thickness of fixture	$t_{fix,min}$ [mm]	2	2	2	2	2	2
Maximum thickness of fixture	$t_{fix,max}$ [mm]	195	200	200	235	305	330
Shaft diameter at the cone	$d_R$ [mm]	5,5	7,2	8,5	11,6	14,6	17,4
Minimum length of the anchor	$l_{1,min}$ [mm]	75	90	115	140	170	200
Maximum length of the anchor	$l_{1,max}$ [mm]	260	280	295	350	450	500
Length of expansion sleeve	$l_2$ [mm]	14,8	18,2	22,7	24,3	28,3	36

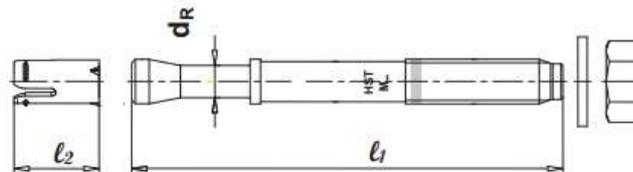


Figura 1.e. Dimensiones características de los tornillos Hilti.

- Declaración de prestaciones

Uso o usos previstos del producto de construcción, con arreglo a la especificación técnica armonizada aplicable, tal como lo establece el fabricante:

<b>Tipo</b>	anclaje de expansión controlada por el par
<b>para uso en</b>	<u>hormigón (C20/25 a C50/60)</u> fisurado: M8 - M24 no fisurado: M8 - M24
<b>Opción/categoría</b>	Opción 1 Actividad sísmica: Categoría C1 (HST, HST-R : M10, M12, M16) Actividad sísmica: Categoría C2 (HST, HST-R : M10, M12, M16)
<b>Tipo de carga</b>	estática, cuasiestática, resistencia al fuego, actividad sísmica
<b>material</b>	<u>Acero galvanizado</u> Solo para uso ambiente interior y seco HST (conformado en frío) : M8, M10, M12, M16, M20, M24  <u>Acero inoxidable A4</u> Para uso en interiores y exteriores sin condiciones agresivas especiales HST-R (conformado en frío) : M8, M10, M12, M16, M20, M24  <u>Acero de elevada resistencia a la corrosión</u> Para uso en interiores y exteriores con condiciones agresivas especiales HST-HCR (conformado en frío, mecanizado) : M8, M10, M12, M16
<b>rango de temperatura (si procede)</b>	-

Figura 1.f. Prestaciones de los tornillos Hilti.

- Instrucciones de uso

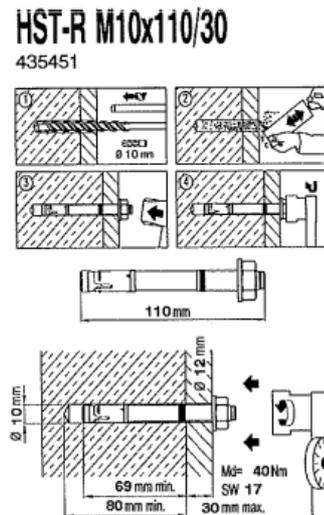


Figura 1.g. Forma de uso de los tornillos Hilti.

## 2. REJILLA SOLDADA → RELESA

La rejilla electrosoldada es una pieza metálica compuesta por varias tiras de flejes iguales, colocadas de canto en paralelo y separadas entre sí, las cuales llevan soldadas perpendicularmente, en todos sus cruces o intersecciones, unas varillas de diámetro mayor al grueso de las mismas.

La rejilla electrosoldada está formada básicamente por tres elementos:

- Pletina portante: Es el elemento que soporta las cargas a los que se somete la rejilla. Fleje de acero laminado en caliente, calidad según NORMA EN 10025 tipo S 235 JR o equivalente, con bajo contenido en silicio. Las alturas del mismo oscilan entre 20 y 100 mm, en pasos de 5mm para espesores de 2, 3, 4 y 5 mm.
- Separador: Varilla cuadrada entre girada o redonda lisa, calidad según NORMA UNE EN 10016-2 tipo C4D, de 4, 5, 6 y 8 mm de lado, como elemento separador entre pletinas portantes y antideslizante.
- Marco: De igual calidad que la pletina portante con la peculiaridad de su forma en Perfil de rejilla cuya misión es el cerramiento de las rejillas, siendo electrosoldado en las cabezas de las pletinas portantes.

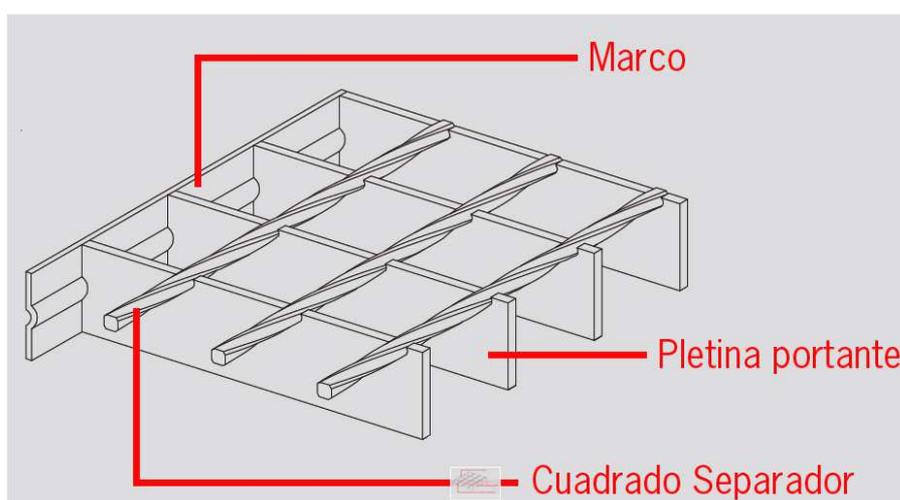


Figura 1.h. Componentes de la rejilla electrosoldada.

Independientemente, se puede suministrar también cualquier tipo de ACERO INOXIDABLE para pedido o acumulación de pedidos superior a 250 m<sup>2</sup>.

La rejilla mecánica, tiene las siguientes características:

1. La unión de las pletinas portantes y separadoras se realiza mediante aporte manual de soldadura en intersecciones atornilladas, sin formar un solo cuerpo.
2. La realización de recortes se lleva a cabo con riesgo de desarmado de rejilla
3. Las pletinas portantes son ranuradas para alojar a las separadoras. Este hecho resta resistencia al conjunto al reducirse la sección portante.
4. El ancho de la ranura debe tener un milímetro más que el ancho de la portante para permitir su ensamblaje.
5. El cierre de las pletinas portantes con el marco se realiza igualmente con aportación manual de soldadura.

Tabla de cargas y flechas dependiendo del tipo de rejilla mecánica:

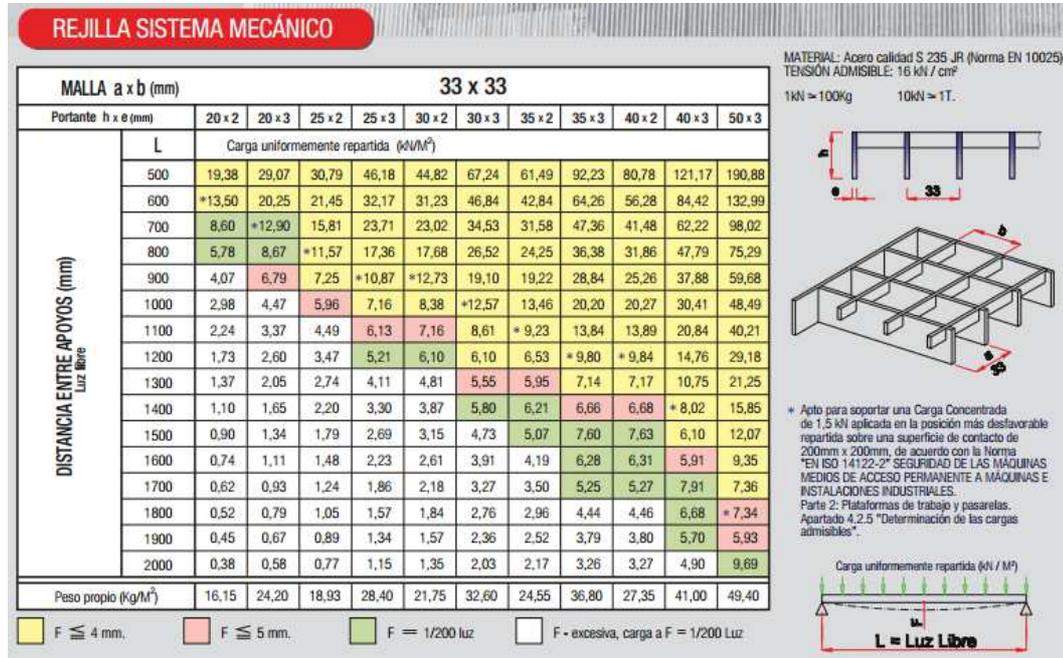


Figura 1.i. Tabla que relaciona la distancia entre apoyos, las cargas y la flecha.

- **GALVANIZADO:**

El revestimiento del zinc es aquel que proporciona la galvanización por inmersión en zinc fundido, resultando la más larga protección contra los agentes corrosivos exteriores, evitándose los consabidos mantenimientos periódicos que se dan en otras protecciones superficiales. Además el zinc confiere al metal base una mejora en sus características técnicas tales como: dureza, adherencia, resistencia a golpes y abrasión, etc.

La galvanización del hierro y acero en zinc fundido se realiza a 450° C, formándose una aleación hierro-zinc en varias capas (FE-ZN), hasta formar una última capa externa de zinc puro (ZN).

Según la norma UNE ISO 1461 (Recubrimientos Galvanizados en Caliente sobre productos acabados de hierro y acero) los valores mínimos admisibles de la masa y el espesor del recubrimiento del galvanizado son los que se indican en la siguiente tabla:

ESPESOR DE LA PIEZA	RECUBRIMIENTO LOCAL (MINIMO)		RECUBRIMIENTO MEDIO (MINIMO)	
	G/M2	µm	G/M2	µm
ACERO > 6mm	505	70	610	85
ACERO > 3mm hasta ≤ 6mm	395	55	505	70
ACERO ≥ 1.5mm hasta ≤ 3mm	325	45	395	55
ACERO < 1.5mm	250	35	325	45
PIEZAS MOLDEADAS ≥ 6mm	505	70	575	80
PIEZAS MOLDEADAS < 6mm	430	60	505	70

*Figura 1.j. Tabla para proteger la rejilla frente a la corrosión por galvanizado.*

Las características y la calidad del zinc empleadas para la galvanización vienen recogidas según la norma UNE EN 1179 zinc y aleaciones de zinc y zinc primario.

Hay que tener en cuenta en su diseño y fabricación que para conseguir diseños de alta calidad es esencial eliminar todos los contaminantes superficiales, tales como:

- Aceites.
- Grasas.
- Pinturas.
- Barnices.
- Escorias y proyecciones de soldadura.
- Marcas a base de ceras.

Los materiales que no puedan manipularse con cadenas, cestas, ganchos o bastidores, deben proveerse con orificios o asideros para la suspensión. En caso de duda, consultar con el galvanizador. En las superficies de acoplamiento y en los agujeros se debe prever una holgadura adicional, a fin de tener en cuenta el espesor del recubrimiento galvanizado.

Se considera material adecuado para galvanizar en caliente por inmersión:

1. El hierro.
2. Los aceros al carbono.
3. Los aceros de alta resistencia y baja aleación.
4. Los aceros moldeados.
5. Fundiciones gris, maleable y nodular.

Con toda esta explicación completaremos toda la documentación necesaria para las rejillas mecánicas.

### 3. PERFILES → HIERRO SANTANDER

Los perfiles usados en este trabajo fin de grado son de dos tipos:

#### 3.1. PERFILES LAMINADOS:

En la columna de suministro de las tablas, las indicaciones P existencia permanente, o C consulta previa, corresponden a las condiciones normales del mercado.

##### 3.1.1 Perfil UPN

Su sección tiene forma de U. Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma y las interiores presentan una inclinación del 8 por 100 respecto a las exteriores, por lo que las alas tienen espesor decreciente hacia los bordes. Las uniones entre la cara interior del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas. Las alas tienen el borde con arista exterior viva e interior redondeada.

Las dimensiones y los términos de sección de los perfiles UPN se detallan en la siguiente tabla que coincide con la norma UNE 36 522.

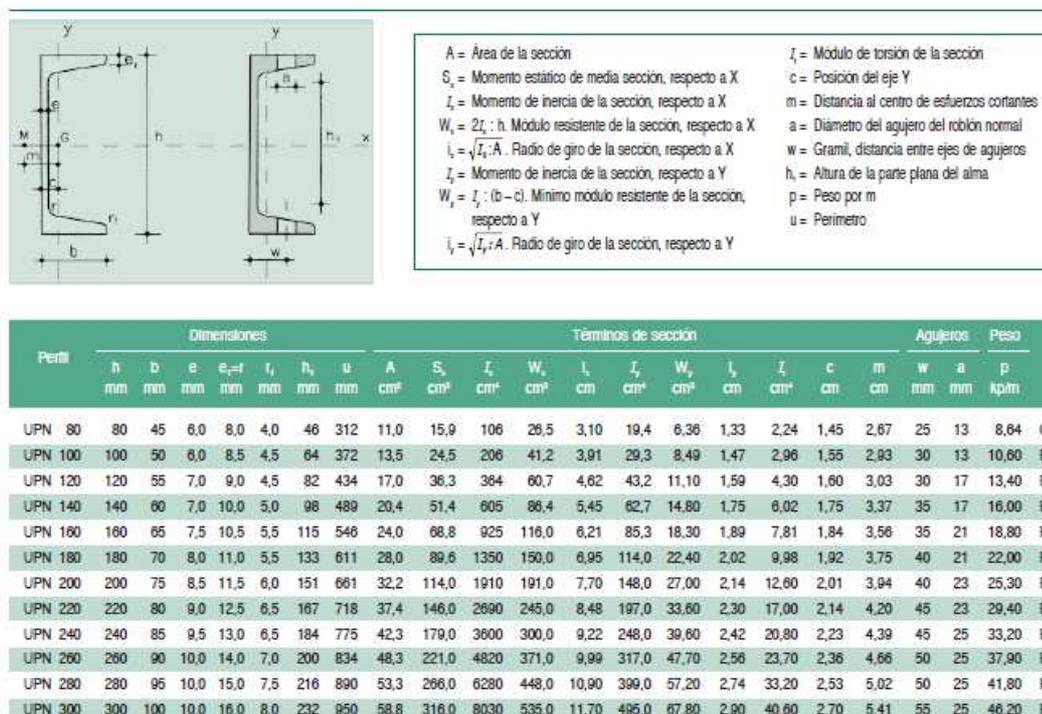
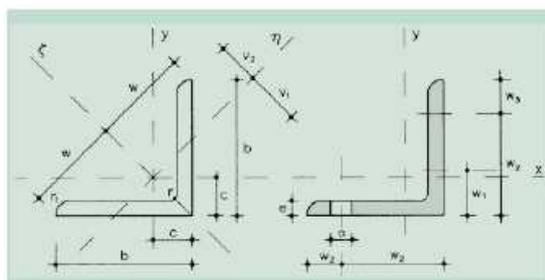


Figura 1.k. Características de los perfiles UPN.

### 3.1.2. Perfil L

Su sección tiene forma de ángulo recto, con las alas de igual longitud. Las caras de cada ala son paralelas y la unión de las caras interiores está redondeada.

Las alas tienen el borde exterior con aristas vivas y el interior redondeado. Las dimensiones y los términos de sección de los perfiles L se detallan a continuación y coinciden con los de la norma UNE 36 531.



- A = Área de la sección
- $I_x$  = Momento de inercia de la sección, respecto a X
- $I_y$  = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
- $I_z$  = Momento de inercia de la sección, respecto a Z
- $W_x = I_x / (b - c)$ , Módulo resistente de la sección, respecto a X
- $W_y = I_y / (b - c)$ , Módulo resistente de la sección, respecto a Y
- $i_x = \sqrt{I_x / A}$ , Radio de giro de la sección, respecto a X
- $i_y = \sqrt{I_y / A}$ , Radio de giro de la sección, respecto a Y
- $i_z = \sqrt{I_z / A}$ , Radio de giro de la sección, respecto a Z
- u = Perímetro
- p = Peso por m
- a = Diámetro del agujero del roblón normal

Perfil	Dimensiones				Posición del centro				Términos de sección						Agujeros				Peso						
	b	e	r	t <sub>1</sub>	u	c	v <sub>1</sub>	v <sub>2</sub>	w	A	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	I <sub>x1</sub>	I <sub>y1</sub>	I <sub>z1</sub>	I <sub>x2</sub>	I <sub>y2</sub>	I <sub>z2</sub>	W <sub>x2</sub>	W <sub>y2</sub>	a	p
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	mm	mm	mm	kg/m
L 40. 4	40	4	6	3,0	155	1,12	1,58	1,40	2,63	3,08	4,47	7,09	1,86	1,55	1,17	1,21	1,52	0,78	22	—	18	11	2,42	P	
L 40. 5	40	5	6	3,0	155	1,16	1,64	1,42	2,63	3,79	5,43	8,60	2,26	1,91	1,37	1,20	1,51	0,77	22	—	18	11	2,97	C	
L 40. 6	40	6	6	3,0	155	1,20	1,70	1,43	2,63	4,48	6,31	9,98	2,65	2,26	1,56	1,19	1,49	0,77	22	—	18	11	3,52	C	
L 45. 4	45	4	7	3,5	174	1,23	1,75	1,57	3,18	3,49	6,43	10,20	2,67	1,97	1,53	1,36	1,71	0,88	25	—	20	13	2,74	P	
L 45. 5	45	5	7	3,5	174	1,28	1,81	1,58	3,16	4,30	7,84	12,40	3,26	2,43	1,80	1,35	1,70	0,87	25	—	20	13	3,38	P	
L 45. 6	45	6	7	3,5	174	1,32	1,87	1,59	3,18	5,09	9,16	14,50	3,82	2,88	2,05	1,34	1,69	0,87	25	—	20	13	4,00	C	
L 50. 4	50	4	7	3,5	194	1,36	1,92	1,75	3,54	3,89	8,97	14,20	3,72	2,46	1,94	1,52	1,91	0,98	30	—	20	13	3,06	P	
L 50. 5	50	5	7	3,5	194	1,40	1,99	1,76	3,54	4,80	11,00	17,40	4,54	3,05	2,29	1,51	1,90	0,97	30	—	20	13	3,77	P	
L 50. 6	50	6	7	3,5	194	1,45	2,04	1,77	3,54	5,69	12,80	20,30	5,33	3,61	2,61	1,50	1,89	0,97	30	—	20	13	4,47	C	
L 50. 7	50	7	7	3,5	194	1,49	2,10	1,78	3,54	6,56	14,60	23,10	6,11	4,16	2,91	1,49	1,88	0,96	30	—	20	13	5,15	C	
L 50. 8	50	8	7	3,5	194	1,52	2,16	1,80	3,54	7,41	16,30	25,70	6,87	4,68	3,19	1,48	1,86	0,96	30	—	20	13	5,82	C	
L 60. 5	60	5	8	4,0	233	1,64	2,32	2,11	4,24	5,82	19,40	30,70	8,02	4,45	3,45	1,82	2,30	1,17	35	—	25	17	4,57	P	
L 60. 6	60	6	8	4,0	233	1,69	2,39	2,11	4,24	6,91	22,80	36,20	9,43	5,29	3,95	1,82	2,29	1,17	35	—	25	17	5,42	P	
L 60. 8	60	8	8	4,0	233	1,77	2,50	2,14	4,24	9,03	29,20	46,20	12,20	6,89	4,66	1,80	2,26	1,16	35	—	25	17	7,09	C	
L 60. 10	60	10	8	4,0	233	1,85	2,61	2,17	4,24	11,10	34,90	55,10	14,80	8,41	5,67	1,78	2,23	1,16	35	—	25	17	8,69	C	
L 70. 6	70	6	9	4,5	272	1,93	2,73	2,46	4,95	8,13	36,9	58,5	15,3	7,27	5,59	2,13	2,68	1,37	40	—	30	21	6,38	P	
L 70. 7	70	7	9	4,5	272	1,97	2,79	2,47	4,95	9,40	42,3	67,1	17,5	8,41	6,27	2,12	2,67	1,36	40	—	30	21	7,38	P	
L 70. 8	70	8	9	4,5	272	2,01	2,85	2,47	4,95	10,60	47,5	75,3	19,7	9,52	6,91	2,11	2,66	1,36	40	—	30	21	8,36	C	
L 70. 10	70	10	9	4,5	272	2,09	2,96	2,50	4,95	13,10	57,2	90,5	23,9	11,70	8,10	2,09	2,63	1,35	40	—	30	21	10,30	C	
L 80. 8	80	8	10	5,0	311	2,26	3,19	2,82	5,66	12,30	72,2	115,0	29,9	12,60	9,36	2,43	3,06	1,56	45	—	35	23	9,63	P	
L 80. 10	80	10	10	5,0	311	2,34	3,30	2,85	5,66	15,10	87,5	139,0	36,3	13,40	11,00	2,41	3,03	1,55	45	—	35	23	11,90	C	
L 80. 12	80	12	10	5,0	311	2,41	3,41	2,89	5,66	17,90	102,0	161,0	42,7	18,20	12,50	2,39	3,00	1,55	45	—	35	23	14,00	C	
L 90. 8	90	8	11	5,5	351	2,50	3,53	3,17	6,36	13,90	104,0	166,0	43,1	16,10	12,20	2,74	3,45	1,76	50	—	40	25	10,90	P	
L 90. 10	90	10	11	5,5	351	2,58	3,65	3,19	6,36	17,10	127,0	201,0	52,5	19,80	14,40	2,72	3,43	1,75	50	—	40	25	13,40	C	
L 90. 12	90	12	11	5,5	351	2,66	3,76	3,22	6,36	20,30	148,0	234,0	61,7	23,30	16,40	2,70	3,40	1,74	50	—	40	25	15,90	C	
L 100. 8	100	8	12	6,0	390	2,74	3,87	3,52	7,07	15,50	145,0	230,0	59,8	19,90	15,50	3,06	3,85	1,96	45	60	40	25	12,20	P	
L 100. 10	100	10	12	6,0	390	2,82	3,99	3,54	7,07	19,20	177,0	280,0	72,9	24,60	18,30	3,04	3,83	1,95	45	60	40	25	15,00	P	
L 100. 12	100	12	12	6,0	390	2,90	4,11	3,57	7,07	22,70	207,0	328,0	85,7	29,10	20,90	3,02	3,80	1,94	45	60	40	25	17,80	C	
L 100. 15	100	15	12	6,0	390	3,02	4,27	3,61	7,07	27,90	249,0	393,0	104,0	35,60	24,40	2,98	3,75	1,93	45	60	40	25	21,90	C	
L 120. 10	120	10	13	6,5	469	3,31	4,69	4,23	8,49	23,20	313,0	497,0	129,0	36,00	27,50	3,67	4,63	2,36	50	80	40	25	18,20	P	
L 120. 12	120	12	13	6,5	469	3,40	4,80	4,26	8,49	27,50	368,0	584,0	152,0	42,70	31,50	3,65	4,60	2,35	50	80	40	25	21,60	P	
L 120. 15	120	15	13	6,5	469	3,51	4,97	4,31	8,49	33,90	445,0	705,0	185,0	52,40	37,10	3,62	4,56	2,33	50	80	40	25	26,60	C	
L 150. 12	150	12	16	8,0	586	4,12	5,83	5,29	10,60	34,80	737,0	1.170,0	303,0	67,70	52,00	4,60	5,80	2,95	50	105	45	28	27,30	P	
L 150. 15	150	15	16	8,0	586	4,25	6,01	5,33	10,60	43,00	898,0	1.430,0	370,0	83,50	61,60	4,57	5,76	2,93	50	105	45	28	33,80	P	
L 150. 18	150	18	16	8,0	586	4,37	6,17	5,38	10,60	51,00	1.050,0	1.670,0	435,0	98,70	70,40	4,54	5,71	2,92	50	105	45	28	40,10	C	

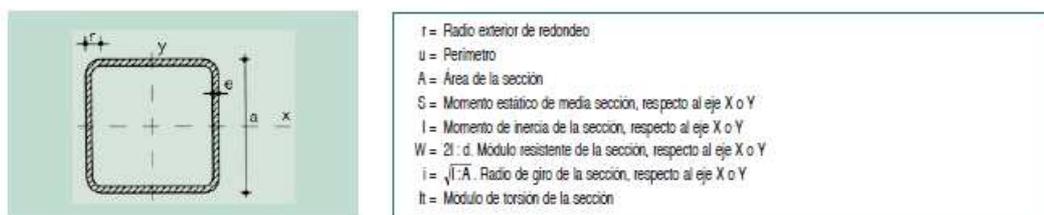
Figura 1.1. Características de los perfiles angulares.

### 3.2 PERFILES CONFORMADOS EN FRIO

En las tablas de este Anejo figuran, a título informativo, datos sobre perfiles huecos conformados en frío que se utilizan usualmente.

#### 3.2.1. Perfiles huecos rectangulares

Tiene sección rectangular hueca de lados  $a > b$  y espesor  $e$ , no mayor que  $0,1b$  ni menor que  $0,025a$  con aristas redondeadas. Las dimensiones y los términos de sección se detallan en la tabla 2.A2.3.



Perfil	Dimensiones				Términos de sección						Peso p kg/m	
	a mm	e mm	r mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	S cm <sup>3</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>		
≠ 40.2	40	2	5	151	2,90	2,04	6,60	3,40	1,53	11,3	2,28	P
≠ 40.3	40	3	8	147	4,13	2,80	9,01	4,51	1,48	15,6	3,24	P
≠ 40.4	40	4	10	143	5,21	3,40	10,50	5,26	1,42	18,9	4,09	P
≠ 45.2	45	2	5	171	3,30	2,63	9,94	4,42	1,74	16,3	2,59	C
≠ 45.3	45	3	8	167	4,73	3,65	13,40	5,95	1,68	22,9	3,71	C
≠ 45.4	45	4	10	163	6,01	4,49	15,90	7,07	1,63	28,2	4,72	C
≠ 50.2	50	2	5	191	3,70	3,30	13,90	5,57	1,94	22,7	2,91	P
≠ 50.3	50	3	8	187	5,33	4,62	19,00	7,59	1,89	32,0	4,18	P
≠ 50.4	50	4	10	183	5,81	5,73	22,90	9,15	1,83	39,9	5,35	P
≠ 55.2	55	2	5	211	4,10	4,04	18,90	6,86	2,14	30,5	3,22	C
≠ 55.3	55	3	8	207	5,93	5,70	25,90	9,43	2,09	43,4	4,66	C
≠ 55.4	55	4	10	203	7,61	7,12	31,60	11,50	2,04	54,5	5,97	C
≠ 60.2	60	2	5	231	4,50	4,86	24,80	8,28	2,35	39,9	3,53	P
≠ 60.3	60	3	8	227	6,53	6,89	34,40	11,50	2,30	57,1	5,13	P
≠ 60.4	60	4	10	223	8,41	8,66	42,30	14,10	2,24	72,2	6,60	P
≠ 60.5	60	5	13	219	10,10	10,20	48,50	16,20	2,19	85,2	7,96	C
≠ 70.2	70	2	5	271	5,30	6,71	40,30	11,50	2,76	64,1	4,16	P
≠ 70.3	70	3	8	267	7,73	9,60	56,60	16,20	2,71	92,6	6,07	P
≠ 70.4	70	4	10	263	10,00	12,20	70,40	20,10	2,65	118,0	7,86	P
≠ 70.5	70	5	13	259	12,10	14,50	82,00	23,40	2,60	141,0	9,53	P
≠ 80.3	80	3	8	307	8,93	12,80	86,60	21,70	3,11	140,0	7,01	P
≠ 80.4	80	4	10	303	11,60	16,30	108,80	27,20	3,06	180,0	9,11	P
≠ 80.5	80	5	13	299	14,10	19,50	128,00	32,00	3,01	217,0	11,10	P
≠ 80.6	80	6	15	294	16,50	22,40	144,00	36,00	2,95	250,0	13,00	C
≠ 90.3	90	3	8	347	10,10	16,40	126,00	37,90	3,52	202,0	7,95	P
≠ 90.4	90	4	10	343	13,20	21,10	159,00	35,40	3,47	281,0	10,40	P
≠ 90.5	90	5	13	339	16,10	25,30	189,00	41,90	3,42	316,0	12,70	P
≠ 90.6	90	6	15	334	18,90	29,20	214,00	47,60	3,36	366,0	14,90	P
≠ 100.3	100	3	8	387	11,30	20,10	175,00	35,00	3,93	279,0	8,89	P
≠ 100.4	100	4	10	383	14,80	26,40	223,00	44,60	3,88	363,0	11,60	P
≠ 100.5	100	5	13	379	18,10	31,90	266,00	53,10	3,83	440,0	14,20	P
≠ 100.6	100	6	15	374	21,30	37,00	304,00	60,70	3,77	513,0	16,70	P
≠ 120.4	120	4	10	463	18,00	38,90	397,00	66,20	4,70	638,0	14,10	P
≠ 120.5	120	5	13	459	22,10	47,20	478,00	79,60	4,64	780,0	17,40	P
≠ 120.6	120	6	15	454	26,10	55,10	551,00	91,80	4,59	913,0	20,50	C

Figura 1.m. Características de los perfiles cuadrados huecos.



## 4. POLIPASTO → POLIPASTO EINHELL

Los datos técnicos del polipasto y brazo del polipasto empleados son:

### 4.1. POLIPASTO

POLIPASTO 250 Kgr. BT-EH 250 EINHELL

- Marca: Einhell
- Tensión 230 V | 50 Hz.
- Potencia 500 W | 20 %.
- Anchura máx. gancho simple (con polea) 125 kg.
- Anchura máx. doble gancho (con polea) 250 kg.
- Altura máx. gancho simple (sin polea) 11.5 m.
- Altura máx. doble gancho (con polea) 5.7 m.
- Velocidad gancho simple (con polea) 8 m/min.
- Velocidad doble gancho (con polea) 4 m/min.
- 12 m de cuerda de alambre ( $\varnothing$  3,0 mm).
- Peso: 9,95 kg.

### 4.2. BRAZO POLIPASTO

- Marca: Einhell
- Carga máxima: 1000 kg.
- Recorrido de giro: 750 mm. - capacidad de carga 600 kg.
- Recorrido de giro 1.100 mm. - capacidad de carga 300 kg.
- Ángulo de giro: 180°.
- Diámetro del tubo: 48 mm.
- Peso: 8,6 kg.
- Dimensiones del paquete: 830x90x100 mm.



## 5. DISEÑO Y CÁLCULO DE UNIONES ATORNILLADAS

### 5.1. GENERALIDADES

Todas las uniones tendrán una resistencia de cálculo tal que la estructura se comporte satisfactoriamente y sea capaz de cumplir todos los requisitos básicos para el cálculo.

Los tornillos a emplear en uniones de estructuras de acero serán preferentemente de alguno de los grados 4.6, 5.6, 6.8, 8.8 ó 10.9. Como norma general, no se utilizarán tornillos de grado inferior al 4.6 ni de grado superior al 10.9 sin demostración experimental que son adecuados para la unión en la que se prevé su uso.

Para la designación de los tornillos se comienza definiendo el tipo de tornillo (T ó M si es tornillo ordinario, TC ó M si se trata de un tornillo calibrado y TR si el tornillo a designar es de alta resistencia), seguido por el diámetro del vástago en la zona de rosca, la longitud total del vástago, y por último una cifra para indicar la calidad del acero.

### 5.2. CLASES DE TORNILLOS

La calidad del acero empleado en la fabricación de los tornillos marca el tipo de tornillo.

En la siguiente tabla se muestran los valores nominales del límite elástico  $f_{yb}$  y de la resistencia última a tracción  $f_{ub}$  del acero empleado en la fabricación del tornillo, los cuales se deben adoptar como valores característicos en los cálculos:

Valores nominales del límite elástico $f_{yb}$ y de la resistencia a tracción última $f_{ub}$ de tornillos							
Tipo de tornillo	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{ub}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

Figura 1.n. Resistencia a tracción de los tornillos no pretensados.

Los tornillos de clase 8.8 y 10.9 o superior son denominados también "tornillos de alta resistencia", siendo los "tornillos ordinarios" las demás de clase inferior.

### 5.3. COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD

- $\gamma_{Mb}$  : Resistencia de tornillos 1,25
- $\gamma_{Mr}$  : Resistencia de roblones 1,25
- $\gamma_{Mp}$  : Resistencia de bulones 1,25
- $\gamma_{Ms}$  : Resistencia al deslizamiento 1,25 (ELU); 1,1 (ELS)

### 5.4. AGUJEROS PARA TORNILLOS

Preferiblemente, los agujeros para alojar los tornillos se realizarán mediante taladros. Sólo se podrán realizar mediante punzonado cuando el diámetro del agujero sea de mayor dimensión que el espesor de la pieza, que el espesor de la pieza no sea superior a 15 mm y además que la unión no vaya a estar sometida a esfuerzos de fatiga.

Las dimensiones del diámetro de los agujeros será igual, en cada caso, al del vástago del tornillo más:

- 1 mm para tornillos de 12 y 14 mm de diámetro;
- 1 ó 2 mm para tornillos de 16 a 24 mm;
- 2 ó 3 mm para tornillos de diámetro de 27 mm o mayores.

Los agujeros de los tornillos de 12 y 14 mm también podrán tener una holgura de 2 mm siempre y cuando la resistencia del grupo de tornillos a aplastamiento sea inferior a la de cortante.

En uniones atornilladas resistentes por rozamiento pueden emplearse agujeros a sobremedida o agujeros rasgados, cortos o largos, para facilitar el montaje de las piezas. Para agujeros a sobremedida, el diámetro del taladro será igual al del vástago de los tornillos más:

- 3 mm para tornillos de 12 mm;
- 4 mm para tornillos de 14 a 22 mm;
- 6 mm para tornillos de 24 mm;
- 8 mm para tornillos de 27 mm o mayores.

### 5.5. DISPOSICIONES DE MONTAJE

#### 5.5.1. Distancias a los bordes

La distancia  $e_1$  desde el centro del agujero al extremo frontal según la dirección de la transmisión de la carga será al menos de  $1,2 \cdot d_0$

$$e_1 \geq 1,2 \cdot d_0$$

siendo  $d_0$  el diámetro del agujero.

La distancia  $e_2$  del centro del agujero al borde lateral medida normalmente a la dirección de la transmisión de la carga será al menos de  $1,5*d_0$

$$e_2 \geq 1,5*d_0$$

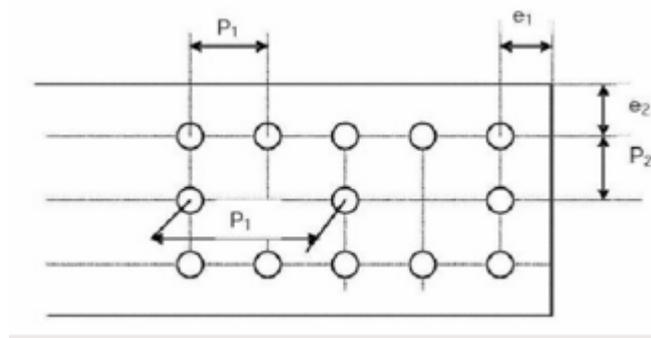


Figura 1.p. Distancia a los bordes de los agujeros.

Si las piezas están expuestas a un ambiente agresivo u otras influencias corrosivas, entonces las máximas distancias  $e_1$  y  $e_2$  serán al menos de:  $40\text{mm} + 4*t$  (siendo  $t$  el espesor de la pieza más delgada a unir).

Para otros casos tomar  $e_1$  y  $e_2 \leq 12*t$  ; o bien, 150 mm (la más restrictiva).

### 5.5.2. Separación entre agujeros

La distancia  $p_1$  entre centro de tornillos en la dirección de la transmisión de la carga será al menos de  $2,2*d_0$

$$p_1 \geq 2,2*d_0$$

siendo  $d_0$  el diámetro del agujero.

La separación  $p_2$  entre filas de tornillos, medidos perpendicularmente a la dirección de la transmisión de la carga será al menos de  $3,0*d_0$

$$p_2 \geq 3,0*d_0$$

En el caso de elementos comprimidos, las separaciones  $p_1$  y  $p_2$  no deberán superar al menor valor de  $14*t$  ó 200 mm.

$$p_1 ; p_2 \leq 14*t \text{ ó } 200 \text{ mm}$$

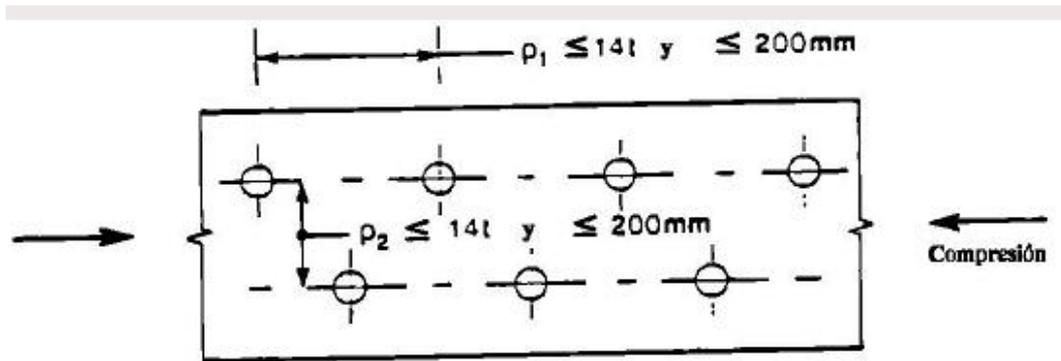


Figura 1.q. Separación entre agujeros a compresión.

En el caso de elementos traccionados la separación  $p_{1,i}$  entre centros de tornillos en filas interiores puede ser doble del valor dado para elementos comprimidos, siempre que la separación  $p_{1,0}$  en la fila exterior en cada borde no supere el valor dado para los elementos a compresión,

$p_{1,i} \leq 28*t$  ó  $400$  mm, si se cumple que,  $p_{1,0} \leq 14*t$  ó  $200$  mm

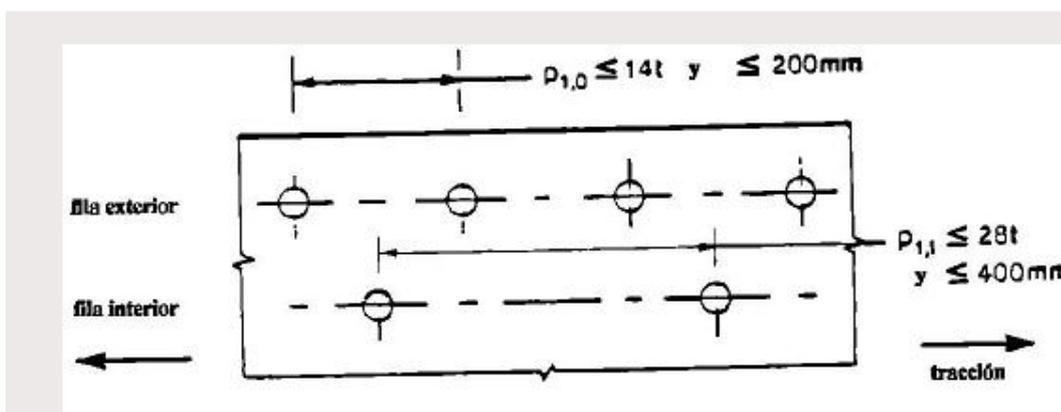


Figura 1.r. Separación entre agujeros a tracción.

## 5.6. TABLAS DE UNIONES CON TORNILLOS NO PRETENSADOS

- Holgura nominal de los taladros.

Tabla 1. Holgura nominal de los taladros

M 10	M 12	M 16	M 20	M 24
1 mm	1 mm	2 mm	2 mm	2 mm

Figura 1.s. Holgura nominal de los agujeros.

- Resistencia a cortante de tornillos no pretensados

RESISTENCIA a CORTANTE TORNILLOS NO PRETENSADOS

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

Cuando el plano de corte está en el vástago  $A = A_d = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

Tabla 2. SIMPLE CORTADURA: n = 1

ACERO			ACERO 4.6	ACERO 5.6	ACERO 6.8	ACERO 8.8	ACERO 10.9
TORNILLOS	d(mm)		$f_{ub} = 400N/mm^2$	$f_{ub} = 500N/mm^2$	$f_{ub} = 600N/mm^2$	$f_{ub} = 800N/mm^2$	$f_{ub} = 1000N/mm^2$
	M 10	10	78	12 480 N	15 600 N	18 720 N	24 960 N
M 12	12	113	18 080 N	22 600 N	27 120 N	36 160 N	45 200 N
M 16	16	201	32 160 N	40 200 N	48 240 N	64 320 N	80 400 N
M 20	20	314	50 240 N	62 800 N	75 360 N	100 480 N	125 600 N
M 24	24	452	72 320 N	90 400 N	108 480 N	144 640 N	180 800 N

Tabla 3. DOBLE CORTADURA: n = 2

ACERO			ACERO 4.6	ACERO 5.6	ACERO 6.8	ACERO 8.8	ACERO 10.9
TORNILLOS	d(mm)		$f_{ub} = 400N/mm^2$	$f_{ub} = 500N/mm^2$	$f_{ub} = 600N/mm^2$	$f_{ub} = 800N/mm^2$	$f_{ub} = 1000N/mm^2$
	M 10	10	78	24 960 N	31 200 N	37 440 N	49 920 N
M 12	12	113	36 160 N	45 200 N	54 240 N	72 320 N	90 400 N
M 16	16	201	64 320 N	80 400 N	96 480 N	128 640 N	160 800 N
M 20	20	314	100 480 N	125 600 N	150 720 N	200 960 N	251 200 N
M 24	24	452	144 640 N	180 800 N	216 960 N	289 280 N	361 600 N

Figura 1.t. Resistencia a cortante de los tornillos no pretensados.

- Resistencia a tracción

RESISTENCIA a TRACCION TORNILLOS NO PRETENSADOS

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$$

Tabla 4

ACERO			ACERO 4.6	ACERO 5.6	ACERO 6.8	ACERO 8.8	ACERO 10.9
TORNILLOS	d(mm)		$f_{ub} = 400N/mm^2$	$f_{ub} = 500N/mm^2$	$f_{ub} = 600N/mm^2$	$f_{ub} = 800N/mm^2$	$f_{ub} = 1000N/mm^2$
	M 10	10	58	16 704 N	20 880 N	25 056 N	33 408 N
M 12	12	84,3	24 278 N	30 348 N	36 417 N	48 556 N	60 696 N
M 16	16	157	45 216 N	56 520 N	67 824 N	90 432 N	113 040 N
M 20	20	245	70 560 N	88 200 N	105 840 N	141 120 N	176 400 N
M 24	24	353	101 664 N	127 080 N	152 496 N	203 328 N	254 160 N

Figura 1.u. Resistencia a tracción de tornillos no pretensados.



*ANEXO 2:*

**MAQUINARIA**



## ÍNDICE ANEXO 2

1. PREPARACIÓN DE MATERIAL

2. MONTAJE



## 1. PREPARACIÓN DE MATERIAL

### 1.1. SIERRA KBS 1010 DG

Es una sierra de cinta semiautomática de altas prestaciones para secciones de acero estructural. Sus características es que tiene amplia capacidad de corte (incluso en ingletes muy pronunciados), la innovación y el compacto diseño caracterizan a la serie KBS. Los motores controlados por frecuencia aseguran unos resultados de corte óptimos y un fácil manejo.

Modelo	KBS 1010 DG
	7470 x 41 x 1,3mm
 90°	500mm
 90°	1010 x 500mm
 +/-45°	735 x 500mm
Rango de Corte en inglete	40° - 90° - 30°
Potencia del motor	7,5kW
Velocidad de corte	15 - 100m/min
Dimensiones (L x An x Al)	3610 x 1160 x 2420mm

Figura 2.a. Datos técnicos sierra KBS 1010 DG.

### 1.2. PLEGADORA MAHENOR AD-SERVO 25100

Es una plegadora de bajo consumo que sirve para plegar las chapas. Nos asegura misma potencia con un 62% de consumo eléctrico. Costes más bajos con tecnología ecológica. Energía silenciosa, eficaz y precisa. Movimiento mediante motores AC Servos y una nueva bomba de velocidad variable que permite:

- Plegados silenciosos
- Reducción del sonido de 76 dbA a 63 dbA
- Ahorro de energía:
  - o 62% con maquina en proceso;
  - o 44% durante el ciclo de plegado;
  - o 60% en 1 hora con 15 ciclos de plegado.
- Velocidad de aproximación de 200mm/seg

- Depósito de aceite de 2x40 lt en vez de 200 lt
- 5,6 veces mejor sincronización en la fase de alta velocidad

EQUIPAMIENTO ESTANDAR	EQUIPAMIENTO OPCIONAL
4 Ejes Y1, Y2, X, R	Unidad de control - Delem 66T/69T
Unidad de control - CNC Cybetec RA	CE con FIESSLER AKAS-LC II AKAS-3 M motorizado + FPSC (SAFETY PLC)
Mesa de compensación de flexiones automática	Sistema de seguridad CE de barreras SICK 4000 (solo para tandems)
Sistema de compensación de flexiones hidráulico para máquinas de más de 800 tons	DFS1 Laser Finger protection (Non CE)
Amarre Promecan estándar para máquinas de hasta 400 tons	Ejes Z1, Z2
Amarre Durma estándar para máquinas a partir de 600 tons	Ejes x1, X2
Brazos frontales deslizantes sobre guía lineal con rodamientos y canal T con uña de tope escamoteable	Ejes R1, R2
Tope trasero con servomotores, guías lineales y husillo a bolas	Eje Delta X + 250 mm de carrera
Cubiertas de protección	Eje X + 1000 mm - Protección trasera con barrera electrónica
Diseño especial de bloques y válvulas Rexroth Bosch	Brazos acompañadores AP3-AP4 motorizados montados sobre guías lineales
Alta calidad en componentes hidráulicos y electrónicos	Amarre mecánico rápido de punzón
	Amarre hidráulico o mecánico WILA
	Amplio catálogo de utilajes, punzones y matrices Promecan y WILA
	Movimiento frontal automático de matriz

Figura 2.b. Datos técnicos de la plegadora Mahenor AD-SERVO 25100.

### 1.3. CORTADORA DE PLASMA DURMA PL-C 1530 con generador de plasma HPR 130 XD

Con esta máquina cortaremos las placas en todas las piezas que pone plasma sea para placa de espesor 10mm como de 15 mm. Hay que tener en cuenta que el guiado de la máquina es crucial para conseguir una buena calidad de corte. Durma en este apartado es especialmente sensible al fabricar dichas máquinas con guías lineales y motorizaciones brushless digital independientes a juego "0" en todos los ejes X, Y, Z.

PL & PL-C
EQUIPAMIENTO ESTANDAR
Control gráfico CNC Siemens 840 DSI
Sólido bastidor mecanizado por máquina CNC
Pórtico robusto
Software CAD/CAM con nesting automático Lantek
Función de alineamiento de chapa por láser
Consola de ignición de plasma
Control de altura de antorcha (THC)
Movimiento del pórtico sobre guías lineales, doble motorización brushless en pórtico con reductores antiretorno a juego "0" y piñón/cremallera helicoidal
AC servomotores digitales en todos los ejes
Sistema de marcado por plasma
Señales de entrada y salida del CNC al filtro
Kit de consumibles
Alta precisión de posicionamiento mecánico +/- 0,1 mm
Velocidad de posicionamiento de ejes 35 m/min.
Control de altura de antorcha sobre doble guía lineal
Mesas de corte independientes en PL, integrados en PLC con husillos a bolas
Dispositivo de control de velocidad
Mesa incluida en mod. PL-C
Control de diagnóstico vía Ethernet
Movimiento de portico sobre guías lineales y piñón/cremallera helicoidal
Lamas de la mesa de gran espesor
Mesas con control de apertura automática de compuertas desde CNC
Web cam para asistencia técnica
Dispositivo anticolidión estándar

Figura 2.c. Datos técnicos de la cortadora de plasma PL-C.

Los modelos que dispongo de las máquinas son:

	A (mm.)	B (mm.)	C (mm.)	D (mm.)	E (mm.)	F (mm.)	G (mm.)	H (mm.)	PESO (kg)
PL-C 1530	8200	4300	4650	2300	1920	938	3065	1580	5100
PL-C 2040	9950	4900	5650	2784	1928	931	4066	2068	5900
PL-C 2060	11700	4900	7650	2784	1928	931	6105	2068	7800
PL 20120	18250	6500	14200	4110	2200	700-750	12360	2100	12710
PL 2580	14250	7500	10200	5110	2200	700-750	8240	2600	10710
PL 25120	18250	7500	14200	5110	2200	700-750	12360	2600	14410
PL 3080	14250	7500	10200	5110	2200	700-750	8240	3100	11510
PL 30120	18250	7500	14200	5110	2200	700-750	12360	3100	15610
PL 30140	20250	7500	16200	5110	2200	700-750	14420	3100	17550
PL 40120	18250	8500	14200	6110	2200	700-750	12360	4200	21110

Figura 2.d. Gama de cortadoras de plasma.

Y de generación de plasma:

ESPECIFICACIONES GENERADOR HPR	Unid	HPR130XD	HPR260XD	HPR400XD
Generador		Hypertherm	Hypertherm	Hypertherm
Capacidad de corte en alta calidad	mm	38	64	80
Capacidad de corte en pinchazo	mm	16	38	50
Velocidad máxima posicionamiento X/Y	m/min	35	35	35
Velocidad máxima de corte	m/min.	12	12	12
Precisión del posicionamiento	mm	+/-0.1	+/-0.1	+/-0.1
Repetitividad	mm	0.1	0.1	0.1
Potencia	A	130	260	400
Regulación de potencia	A	30-130	30-260	30-400
Consola de gas - Automática/manual	-	O2,N2,H35, F5,Air	O2,N2,H35, F5,Air	O2,N2,H35, F5,Air
Conicidad	grados	2 - 4	2 - 4	2 - 4
Plasma gas	-	O2,N2,H35, F5,Air	O2,N2,H35, F5,Air	O2,N2,H35, F5,Air

Figura 2.e. Características de los distintos generadores de plasma de la marca DURMA.

## 2. MONTAJE

### 2.1 GRÚA DEMAG V-TYPE

Con un puente grúa seremos capaces de mover toda la estructura y este proveedor nos ofrece que su puente grúa sea precisa, ligera y duradera - la grúa Demag V-Type revoluciona la manipulación moderna de cargas: su innovadora arquitectura de celosía con articulaciones de membrana cónicas reduce la frecuencia de oscilación en un 30 %, reduce el peso en un promedio del 17 % y duplica la vida útil hasta 500.000 ciclos de carga. El nuevo concepto de perfil representa un aumento significativo en la eficiencia, el transporte de cargas y mejora sustancialmente la manipulación de cargas en comparación con vigas cajón tradicionales.

Capacidad de carga	hasta 12,5 t
Ancho de vía	hasta 30 m
Velocidad de traslación de la grúa	hasta 60 m/min
Velocidad de traslación del carro	hasta 30 m/min
Velocidad de elevación	hasta 12,5 m/min

Figura 2.f. Datos técnicos de un puente grua Demag V-Type.

## 2.2 CARRETILLA DE HORQUILLA ELÉCTRICA RX 50-16

La RX 50 es la carretilla de contrapeso de tres ruedas accionada eléctricamente con accionamiento de rueda trasera más compacta de su clase. Se integra perfectamente en la familia de carretillas E STILL. La RX 50 es especialmente adecuada para la carga y descarga de camiones, contenedores.

Datos técnicos a resaltar:

- Motor de tracción trifásico de 24 voltios con accionamiento de rueda trasera
- Consumo energético extremadamente bajo en todas las fases de trabajo
- Programa de ahorro energético Blue-Q
- Cambio lateral de la batería

Modelo	Capacidad máxima* (kg)	Máxima altura de elevación (mm)	Velocidad de circulación (km/h)	Tensión batería (V)
RX 50-16	1.600	6.070	12.5	24

Figura 2.g. Datos técnicos de la carretilla elevadora eléctrica RX-50-16.



***ANEXO 3:***

## **LISTADO DE MATERIALES**



## ÍNDICE ANEXO 3

1. 22222.01.000 → Planos generales de la plataforma
2. 22222.02.000 → Escalera
3. 22222.03.000 → Módulo 1
4. 22222.04.000 → Módulo 2
5. 22222.05.000 → Módulo 3
6. 22222.06.000 → Módulo 4
7. 22222.07.000 → Estructura superior tipo 1(módulos 1 y 2)
8. 22222.08.000 → Barandillas tipo 1
9. 22222.10.000 → Pilares simple plataforma
10. 22222.13.000 → Barandillas tipo 2
11. 22222.14.000 → Barandillas tipo 3
12. 22222.15.000 → Estructura superior escalera
13. 22222.16.000 → Barandillas tipo 5
14. 22222.19.000 → Barandillas escalera
15. 22222.21.000 → Soportes tipo 1 escalera
16. 22222.22.000 → Soportes tipo 2 escalera
17. 22222.23.000 → Estructura superior tipo 2(módulos 3 y 4)
18. 22222.24.000 → Barandilla tipo 6
19. 22222.29.000 → Barandilla desmontable
20. 22222.40.000 → Polipasto
21. 22222.60.000 → Pilar doble



LISTA DE MATERIALES (BOM)								
Nº PLANO		22222.01.000		DESCRIPCIÓN:		EMSAMBAJE FINAL PLATAFORMA TFG		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS		CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100				CANTIDAD A FABRICAR:		1		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.02.000	1	ESCALERAS		485,65	485,65		
2	22222.03.000	1	MÓDULO 1 PLATAFORMA		1040,57	1040,57		
3	22222.04.000	1	MÓDULO 2 PLATAFORMA		946,17	946,17		
4	22222.05.000	1	MÓDULO 3 PLATAFORMA		749	749		
5	22222.06.000	1	MÓDULO 4 PLATAFORMA		670,25	670,25		
601	601	85	ANCLAJE HST-R M10x110/30		0,051	4,335	110	EXCESO +2
602	602	4	TORNILLO DIN-934 M10 CINCADO	S275JR	0,035	0,14	50	EXCESO +1
603	603	30	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,012	0,36		EXCESO +3
					PESO	3891,64		
					PESO COMERCIALES	4,835		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>3896,475</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.a. Listado de materiales plano 22222.01.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
Nº PLANO		22222.02.000		DESCRIPCIÓN:		RAMPA DE ACCESO A PLATAFORMA		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS		CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100				CANTIDAD A FABRICAR:		1		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.02.001	1	PLACA 1100 X 40 X 10		3,4584	3,4584		MONTAJE OBRA
2	22222.02.002	4	PLACA ANCLAJE 100 X 200 X 10		0,778	3,112		PLASMA
3	22222.15.000	1	ESCALERAS		354,325	354,325		
4	22222.19.000	2	BARANDILLA RAMPA		34,73	69,46		
5	22222.21.000	2	SOPORTE ESCALERA TIPO 1		13,9	27,8		
6	22222.22.000	2	SOPORTE ESCALERA TIPO 2		12,52	25,04		
604	604	5	TORNILLO DIN-934 M24 CINCADO	S275JR	0,039	0,195	60	EXCESO +1
605	605	5	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24	S275JR	0,021	0,105		EXCESO +1
606	606	50	TORNILLO DIN-934 M10 CINCADO	S275JR	0,032	1,6	100	EXCESO +2
607	607	50	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,011	0,55		EXCESO +2
						483,1954		
					PESO COMERCIALES	2,45		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>485,6454</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.b. Listado de materiales plano 22222.02.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.03.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		MODULO 1 PLATAFORMA		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.03.001	8	REJILLA ELECTROSOLDADA	S275JR	24,55	196,4		GALVANIZADA
3	22222.03.002	2	PLACA 300 X 300 X 10	S275JR	6,912	13,824		PLASMA
3	22222.03.003	3	PLACA 200 X 100 X 10	S275JR	1,536	4,608		PLASMA
4	22222.07.000	1	ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 1		334,36	334,36		
5	22222.08.000	1	BARANDILLA TIPO 1		55,63	55,63		
6	2222.10.000	8	SOPORTE PLATAFORMA		27,66	221,28		
7	22222.13.000	1	BARANDILLA TIPO 2		17,903	17,903		
8	22222.60.000	2	SOPORTE DOBLE		78,35	156,7		
604	604	4	TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	S275JR	0,039	0,156	100	EXCESO +1
605	605	27	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24 (C)	S275JR	0,021	0,567		EXCESO +3
606	606	17	TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	S275JR	0,018	0,306	140	EXCESO +1
607	607	9	TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	S275JR	0,16	1,44	50	
608	608	1	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,011	0,011		
609	609	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12 (C)	S275JR	0,012	0,108		EXCESO +1
						1000,705		
						PESO COMERCIALES	2,588	
						<b>PESO TOTAL</b>	<b>1003,293</b>	<b>KG</b>

Figura 3.c. Listado de materiales plano 22222.03.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.04.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		MODULO 2 PLATAFORMA		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.04.001	8	REJILLA ELECTROSOLDADA GAVA.		24,55	196,4		8m2
2	22222.04.002	3	PLACA 200 X 100 X 10	S275JR	1,532	4,596		PLASMA
3	22222.04.003	2	PLACA 300 X 300 X 10	S275JR	6,912	13,824		PLASMA
4	22222.07.000	1	ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 2		358,4	358,4		
5	22222.14.000	1	BARANDILLA TIPO 3		37,804	37,804		
6	22222.16.000	1	BARANDILLA TIPO 4		34,69	34,69		
7	22222.29.000	1	BARANDILLA TIPO 5		33,66	33,66		DESMONTABLE
8	22222.10.000	3	SOPORTE PLATAFORMA		27,66	82,98		
9	22222.40.000	1	POLIPASTO		23,67	23,67		
10	22222.60.000	2	PILAR DOBLE		78,735	157,47		
604	604	4	TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	S275JR	0,039	0,156	100	EXCESO +1
605	605	27	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24 (C)	S275JR	0,021	0,567		EXCESO +3
606	606	17	TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	S275JR	0,018	0,306	140	EXCESO +1
607	607	9	TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	S275JR	0,16	1,44	50	EXCESO +1
608	608	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,011	0,099		EXCESO +1
609	609	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12 (C)	S275JR	0,012	0,108		EXCESO +1
						943,494		
						PESO COMERCIALES	2,676	
						<b>PESO TOTAL</b>	<b>946,17</b>	<b>KG</b>

Figura 3.d. Listado de materiales plano 22222.04.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.05.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		MODULO 2 PLATAFORMA		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.05.001	7	REJILLA ELECTROSOLDADA GAVA.		24,55	171,85		7m2
2	22222.05.002	3	PLACA 200 X 100 X 10	S275JR	1,532	4,596		PLASMA
3	22222.05.003	2	PLACA 300 X 300 X 10	S275JR	6,912	13,824		PLASMA
4	22222.23.000	1	ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 2		291,39	291,39		
5	22222.24.000	1	BARANDILLA TIPO 6		24,88	24,88		
6	22222.10.000	3	SOPORTE PLATAFORMA		27,66	82,98		
10	222222.60.000	2	PILAR DOBLE		78,735	157,47		
604	604	4	TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	S275JR	0,039	0,156	100	EXCESO +1
605	605	4	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24 (C)	S275JR	0,021	0,084		EXCESO +1
606	606	8	TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	S275JR	0,018	0,144	140	EXCESO +1
607	607	9	TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	S275JR	0,16	1,44	50	EXCESO +1
608	608	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,011	0,099		EXCESO +1
609	609	8	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12 (C)	S275JR	0,012	0,096		EXCESO +1
						746,99		
PESO COMERCIALES						2,019		
<b>PESO TOTAL</b>						<b>749,009</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.e. Listado de materiales plano 22222.05.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.06.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		MODULO 2 PLATAFORMA		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.05.001	7	REJILLA ELECTROSOLDADA GAVA.		24,55	171,85		7m2
2	22222.05.002	3	PLACA 200 X 100 X 10	S275JR	1,532	4,596		PLASMA
3	22222.05.003	2	PLACA 300 X 300 X 10	S275JR	6,912	13,824		PLASMA
4	22222.23.000	1	ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 2		291,39	291,39		
5	22222.24.000	1	BARANDILLA TIPO 6		24,88	24,88		SIMETRICA (3)
6	22222.10.000	3	SOPORTE PLATAFORMA		27,66	82,98		
7	222222.60.000	1	PILAR DOBLE		78,735	78,735		
604	604	4	TORNILLO DIN-933 M24 CINCADO	S275JR	0,039	0,156	100	EXCESO +1
605	605	4	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M24 (C)	S275JR	0,021	0,084		EXCESO +1
606	606	8	TORNILLO DIN-933 M12 CINCADO	S275JR	0,018	0,144	140	EXCESO +1
607	607	9	TORNILLO DIN-933 M10 CINCADO	S275JR	0,16	1,44	50	EXCESO +1
608	608	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M10 (C)	S275JR	0,011	0,099		EXCESO +1
609	609	8	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12 (C)	S275JR	0,012	0,096		EXCESO +1
						668,255		
PESO COMERCIALES						2,019		
<b>PESO TOTAL</b>						<b>670,274</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.f. Listado de materiales plano 22222.06.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)									
Nº PLANO		22222.07.000			DESCRIPCIÓN:		ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 1		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS			CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100					CANTIDAD A FABRICAR:		1		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD		COMENTARIOS
1	22222.07.001	2	PERFIL 100 X 100 6	S275JR	66,8	133,6	4000		
2	22222.07.002	2	PERFIL 100 X 100 6	S275JR	33,4	66,8	2000		
3	22222.07.003	1	PERFIL 100 X 100 6	S275JR	63,5	63,5	3800		
4	22222.07.004	4	PERFIL 100 X 100 6	S275JR	14,19	56,76	850		
5	22222.07.005	1	ÁNGULO 45 X4	S275JR	10,96	10,96	4000		
6	22222.07.006	1	ÁNGULO 45 X4	S275JR	2,74	2,74	1000		
7	22222.07.007	1	PLACA 150 X 150 X 15	S275JR	2,592	2,592			PLASMA
8	22222.07.008	1	PLACA 1000 X 150 X 10	S275JR	11,52	11,52			PLASMA
9	22222.07.009	3	PLACA 300 X 150 X 15	S275JR	5,184	15,552			
10	22222.07.010	6	ÁNGULO 90 X 8	S275JR	0,981	5,886	90		PLASMA
					PESO	369,91			
					PESO COMERCIALES	0			
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>369,91</b>	KG		

Figura 3.g. Listado de materiales plano 22222.07.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)									
Nº PLANO		22222.08.000			DESCRIPCIÓN:		BARANDILLA TIPO 1		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS			CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100					CANTIDAD A FABRICAR:		1		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD		COMENTARIOS
1	22222.08.001	1	TUBO 25,4 X 1,5	S275JR	7,88	7,88	3990		
2	22222.08.002	1	TUBO 42,5 X 2	S275JR	4,45	4,45	3990		
3	22222.08.003	2	DISCO Ø25,4 X 5	S275JR	0,055	0,11			PLASMA
4	22222.08.004	2	DISCO Ø42,5 X 5	S275JR	0,019	0,038			PLASMA
5	22222.08.005	1	LLANTA 100 X 5	S275JR	15,56	15,56	4000		
6	22222.09.000	4	SOPORTE BARRANDILLA TIPO 1		6,65	26,6			
					PESO	54,638			
					PESO COMERCIALES	0			
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>54,638</b>	KG		

Figura 3.h. Listado de materiales plano 22222.08.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
Nº PLANO		22222.09.000		DESCRIPCIÓN:		SOPORTE BARANDILLA TIPO		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS		CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100				CANTIDAD A FABRICAR:		2		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.09.001	1	PLACA 100 X 45 X 10	S275JR	0,35	0,35		PLASMA
2	22222.09.002	1	PLACA 900 X 45 X 20	S275JR	6,3	6,3	984	PLASMA
					PESO	6,65		
					PESO COMERCIALES	0		
					PESO TOTAL	6,65	KG	

Figura 3.i. Listado de materiales plano 22222.09.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
Nº PLANO		22222.10.000		DESCRIPCIÓN:		SOPORTE PLATAFORMA		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS		CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100				CANTIDAD A FABRICAR:		8		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	11111.10.001	1	PLACA 120 X 100 X 10	S275JR	0,94	0,94		PLASMA
2	11111.10.002	1	PERFIL 100 X 100 X 6	S275JR	26,72	26,72	1600	
					PESO	27,66		
					PESO COMERCIALES	0		
					PESO TOTAL	27,66	KG	

Figura 3.j. Listado de materiales plano 22222.10.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
Nº PLANO		22222.13.000		DESCRIPCIÓN:		BARANDILLA TIPO 2		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS		CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100				CANTIDAD A FABRICAR:		1		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.13.001	1	TUBO 25,4 X 1,5	S275JR	1,9	1,9	990	
2	22222.13.002	1	TUBO 42,5 X 2	S275JR	1,11	1,11	990	
3	22222.13.003	2	DISCO Ø25,4 X 5	S275JR	0,55	1,1		PLASMA
4	22222.13.004	2	DISCO Ø42,5 X 5	S275JR	0,019	0,038		PLASMA
5	22222.13.005	1	LLANTA 100 X 5	S275JR	3,93	3,93	1000	
6	22222.09.000	2	SOPORTE BARRANDILLA TIPO 1		6,65	13,3		
					PESO	21,378		
					PESO COMERCIALES	0		
					PESO TOTAL	21,378	KG	

Figura 3.k. Listado de materiales plano 22222.13.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.14.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		BARANDILLA TIPO 3		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.14.001	1	TUBO 25,4 X 1,5	S275JR	4,72	4,72	2390	
2	22222.14.002	1	TUBO 42,5 X 2	S275JR	2,66	2,66	2390	
3	22222.14.003	2	DISCO Ø25,4 X 5	S275JR	0,55	1,1		PLASMA
4	22222.14.004	2	DISCO Ø42,5 X 5	S275JR	0,019	0,038		PLASMA
5	22222.14.005	1	LLANTA 100 X 5	S275JR	9,336	9,336	2390	
6	22222.09.000	3	SOPORTE BARRANDILLA TIPO 1		6,65	19,95		
					PESO	37,804		
					PESO COMERCIALES	0		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>37,804</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.l. Listado de materiales plano 22222.14.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.15.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		ESTRUCTURA SUPERIOR RAMPA		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.15.001	1	PERFIL UPN 300	S275JR	138,6	138,6	3000	
2	22222.15.002	1	PERFIL UPN 300	S275JR	138,6	138,6	3000	
3	22222.15.003	2	PLACA 120 X 75 X 10	S275JR	0,71	1,42	80	PLASMA
4	22222.15.004	10	PELDAÑOS TRAMEX	S275JR	7,58	75,8	640	
					PESO	354,42		
					PESO COMERCIALES	0		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>354,42</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.m. Listado de materiales plano 22222.15.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.16.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		BARANDILLA TIPO 4		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.16.001	1	TUBO 25,4 X 1,5	S275JR	3,85	3,85	1945	
2	22222.16.002	1	TUBO 42,5 X 2	S275JR	2,18	2,18	1945	
3	22222.16.003	2	DISCO Ø25,4 X 5	S275JR	0,55	1,1		PLASMA
4	22222.16.004	2	DISCO Ø42,5 X 5	S275JR	0,019	0,038		PLASMA
5	22222.16.005	1	LLANTA 100 X 5	S275JR	7,57	7,57	1965	
6	22222.09.000	3	SOPORTE BARRANDILLA		6,65	19,95		
					PESO	34,688		
					PESO COMERCIALES	0		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>34,688</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.n. Listado de materiales plano 22222.16.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.19.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		BARANDILLA RAMPA		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>2</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.19.001	3	TUBO 42,5 X 2	S275JR	1,9	5,7	915	
2	22222.19.002	3	TUBO 25,4 X 1,5	S275JR	0,85	2,55	915	
3	22222.20.000	4	APOYO RAMPA BARANDILLA		6,62	26,48		
						PESO	34,73	
						PESO COMERCIALES	0	
						<b>PESO TOTAL</b>	<b>34,73</b>	<b>KG</b>

Figura 3.p. Listado de materiales plano 22222.19.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.20.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		APOYO RAMPA BARANDILLAS		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>8</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.20.001	1	PLACA 100 X 45 X 10	S275JR	0,18	0,18		PLASMA
2	22222.20.002	1	PLACA 921 X 45 X 20	S275JR	6,44	6,44		PLASMA
						PESO	6,62	
						PESO COMERCIALES	0	
						<b>PESO TOTAL</b>	<b>6,62</b>	<b>KG</b>

Figura 3.q. Listado de materiales plano 22222.20.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.21.000		<b>DESCRIPCIÓN:</b>		SOPORTE ESCALERAS TIPO 1		
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS		<b>CLIENTE:</b>		UVA		
<b>OF 111-1100</b>				<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>2</b>		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.21.001	1	PLACA 120 X 100 X 10	S275JR	0,94	0,94		PLASMA
2	22222.21.002	1	PERFIL 100 X 100 X 6	S275JR	20,875	20,875	1250	
3	22222.21.003	1	PLACA 150 X 90 X 10	S275JR	1,0368	1,0368		PLASMA
4	22222.21.004	1	PLACA 160 X 90 X 10	S275JR	1,041	1,041		PLASMA
						PESO	23,8928	
						PESO COMERCIALES	0	
						<b>PESO TOTAL</b>	<b>23,8928</b>	<b>KG</b>

Figura 3.r. Listado de materiales plano 22222.21.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)									
Nº PLANO		22222.22.000			DESCRIPCIÓN:		SOPORTE ESCALERAS TIPO 2		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS			CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100					CANTIDAD A FABRICAR:		2		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD		COMENTARIOS
1	22222.22.001	1	PLACA 120 X 100 X 10	S275JR	0,94	0,94			PLASMA
2	22222.22.002	1	PERFIL 100 X 100 X 6	S275JR	9,5	9,5	570		
3	22222.21.003	1	PLACA 150 X 90 X 10	S275JR	1,0368	1,0368			PLASMA
4	22222.21.004	1	PLACA 160 X 90 X 10	S275JR	1,041	1,041			PLASMA
					PESO	12,5178			
					PESO COMERCIALES	0			
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>12,5178</b>	<b>KG</b>		

Figura 3.s. Listado de materiales plano 22222.22.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)									
Nº PLANO		22222.23.000			DESCRIPCIÓN:		ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 1		
DISEÑADO POR:		JAVIER CASTELLANOS			CLIENTE:		UVA		
OF 111-1100					CANTIDAD A FABRICAR:		1		
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD		COMENTARIOS
1	22222.23.001	2	PERFIL 100 X 100 6	S275JR	66,8	133,6	4000		
2	22222.23.002	2	PERFIL 100 X 100 6	S275JR	25,05	50,1	1500		
3	22222.23.003	1	PERFIL 100 X 100 6	S275JR	63,5	63,5	3800		
4	22222.23.004	4	PERFIL 100 X 100 6	S275JR	10,02	40,08	650		
5	22222.23.005	1	ÁNGULO 45 X4	S275JR	4,11	4,11	1500		
6	22222.23.006	1	PLACA 150 X 150 X 15	S275JR	2,592	2,592			PLASMA
7	22222.23.007	3	PLACA 300 X 150 X 15	S275JR	5,184	15,552			PLASMA
8	22222.23.008	6	ÁNGULO 90 X 8	S275JR	0,981	5,886	90		
					PESO	291,39			
					PESO COMERCIALES	0			
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>291,39</b>	<b>KG</b>		

Figura 3.s. Listado de materiales plano 22222.23.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.24.000			<b>DESCRIPCIÓN:</b>		BARANDILLA TIPO 4	
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS			<b>CLIENTE:</b>		UVA	
<b>OF 111-1100</b>					<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>	
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.24.001	1	TUBO 25,4 X 1,5	S275JR	2,95	2,95	1490	
2	22222.24.002	1	TUBO 42,5 X 2	S275JR	1,66	1,66	1490	
3	22222.24.003	2	DISCO Ø25,4 X 5	S275JR	0,55	1,1		PLASMA
4	22222.24.004	2	DISCO Ø42,5 X 5	S275JR	0,019	0,038		PLASMA
5	22222.24.005	1	LLANTA 100 X 5	S275JR	5,84	5,84	1500	
6	11111.09.000	2	SOPORTE BARRANDILLA TIPO 1		6,65	13,3		
					PESO	24,888		
					PESO COMERCIALES	0		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>24,888</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.t. Listado de materiales plano 22222.24.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.29.000			<b>DESCRIPCIÓN:</b>		BARANDILLA TIPO 5 DESMONTABLE	
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS			<b>CLIENTE:</b>		UVA	
<b>OF 111-1100</b>					<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>	
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.29.001	1	TUBO 25,4 X 1,5 + APOYO	S275JR	3,2	3,2	1945	SOLDAR RETAL
2	22222.29.002	1	TUBO 42,5 X 2 + APOYO	S275JR	1,8	1,8	1945	SOLDAR RETAL
3	22222.29.003	2	DISCO Ø25,4 X 5	S275JR	0,55	1,1		PLASMA
4	22222.29.004	2	DISCO Ø42,5 X 5	S275JR	0,019	0,038		PLASMA
5	22222.29.005	1	LLANTA 100 X 5	S275JR	7,57	7,57	1965	
6	22222.09.000	3	SOPORTE BARRANDILLA		6,65	19,95		
					PESO	33,658		
					PESO COMERCIALES	0		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>33,658</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.u. Listado de materiales plano 22222.29.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.40.000			<b>DESCRIPCIÓN:</b>		POLIPASTO	
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS			<b>CLIENTE:</b>		UVA	
<b>OF 111-1100</b>					<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>1</b>	
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.40.001	1	PLACA 100 X 100 X 10	S275JR	0,786	0,786		PLASMA
2	22222.40.002	1	TUBO Ø48mm	S275JR	2,32	2,32	2000	
3	22222.40.003	1	POLIPASTO 250 Kgr. BT-EH 250		9,95	9,95		EINHELL
4	22222.40.004	1	BRAZO POLIPASTO		8,6	8,6		
5	22222.40.005	4	CARTELAS	S275JR	0,32	1,28	1965	
609	609	9	TORNILLO DIN-934 M12 CINCADO	S275JR	0,032	0,288	140	EXCESO +1
6010	610	9	TUERCA DIN-934 HEXAGONAL M12 (c)	S275JR	0,011	0,099		EXCESO +1
					PESO	22,936		
					PESO COMERCIALES	0,387		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>23,323</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.v. Listado de materiales plano 22222.40.000.

LISTA DE MATERIALES (BOM)								
<b>Nº PLANO</b>		22222.60.000			<b>DESCRIPCIÓN:</b>		PILARES DOBLES	
<b>DISEÑADO POR:</b>		JAVIER CASTELLANOS			<b>CLIENTE:</b>		UVA	
<b>OF 111-1100</b>					<b>CANTIDAD A FABRICAR:</b>		<b>8</b>	
ITEM	PART NUMBER	QTY.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO UD.	PESO TOTAL	LONGITUD	COMENTARIOS
1	22222.60.001	1	PLACA 200 X 200 X 15	S275JR	4,68	4,68		PLASMA
2	22222.60.002	1	PERFIL HEB 160	S275JR	63,687	63,687	1495	
3	22222.60.003	1	PLACA 300 X 300 X 15	S275JR	10,368	10,368		PLASMA
					PESO	78,735		
					PESO COMERCIALES	0		
					<b>PESO TOTAL</b>	<b>78,735</b>	<b>KG</b>	

Figura 3.x. Listado de materiales plano 22222.60.000.

***ANEXO 4:***

**PINTURA**



## ÍNDICE ANEXO 4

1. PINTURA DE IMPRIMACIÓN

2. PINTURA INTERMEDIA

3. PINTURA DE ACABADO



Nuestro proveedor de pintura elegido es la marca CIN que me asegura una protección para nuestro ambiente corrosivo y una durabilidad de más de 15 años

## 1. PINTURA DE IMPRIMACIÓN

### C-POX PRIMER ZN800

#### Imprimación epoxi rica en zinc

#### PROPIEDADES

Acabado	→ Mate
Color	→ Gris
Componentes	→ 2
Proporciones (en volumen)	→ Resin 7K-801 4 partes → Cure 7K-802 1 parte
Vida útil de la mezcla	→ 8 horas a 20°C  La vida de la mezcla depende de la temperatura y de las cantidades mezcladas.
Sólidos en volumen	→ 60% (ISO 3233) Pequeñas variaciones ( $\pm 3\%$ ) pueden ocurrir debido al color y variaciones en el ensayo.
Peso específico	→ 2,39 g/mL
Espesor recomendado (seco)	→ 50 - 75 $\mu\text{m}$ por capa
Nº de capas	→ 1
Rendimiento teórico	→ 8 m <sup>2</sup> /L a 75 $\mu\text{m}$  Deben considerarse pérdidas debidas al método, irregularidades de la superficie, etc, .
Método de aplicación	→ Pistola airless y soldada, brocha y rodillo.
Tiempo de secado	→ A 20°C y 75 $\mu\text{m}$ :  Manipulación : 3 horas

Repintado: 4 horas

Los tiempos de secado dependen de la temperatura del aire, del acero y ventilación.

## APLICACIÓN

Adicionar el componente cure al componente resin y homogeneizar durante 5 minutos. En zonas cerradas deberán crearse buenas condiciones de ventilación durante la aplicación y secado hasta que los disolventes sean eliminados.

- Condiciones ambientales de aplicación:
  - Temperatura 5 - 50°C
  - Humedad relativa 5 - 60%
  - Temperatura mínima del soporte 3°C por encima del punto de rocío
- Equipos de aplicación:
  - Pistola soldada Recomendado
  - Orificio boquilla 0,070 – 0,086 pulgadas
  - Presión aire 3,1 – 4,1 kg/cm<sup>2</sup>
  - Presión pintura 0,7 – 1,5 kg/cm<sup>2</sup>
  - Dilución 0 - 10%
  - Pistola airless Recomendado Orificio boquilla 0,017 - 0,023 pulgadas
  - Relación de compresión 30 : 1 / 45 : 1
  - Presión de trabajo 150 - 170 kg/cm<sup>2</sup>
  - Dilución 0 - 5%

Diluyente 7S-902.0000 (CP-40)

Diluyente de limpieza 7S-902.0000 (CP-40)

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Punto de inflamación (Copa Cerrada)

- Resin 26°C
- Cure 26°C
- Diluyente 4°C (7S-902.0000)

- Diluyente de limpieza 4°C (7S-902.0000)

#### Envasado

- Resin 12 L
- Cure 3 L

#### Almacenamiento

12 meses, en el envase original sin abrir, y almacenado en interior a temperaturas entre 5 y 40°C

## 2. PINTURA INTERMEDIA

### C-POX S990 MIO FD

Epoxi pigmentada con óxido de hierro micáceo

#### PROPIEDADES

Acabado	→ Mate
Color	→ Gris característico
Componentes	→ 2
Proporciones (en volumen)	→ Resina 7L-991 3 partes → Cure 7L-992 1 parte
Vida útil de la mezcla	→ 8 horas a 20°C  La vida de la mezcla depende de la temperatura y de las cantidades mezcladas.
Sólidos en volumen	→ 67% (ISO 3233)
Peso específico	→ 1,57 g/mL
Espesor recomendado (seco)	→ 100 - 200 µm por capa
Nº de capas	→ 1-2
Rendimiento teórico	→ 6,7 m <sup>2</sup> /L a 100 µm 3,3 m <sup>2</sup> /L a 200 µm

Deben considerarse pérdidas debidas al método, irregularidades de la superficie, etc, .

Método de aplicación	→ Pistola airless y soldada, brocha y rodillo.
Tiempo de secado	→ A 20°C y 100 µm: Secado al tacto: 30 minutos Profundidad: 6 horas Repintado: Min: 4 horas Max: Ilimitado

Los tiempos de secado dependen de la temperatura del aire, del acero y ventilación.

### APLICACIÓN

Adicionar el componente cure al componente resin y homogeneizar durante 5 minutos. En zonas cerradas deberán crearse buenas condiciones de ventilación durante la aplicación y secado hasta que los disolventes sean eliminados.

- Condiciones ambientales de aplicación:
  - Temperatura 0°C
  - Humedad relativa <85%
  - Temperatura mínima del soporte 3°C por encima del punto de rocío
- Equipos de aplicación:

○ Pistola soldada	Recomendado
○ Orificio boquilla	0,070 – 0,086 pulgadas
○ Presión aire	3,5 – 5,3 kg/cm <sup>2</sup>
○ Presión pintura	3,1 – 3,9 kg/cm <sup>2</sup>
○ Dilución	5 - 15%
○ Pistola airless	Recomendado Orificio boquilla 0,017 - 0,023 pulgadas
○ Relación de compresión	30 : 1 / 45 : 1
○ Presión de trabajo	150 - 170 kg/cm <sup>2</sup>
○ Dilución	0 - 7%

Diluyente 7S-902 (CP-40)

Diluyente de limpieza 7S-902 (CP-40)

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Punto de inflamación (Copa Cerrada)

- Resin 29°C
- Cure 34°C
- Diluyente 16°C (7S-902.0000)
- Diluyente de limpieza 16°C (7S-902.0000)

Envasado

- Resin 15 L
- Cure 5 L

Almacenamiento

2 años, en el envase original sin abrir, y almacenado en interior a temperaturas entre 5 y 40°C

### **3. PINTURA DE ACABADO**

#### **C-THANE RPS HS**

#### **Esmalte de poliuretano alifático**

#### PROPIEDADES

Acabado	→ Brillante
Color	→ Catálogo RAL,NCS; Otros colores a pedido
Componentes	→ 2
Proporciones (en volumen)	→ Resina 7L-601 2 partes → Cure 7L-602 1 parte
Vida útil de la mezcla	→ 8 horas a 20°C
Sólidos en volumen	→ 58,3% (UNE 48274:2003)
	Datos referidos al color blanco.

Peso específico	→ 1,27 g/mL
Espesor recomendado (seco)	→ 35 - 50 µm por capa
Nº de capas	→ 1-2
Rendimiento teórico	→ 11,7 m <sup>2</sup> /L a 50 µm
	Deben considerarse pérdidas debidas al método, irregularidades de la superficie, etc, .
Método de aplicación	→ Pistola airless y soldada, brocha y rodillo.
Tiempo de secado	→ A 20°C y 50 µm:
	Secado al tacto: 4 horas
	Profundidad: Máx. 12 - 16 horas
	Repintado: Min: 12 - 16 horas
	Max: Ilimitado

Los tiempos de secado dependen de la temperatura del aire, del acero y ventilación.

### APLICACIÓN

Adicionar el componente cure al componente resin y homogeneizar durante 5 minutos. En zonas cerradas deberán crearse buenas condiciones de ventilación durante la aplicación y secado hasta que los disolventes sean eliminados.

- Condiciones ambientales de aplicación:
  - Temperatura 20°C
  - Humedad relativa 0 - 80%
  - Temperatura mínima del soporte 3°C por encima del punto de rocío
- Equipos de aplicación:
 

○ Pistola soldada	Recomendado
○ Orificio boquilla	0,055 - 0,070 pulgadas
○ Presión aire	3,1 - 4,2 kg/cm <sup>2</sup>
○ Presión pintura	0,7 - 1,4 kg/cm <sup>2</sup>
○ Dilución	10 - 15%

- Pistola airless Recomendado Orificio boquilla 0,015 - 0,019 pulgadas
- Relación de compresión      30 : 1
- Presión de trabajo            150 - 170 kg/cm<sup>2</sup>
- Dilución                        0 - 5%

Diluyente: 7Q-680.0000 (CP-81)

Diluyente de limpieza:7Q-680.0000 (CP-81)

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Punto de inflamación (Copa Cerrada)

- Resin                            28°C
- Cure                            37°C
- Diluyente                      20°C (7Q-680.0000)
- Diluyente de limpieza      20°C (7Q-680.0000)

Envasado

- Resin      13,3, 2,7 e 0,5 L
- Cure      6,7, 1,3 e 0,25 L

Almacenamiento

1 año, en el envase original sin abrir, y almacenado en interior a temperaturas entre 5 y 40°C



*ANEXO 5:*

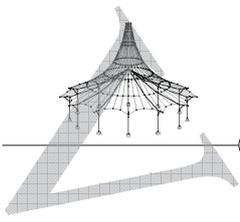
**CÁLCULOS**



## ÍNDICE ANEXO 5

1. CÁLCULOS CORRESPONDIENTES A LA ESTRUCTURA
2. CÁLCULOS CORRESPONDIENTES A LA BARANDILLA





Proyecto: \_\_\_\_\_ Modelo: 111-1100  
11111.04.000

Fecha: 09/05/2016

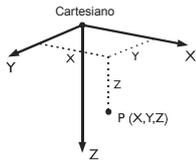
## MODELO - DATOS GENERALES

General	Nombre del modelo	:	111-1100
	Descripción del modelo	:	11111.04.000
	Tipo de modelo	:	3D
	Dirección positiva del eje Z global	:	Descendente
	Clasificación de casos de carga y combinaciones de carga	:	Según la norma:EN 1990 Anejo Nacional:UNE - España
	<input checked="" type="checkbox"/> Crear combinaciones automáticamente	:	<input checked="" type="checkbox"/> Combinaciones de carga

## CONFIGURACIÓN DE MALLA DE EF

General	Longitud de destino de elementos finitos	$l_{FE}$	:	0.5 m
	Distancia máxima entre un nudo y una línea para integrarlo a la línea	$\epsilon$	:	0.0 m
	Número máximo de nudos de malla (en miles)		:	500
Barras	Número de divisiones de barras con cable, apoyo elástico, de sección variable o característica plástica		:	10
	<input checked="" type="checkbox"/> Activar divisiones de barra para análisis de grandes deformaciones o postcrítico			
	<input checked="" type="checkbox"/> Usar la división para las barras con los nudos que están en las mismas			
Superficies	Razón máxima de diagonales rectangulares de EF	$\Delta_D$	:	1.800
	Inclinación máxima fuera del plano de dos elementos finitos	$\alpha$	:	0.50 °
	Dirección de forma de elementos finitos		:	Triangulares y cuadrangulares <input checked="" type="checkbox"/> Iguales casillas donde sea posible

## 1.1 NUDOS



Nudo núm.	Tipo de nudo	Nudo de referenc.	Sistema de coordenadas	Coordenadas del nudo			Comentario
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Estándar	-	Cartesiano	0.000	0.000	0.000	
2	Estándar	-	Cartesiano	0.000	0.000	-1.700	
3	Estándar	-	Cartesiano	2.000	0.000	0.000	
4	Estándar	-	Cartesiano	2.000	0.000	-1.700	
5	Estándar	-	Cartesiano	0.000	4.000	0.000	
6	Estándar	-	Cartesiano	0.000	4.000	-1.700	
7	Estándar	-	Cartesiano	2.000	4.000	0.000	
8	Estándar	-	Cartesiano	2.000	4.000	-1.700	
9	Estándar	-	Cartesiano	1.000	4.000	-1.700	
10	Estándar	-	Cartesiano	1.000	0.000	-1.700	
11	Estándar	-	Cartesiano	0.000	1.333	-1.700	
12	Estándar	-	Cartesiano	2.000	1.333	-1.700	
13	Estándar	-	Cartesiano	0.000	2.667	-1.700	
14	Estándar	-	Cartesiano	2.000	2.667	-1.700	
15	Estándar	-	Cartesiano	0.000	2.000	-1.700	
16	Estándar	-	Cartesiano	0.000	2.000	0.000	
17	Estándar	-	Cartesiano	2.000	2.000	-1.700	
18	Estándar	-	Cartesiano	2.000	2.000	0.000	
19	Estándar	-	Cartesiano	1.000	2.000	0.000	
20	Estándar	-	Cartesiano	1.000	2.000	-1.700	

## 1.2 LÍNEAS

Línea núm.	Tipo de línea	Nudos núm.	Long. de línea L [m]		Comentario
1	Polilínea	1,2	1.700	Z	
2	Polilínea	3,4	1.700	Z	
3	Polilínea	4,10	1.000	X	
4	Polilínea	5,6	1.700	Z	
5	Polilínea	7,8	1.700	Z	
6	Polilínea	8,9	1.000	X	
7	Polilínea	9,20	2.000	Y	
8	Polilínea	2,11	1.333	Y	
9	Polilínea	10,2	1.000	X	
10	Polilínea	4,12	1.333	Y	
11	Polilínea	9,6	1.000	X	
12	Polilínea	11,12	2.000	X	
13	Polilínea	11,15	0.667	Y	
14	Polilínea	12,17	0.667	Y	
15	Polilínea	13,14	2.000	X	
16	Polilínea	13,6	1.334	Y	
17	Polilínea	14,8	1.334	Y	
18	Polilínea	15,16	1.700	Z	
19	Polilínea	15,13	0.667	Y	
20	Polilínea	17,18	1.700	Z	
21	Polilínea	17,14	0.667	Y	
22	Polilínea	19,20	1.700	Z	
23	Polilínea	20,10	2.000	Y	

Proyecto: Modelo: 111-1100  
11111.04.000

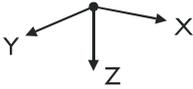
Fecha: 09/05/2016

### 1.3 MATERIALES

Mater. núm.	Módulo E [kN/cm <sup>2</sup> ]	Módulo G [kN/cm <sup>2</sup> ]	Coef. Poisson $\nu$ [-]	Peso esp. $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Coef. dilat. térm. $\alpha$ [1/°C]	Coef. parc. $\gamma_M$ [-]	Modelo de material
1	Hormigón C30/37 3300.00	EN 1992-1-1:2004/AC:2010 1375.00	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isótropo elástico lineal
2	Acero S 275   EN 21000.00	1993-1-1:2005-05 8076.92	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Isótropo elástico lineal

### 1.7 APOYOS EN NUDOS

Apoyo núm.	Nudos	Secue.	Giro [°]			Pilar en Z	Condiciones del apoyo					
			en X	en Y	en Z		$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\phi_x$	$\phi_y$	$\phi_z$
1	1,3,5,7,16,18,19	XYZ	0.00	0.00	0.00	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



### 1.13 SECCIONES

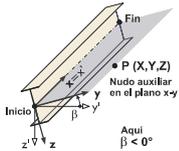
Secc. núm.	Mater. núm.	J [cm <sup>4</sup> ]		$I_y$ [cm <sup>4</sup> ]		$I_z$ [cm <sup>4</sup> ]		Ejes princip. $\alpha$ [°]	Giro $\alpha'$ [°]	Dimens. totales [mm]	
		A [cm <sup>2</sup> ]	$A_y$ [cm <sup>2</sup> ]	$A_z$ [cm <sup>2</sup> ]	Ancho b	Altura h					
1	QRO 100x6.3 (warmgefertigt) 2	534.00 23.20	336.00 9.96	336.00 9.96	0.00	0.00	100.0	100.0			

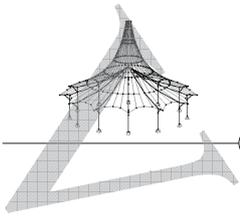
QRO 100x6.3 (com...)



### 1.17 BARRAS

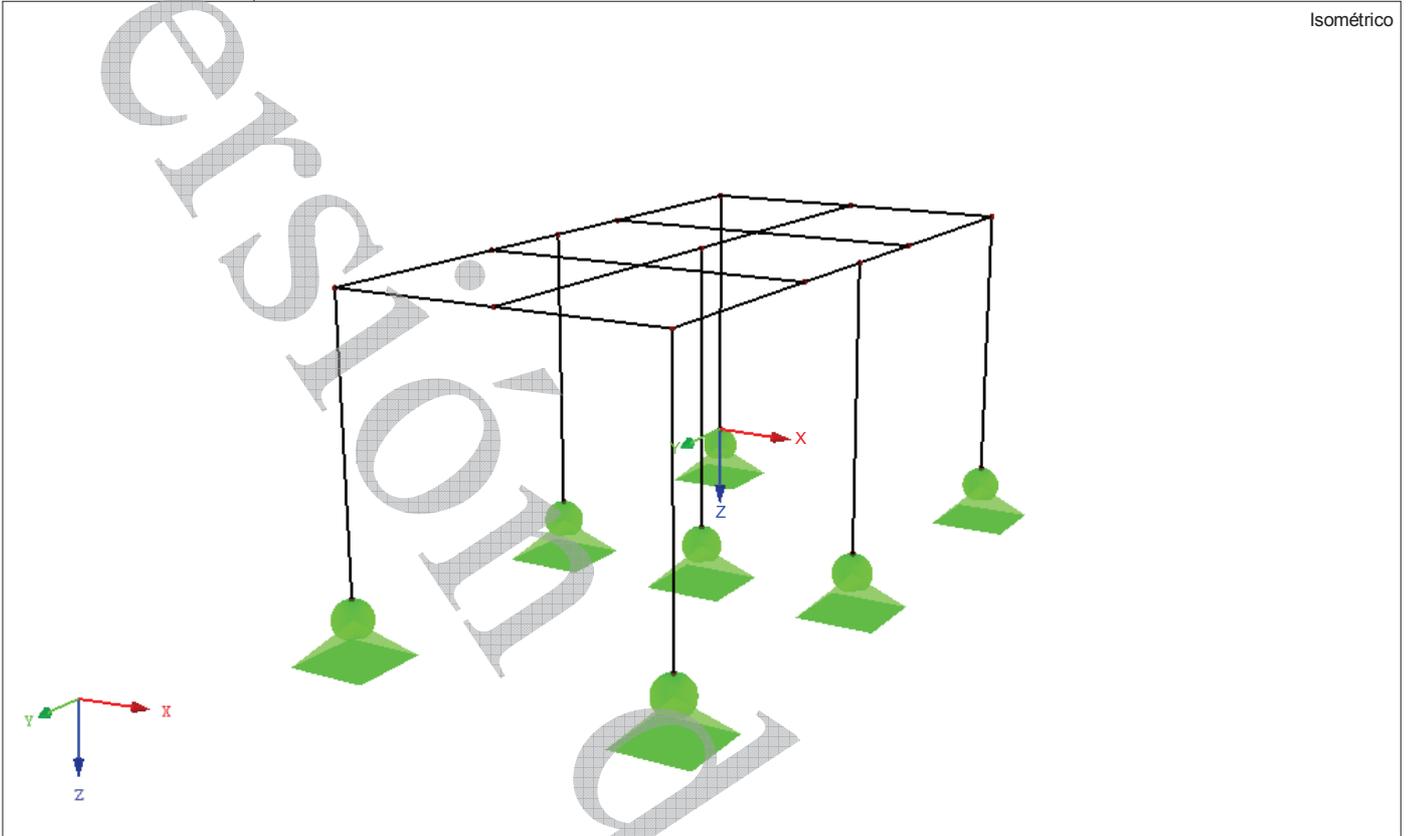
Barra núm.	Línea núm.	Barra	Tipo	Giro $\beta$ [°]	Descripción		Articul. núm.		Exc. núm.	Divis. núm.	Longitud L [m]	
					Inicio	Fin	Inicio	Fin				
1	1	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.700	Z
2	2	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.700	Z
3	3	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.000	X
4	4	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.700	Z
5	5	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.700	Z
6	6	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.000	X
7	9	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.000	X
8	8	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.333	Y
9	11	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.000	X
10	10	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.333	Y
11	7	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.000	Y
12	12	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.000	X
13	13	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.667	Y
14	14	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.667	Y
15	15	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.000	X
16	16	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.334	Y
17	17	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.334	Y
18	18	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.700	Z
19	19	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.667	Y
20	20	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.700	Z
21	21	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	0.667	Y
22	22	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	1.700	Z
23	23	Viga	Ángulo	0.00	1	1	-	-	-	-	2.000	Y





■ MODELO

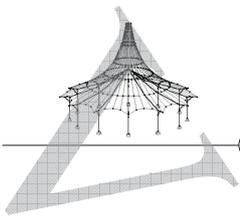
Isométrico



■ MODELO

Isométrico





Proyecto: \_\_\_\_\_ Modelo: 111-1100  
11111.04.000

Fecha: 09/05/2016

## 2.1 CASOS DE CARGA

CC	Descripción de caso de carga	EN 1990   UNE Categoría de acción	Peso propio - Factor en dirección			
			Activo	X	Y	Z
CC1	Peso propio	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000
CC2	Temperatura	Temperatura (sin fuego)	<input type="checkbox"/>			

### 2.1.1 CASOS DE CARGA - PARÁMETROS DE CÁLCULO

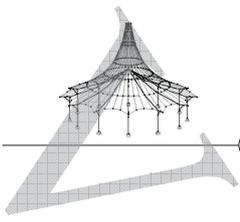
CC	Descripción de caso de carga	Parámetros de cálculo	
CC1	Peso propio	Método de análisis Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales Activar coeficientes de rigidez de:	<input type="radio"/> Análisis geoméricamente lineal <input type="radio"/> Newton-Raphson <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> ) <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )
CC2	Temperatura	Método de análisis Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales Activar coeficientes de rigidez de:	<input type="radio"/> Análisis geoméricamente lineal <input type="radio"/> Newton-Raphson <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> ) <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )

## 2.5 COMBINACIONES DE CARGA

Comb. carga	Combinación de carga		Núm.	Factor	Caso de carga
	SP	Descripción			
CO1	ULS	1.35*CC1	1	1.35	CC1   Peso propio
CO2	ULS	1.35*CC1 + 1.5*CC2	1	1.35	CC1   Peso propio
			2	1.50	CC2   Temperatura
CO3	S Ch	CC1	1	1.00	CC1   Peso propio
CO4	S Ch	CC1 + CC2	1	1.00	CC1   Peso propio
			2	1.00	CC2   Temperatura
CO5	S Fr	CC1	1	1.00	CC1   Peso propio
CO6	S Fr	CC1 + 0.5*CC2	1	1.00	CC1   Peso propio
			2	0.50	CC2   Temperatura
CO7	S Qp	CC1	1	1.00	CC1   Peso propio

### 2.5.2 COMBINACIONES DE CARGA - PARÁMETROS DE CÁLCULO

Comb. carga	Descripción	Parámetros de cálculo	
CO1	1.35*CC1	Método de análisis Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales Opciones Activar coeficientes de rigidez de:	<input type="radio"/> Análisis de segundo orden (P-Delta) <input type="radio"/> Picard <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes V <sub>y</sub> y V <sub>z</sub> <input checked="" type="checkbox"/> Momentos M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> y M <sub>T</sub> <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial γM) <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> ) <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )
CO2	1.35*CC1 + 1.5*CC2	Método de análisis Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales Opciones Activar coeficientes de rigidez de:	<input type="radio"/> Análisis de segundo orden (P-Delta) <input type="radio"/> Picard <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes V <sub>y</sub> y V <sub>z</sub> <input checked="" type="checkbox"/> Momentos M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> y M <sub>T</sub> <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial γM) <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> ) <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )
CO3	CC1	Método de análisis Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales Opciones Activar coeficientes de rigidez de:	<input type="radio"/> Análisis de segundo orden (P-Delta) <input type="radio"/> Picard <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para: <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiales N <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes V <sub>y</sub> y V <sub>z</sub> <input checked="" type="checkbox"/> Momentos M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> y M <sub>T</sub> <input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial γM) <input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> ) <input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )
CO4	CC1 + CC2	Método de análisis Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales Opciones	<input type="radio"/> Análisis de segundo orden (P-Delta) <input type="radio"/> Picard <input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción <input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:



Proyecto: \_\_\_\_\_ Modelo: 111-1100  
11111.04.000

Fecha: 09/05/2016

### 2.5.2 COMBINACIONES DE CARGA - PARÁMETROS DE CÁLCULO

Comb. carga	Descripción	Parámetros de cálculo
		<input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiles N <input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes $V_y$ y $V_z$ <input checked="" type="checkbox"/> Momentos $M_y$ , $M_z$ y $M_T$ Activar coeficientes de rigidez de: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para <math>J</math>, <math>I_y</math>, <math>I_z</math>, <math>A</math>, <math>A_y</math>, <math>A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para <math>GJ</math>, <math>EI_y</math>, <math>EI_z</math>, <math>EA</math>, <math>GA_y</math>, <math>GA_z</math>)</li> </ul>
CO5	CC1	Método de análisis: <input checked="" type="radio"/> Análisis de segundo orden (P-Delta) Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales: <input checked="" type="radio"/> Picard Opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:                             <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiles N</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes <math>V_y</math> y <math>V_z</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Momentos <math>M_y</math>, <math>M_z</math> y <math>M_T</math></li> </ul> </li> </ul> Activar coeficientes de rigidez de: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para <math>J</math>, <math>I_y</math>, <math>I_z</math>, <math>A</math>, <math>A_y</math>, <math>A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para <math>GJ</math>, <math>EI_y</math>, <math>EI_z</math>, <math>EA</math>, <math>GA_y</math>, <math>GA_z</math>)</li> </ul>
CO6	CC1 + 0.5*CC2	Método de análisis: <input checked="" type="radio"/> Análisis de segundo orden (P-Delta) Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales: <input checked="" type="radio"/> Picard Opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:                             <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiles N</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes <math>V_y</math> y <math>V_z</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Momentos <math>M_y</math>, <math>M_z</math> y <math>M_T</math></li> </ul> </li> </ul> Activar coeficientes de rigidez de: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para <math>J</math>, <math>I_y</math>, <math>I_z</math>, <math>A</math>, <math>A_y</math>, <math>A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para <math>GJ</math>, <math>EI_y</math>, <math>EI_z</math>, <math>EA</math>, <math>GA_y</math>, <math>GA_z</math>)</li> </ul>
CO7	CC1	Método de análisis: <input checked="" type="radio"/> Análisis de segundo orden (P-Delta) Método para sistema de resolución de ecuaciones algebraicas no lineales: <input checked="" type="radio"/> Picard Opciones: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Considerar efectos favorables por tracción</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Referir los esfuerzos internos al sistema deformado para:                             <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos axiles N</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Esfuerzos cortantes <math>V_y</math> y <math>V_z</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Momentos <math>M_y</math>, <math>M_z</math> y <math>M_T</math></li> </ul> </li> </ul> Activar coeficientes de rigidez de: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Materiales (coeficiente parcial <math>\gamma_M</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Secciones (factor para <math>J</math>, <math>I_y</math>, <math>I_z</math>, <math>A</math>, <math>A_y</math>, <math>A_z</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Barras (factor para <math>GJ</math>, <math>EI_y</math>, <math>EI_z</math>, <math>EA</math>, <math>GA_y</math>, <math>GA_z</math>)</li> </ul>

### 2.7 COMBINACIONES DE RESULTADOS

Comb. result.	Descripción	Carga
CR1	ELU (STR/GEO) - Permanente / transitoria - Ec. 6.10	CO1/p hasta CO2/p
CR2	ELS - Característica	CO3/p hasta CO4/p
CR3	ELS - Frecuente	CO5/p hasta CO6/p
CR4	ELS - Cuasipermanente	CO7/p

### 3.1 CARGAS EN NUDOS - POR COMPONENTES - SISTEMA DE COORDENADAS

CC2: Temperatura

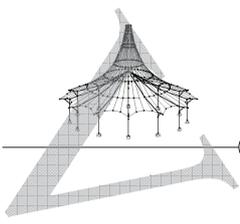
CC2  
Temperatura

Núm.	En los nudos Núm.	Sistema de coordenadas	Fuerza [kN]			Momento [kNm]		
			$P_x$	$P_y$	$P_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
1	11	0   Global XYZ	0.000	0.000	3.000	0.000	0.000	0.000

### 3.15 CARGAS GENERADAS

CC2: Temperatura

núm.	Descripción de carga																									
1	<b>Desde cargas superficiales por plano</b> Direcc. carga superf.: Global relacionada con el área proyectada: <input checked="" type="checkbox"/> ZP Área de aplicación de carga: <input checked="" type="checkbox"/> Plano cerrado completamente Tipo de distribución de carga: <input checked="" type="checkbox"/> Combinado Magnitud carga superficial: <input checked="" type="checkbox"/> Constante : 7.50 kN/m <sup>2</sup> Contorno del plano de carga superficial: Nudos de esquina : 6,2,4,8 Nota: Cada fila de la lista del menú desplegable indica un plano Generación de cargas totales en dirección: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><math>\Sigma P_{\text{Áreas}}</math></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"><math>X</math></td> <td style="width: 10%;">:</td> <td style="width: 15%;">0.000 kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>Y</math></td> <td>:</td> <td>0.000 kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>Z</math></td> <td>:</td> <td>60.000 kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>X</math></td> <td>:</td> <td>0.000 kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><math>Y</math></td> <td>:</td> <td>0.000 kN</td> </tr> </table>	$\Sigma P_{\text{Áreas}}$		$X$	:	0.000 kN			$Y$	:	0.000 kN			$Z$	:	60.000 kN			$X$	:	0.000 kN			$Y$	:	0.000 kN
$\Sigma P_{\text{Áreas}}$		$X$	:	0.000 kN																						
		$Y$	:	0.000 kN																						
		$Z$	:	60.000 kN																						
		$X$	:	0.000 kN																						
		$Y$	:	0.000 kN																						



**CARGAS**

Proyecto: \_\_\_\_\_ Modelo: 111-1100  
11111.04.000

Fecha: 09/05/2016

■ 3.15 CARGAS GENERADAS

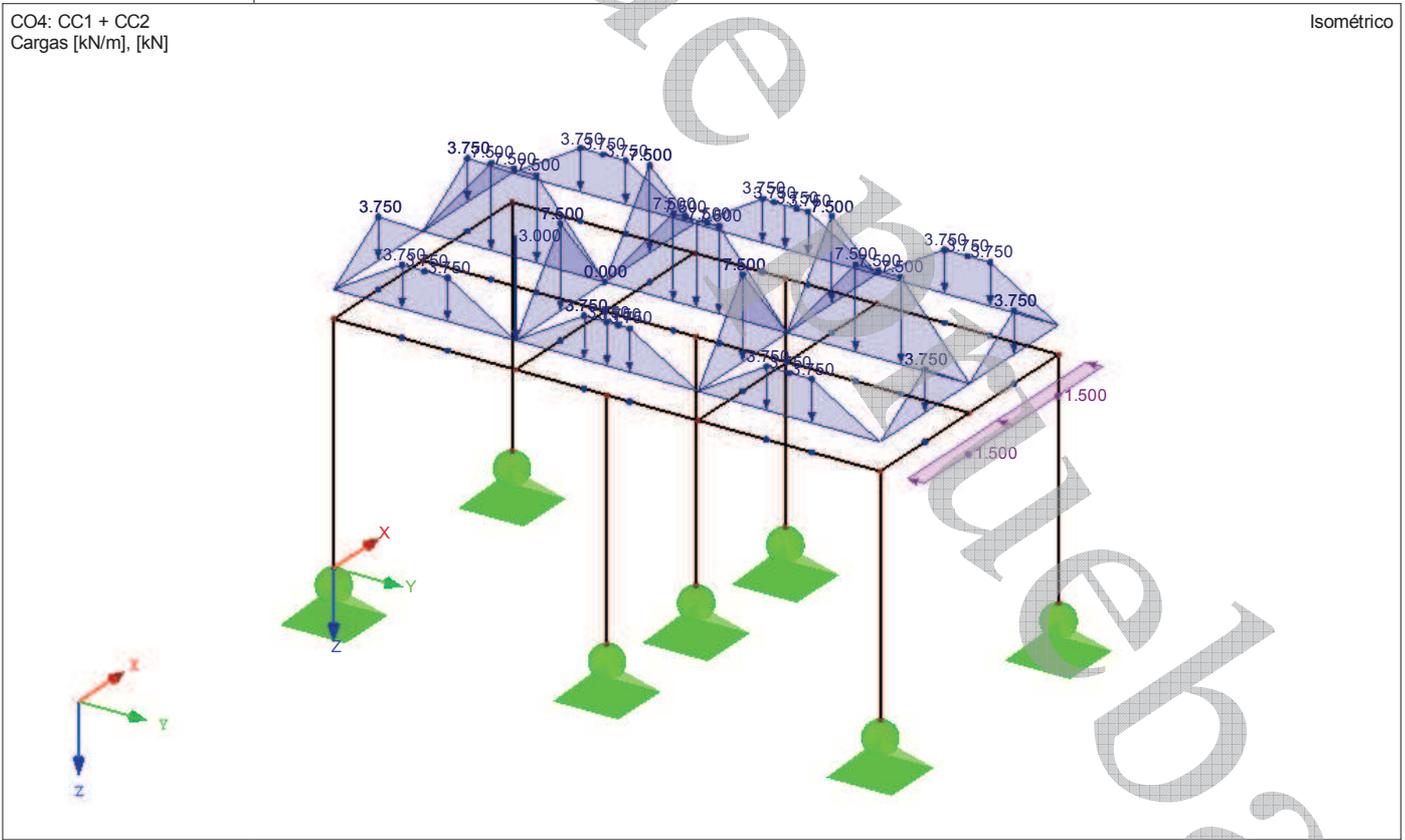
CC2: Temperatura

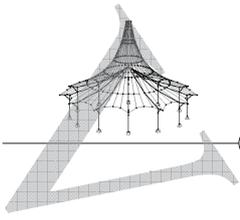
núm.	Descripción de carga			
			Z	: 60.000 kN
	Momento total al origen	$\Sigma M_{\text{Areas}}$	X	: 120.000 kNm
			Y	: -60.000 kNm
			Z	: 0.000 kNm
		$\Sigma M_{\text{Barras}}$	X	: 120.000 kNm
			Y	: -60.000 kNm
			Z	: 0.000 kNm
	Celdas seleccionadas para generar	$\Sigma$ número de celdas		: 6
		$\Sigma$ área de celda		: 8.000 m <sup>2</sup>
	Convertir cargas de las barras núm.			: 3,6-17,19,21,23
2	<b>Desde carga lineal libre</b>			
	Direcc. carga lineal	Global relacionado con la longitud proyectada de línea		: <input checked="" type="checkbox"/> YP
	Posición de carga lineal	Nudo	A	: 6
			B	: 8
	Magnitud de carga lineal		p <sub>A</sub>	: -1.500 kN/m
			p <sub>B</sub>	: -1.500 kN/m
	Cargas totales generadas	$\Sigma P_{\text{Lineas}}$	X	: 0.000 kN
			Y	: -3.000 kN
			Z	: 0.000 kN
		$\Sigma P_{\text{Barras}}$	X	: 0.000 kN
			Y	: -3.000 kN
			Z	: 0.000 kN
	Momentos totales a origen	$\Sigma P_{\text{Lineas}}$	X	: -5.100 kNm
			Y	: 0.000 kNm
			Z	: -3.000 kNm
		$\Sigma P_{\text{Barras}}$	X	: -5.100 kNm
			Y	: 0.000 kNm
			Z	: -3.000 kNm
	Convertir cargas de las barras núm.			: 4-6,9,11,16,17

■ CO4: CC1 + CC2

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]

Isométrico





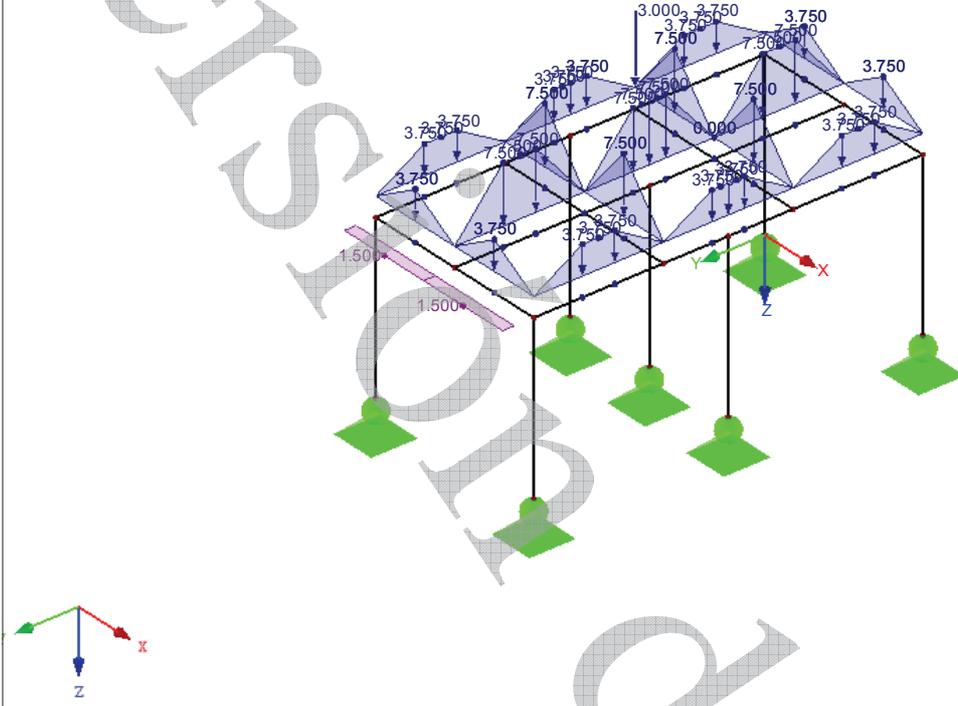
Proyecto: \_\_\_\_\_ Modelo: 111-1100  
11111.04.000

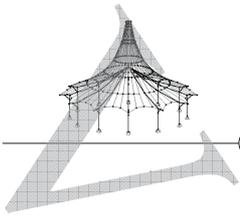
Fecha: 09/05/2016

■ CO4: CC1 + CC2

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]

Isométrico





Proyecto: \_\_\_\_\_ Modelo: 111-1100  
11111.04.000

Fecha: 09/05/2016

#### 4.0 RESULTADOS - RESUMEN

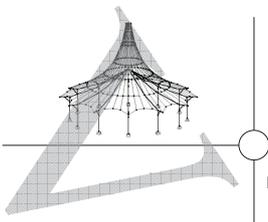
Descripción	Valor	Unidad	Comentario
CO4 - CC1 + CC2			
Suma de cargas en X	0.00	kN	
Suma de reacciones en apoyos en X	0.00	kN	
Suma de cargas en Y	-3.00	kN	
Suma de reacciones en apoyos en Y	-3.00	kN	
Suma de cargas en Z	68.81	kN	Desviación 0.00%
Suma de reacciones en apoyos en Z	68.81	kN	Desviación 0.00%
Resultante de reacciones respecto a X	-3.05	kNm	En el centro de gravedad del modelo (X:1.00, Y:2.00, Z:-1.38 m)
Resultante de reacciones respecto a Y	3.00	kNm	En el centro de gravedad del modelo
Resultante de reacciones respecto a Z	0.00	kNm	En el centro de gravedad del modelo
Máx. desplazamiento en X	-0.3	mm	Barra núm. 1, x: 1.063 m
Máx. desplazamiento en Y	-1.6	mm	Barra núm. 11, x: 0.000 m
Máx. desplazamiento en Z	1.4	mm	Barra núm. 12, x: 1.000 m
Máx. desplazamiento del vector	2.1	mm	Barra núm. 12, x: 1.000 m
Máx. giro respecto a X	-1.5	mrad	Barra núm. 1, x: 0.000 m
Máx. giro respecto a Y	1.4	mrad	Barra núm. 12, x: 1.800 m
Máx. giro respecto a Z	-0.1	mrad	Barra núm. 9, x: 0.800 m
Método de análisis	2º orden		Análisis de 2º orden (no lineal, Timoshenko)
Esfuerzos internos referidos al sistema deformado para...	<input checked="" type="checkbox"/>		N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub>
Reducción de rigidez multiplicada por coeficiente	<input checked="" type="checkbox"/>		
Considerar efecto favorable de esfuerzos de tracción	<input checked="" type="checkbox"/>		
Dividir resultados entre el factor de CO	<input type="checkbox"/>		
Número de incrementos de carga	1		
Número de iteraciones	2		
Resumen			
Otra configuración	Número de elementos finitos 1D	:	23
	Número de elementos finitos 2D	:	0
	Número de elementos finitos 3D	:	0
	Número de nudos de mallas de EF	:	20
	Número de ecuaciones	:	120
	Número máximo de iteraciones	:	100
	Número de divisiones para resultados de barras	:	10
	División de cables/apoyos/barras de sección variable	:	10
	Número de divisiones de barra para búsqueda de valores máximos	:	10
	Subdivisiones de malla de EF para resultados gráficos	:	3
	Porcentaje de iteraciones según el método de Picard en combinación con el método de Newton-Raphson	:	5 %
Opciones	<input checked="" type="checkbox"/> Activar rigidez a cortante de barras (Ay, Az)		
	<input checked="" type="checkbox"/> Activar divisiones de barras para grandes deformaciones o análisis postcrítico		
	<input checked="" type="checkbox"/> Activar modificaciones de rigideces introducidas		
	<input type="checkbox"/> Ignorar grados de libertad de giro		
	<input checked="" type="checkbox"/> Comprobación de fuerzas de barras críticas		
	<input type="checkbox"/> Resolvedor directo no simétrico si es demandado por el modelo no lineal		
	Método para el sistema de ecuaciones		<input checked="" type="radio"/> Directo <input type="radio"/> Iteración <input checked="" type="radio"/> Mindlin <input type="radio"/> Kirchhoff <input type="radio"/> 32-bit <input checked="" type="radio"/> 64-bit
	Teoría de flexión de placas		
	Versión de solucionador		
Precisión y tolerancia	<input type="checkbox"/> Cambiar configuración predeterminada		

#### 4.1 NUDOS - ESFUERZOS EN APOYOS

Nudo núm.	CC/CO	Esfuerzos en apoyos [kN]			Momentos en apoyos [kNm]			Comentario
		P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	
1	CO4	-0.66	-0.96	8.46	0.00	0.00	-0.01	
3	CO4	0.65	-0.83	7.64	0.00	0.00	0.01	
5	CO4	-0.61	0.00	6.17	0.00	0.00	-0.02	
7	CO4	0.60	0.03	6.33	0.00	0.00	0.02	
16	CO4	-0.45	-0.31	14.74	0.00	0.00	0.00	
18	CO4	0.47	-0.49	12.39	0.00	0.00	0.00	
19	CO4	0.00	-0.44	13.07	0.00	0.00	0.00	

#### 4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra núm.	CC/CO	Nudo núm.	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>T</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
<b>Sección núm. 1: QRO 100x6.3 (conformadas en caliente)</b>									
1	CO4	1	0.000	-8.46	-0.98	-0.66	0.01	0.00	0.00
			1.700	-8.15	-0.96	-0.65	0.01	-1.11	1.65
2	CO4	3	0.000	-7.64	-0.84	0.66	-0.01	-0.00	0.00
			1.700	-7.33	-0.83	0.65	-0.01	1.11	1.42
3	CO4	4	0.000	-0.51	0.33	3.85	-0.16	-0.97	0.13
			0.000	-0.51	0.33	3.85	-0.16	-0.97	0.13
			0.500	-0.51	0.33	2.82	-0.16	0.77	-0.04
			0.500	-0.51	0.33	2.82	-0.16	0.77	-0.04
			1.000	-0.51	0.33	1.80	-0.16	1.85	-0.20
			1.000	-0.51	0.33	1.80	-0.16	1.85	-0.20
4	CO4	5	0.000	-6.17	-0.00	-0.61	0.02	0.00	0.00
			1.700	-5.86	-0.00	-0.61	0.02	-1.04	0.01
5	CO4	7	0.000	-6.33	0.03	0.60	-0.02	-0.00	0.00
			1.700	-6.02	0.03	0.60	-0.02	1.02	-0.05
6	CO4	8	0.000	-0.72	0.96	3.59	-0.09	-0.90	0.17
			0.000	-0.72	0.96	3.59	-0.09	-0.90	0.17



Proyecto:

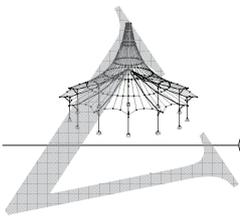
Modelo: 111-1100

Fecha: 09/05/2016

11111.04.000

### 4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra núm.	CC/CO	Nudo núm.	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>T</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
6	CO4	9	0.500	-0.72	0.21	2.56	-0.09	0.72	-0.12
			0.500	-0.72	0.21	2.56	-0.09	0.72	-0.12
			1.000	-0.72	-0.55	1.53	-0.09	1.66	-0.04
			1.000	-0.72	-0.55	1.53	-0.09	1.66	-0.04
7	CO4	10	0.000	-0.51	-0.33	-1.85	0.07	1.85	-0.20
			0.000	-0.51	-0.33	-1.85	0.07	1.85	-0.20
			0.500	-0.51	-0.33	-2.88	0.07	0.75	-0.03
			0.500	-0.51	-0.33	-2.88	0.07	0.75	-0.03
8	CO4	2	0.000	-0.50	-0.33	-3.91	0.07	-1.03	0.13
			1.000	-0.50	-0.33	-3.91	0.07	-1.03	0.13
			0.000	-0.63	0.14	4.24	-0.09	-1.58	0.12
			0.000	-0.63	0.14	4.24	-0.09	-1.58	0.12
9	CO4	9	0.000	-0.72	0.55	-1.54	0.07	1.66	-0.04
			0.000	-0.72	0.55	-1.54	0.07	1.66	-0.04
			0.500	-0.72	-0.20	-2.57	0.07	0.71	-0.13
			0.500	-0.72	-0.20	-2.57	0.07	0.71	-0.13
10	CO4	4	0.000	-0.50	-0.14	3.48	0.14	-1.26	-0.11
			0.000	-0.50	-0.14	3.48	0.14	-1.26	-0.11
			0.500	-0.50	-0.14	2.45	0.14	0.30	-0.04
			0.500	-0.50	-0.14	2.45	0.14	0.30	-0.04
11	CO4	9	0.000	-1.10	0.00	3.07	-0.00	0.16	-0.00
			0.000	-1.10	0.00	3.07	-0.00	0.16	-0.00
			0.500	-1.10	0.00	1.10	-0.00	1.36	-0.00
			0.500	-1.10	0.00	1.10	-0.00	1.36	-0.00
12	CO4	11	0.000	-0.42	-0.00	3.87	0.04	-0.44	0.01
			0.000	-0.42	-0.00	3.87	0.04	-0.44	0.01
			0.500	-0.42	-0.00	1.90	0.04	1.16	0.01
			0.500	-0.42	-0.00	1.90	0.04	1.16	0.01
13	CO4	11	0.000	-0.63	-0.27	-5.99	0.35	1.88	-0.08
			0.000	-0.63	-0.27	-5.99	0.35	1.88	-0.08
			0.500	-0.62	-0.27	-7.02	0.35	-1.30	0.05
			0.500	-0.62	-0.27	-7.02	0.35	-1.30	0.05
14	CO4	12	0.000	-0.50	0.28	-3.88	-0.43	1.10	0.08
			0.000	-0.50	0.28	-3.88	-0.43	1.10	0.08
			0.500	-0.49	0.28	-4.91	-0.43	-1.02	-0.06
			0.500	-0.49	0.28	-4.91	-0.43	-1.02	-0.06
15	CO4	13	0.000	-0.06	0.01	3.97	0.00	-0.55	-0.02
			0.000	-0.06	0.01	3.97	0.00	-0.55	-0.02
			0.500	-0.06	0.01	2.00	0.00	1.10	-0.02
			0.500	-0.06	0.01	2.00	0.00	1.10	-0.02
16	CO4	13	0.000	-0.95	0.10	1.10	0.14	0.71	0.01
			0.000	-0.95	0.10	1.10	0.14	0.71	0.01
			0.500	-0.95	0.11	0.08	0.14	1.09	-0.05
			0.500	-0.95	0.11	0.08	0.14	1.09	-0.05
17	CO4	14	0.000	-0.99	-0.12	0.93	-0.12	0.86	-0.01
			0.000	-0.99	-0.12	0.93	-0.12	0.86	-0.01
			0.500	-0.99	-0.12	-0.10	-0.12	1.15	0.05
			0.500	-0.99	-0.12	-0.10	-0.12	1.15	0.05
18	CO4	15	0.000	-14.43	0.32	-0.44	0.00	0.77	0.56
			0.000	-14.43	0.32	-0.44	0.00	0.77	0.56
			1.700	-14.74	0.33	-0.45	0.00	-0.00	0.00
			1.700	-14.74	0.33	-0.45	0.00	-0.00	0.00



Proyecto: \_\_\_\_\_ Modelo: 111-1100  
11111.04.000

Fecha: 09/05/2016

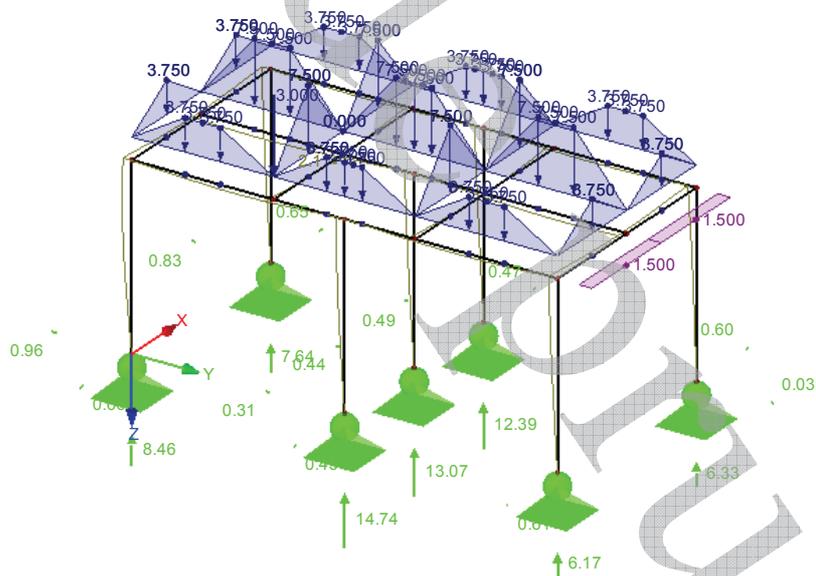
#### 4.12 SECCIONES - ESFUERZOS INTERNOS

Barra número	CC/CO	Nudo número	Posición x [m]	Fuerzas [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>T</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
19	CO4	15	0.000	-0.95	0.17	6.75	-0.41	-3.08	0.10
			0.000	-0.95	0.17	6.75	-0.41	-3.08	0.10
			0.167	-0.94	0.17	6.10	-0.41	-2.01	0.07
			0.167	-0.94	0.17	6.10	-0.41	-2.01	0.07
			0.667	-0.94	0.17	5.07	-0.41	0.71	-0.01
			0.667	-0.94	0.17	5.07	-0.41	0.71	-0.01
20	CO4	17	0.000	-12.08	0.50	0.46	-0.00	-0.79	0.86
			1.700	-12.39	0.51	0.47	-0.00	0.00	0.00
21	CO4	17	0.000	-0.99	-0.18	6.51	0.36	-2.76	-0.10
			0.000	-0.99	-0.18	6.51	0.36	-2.76	-0.10
			0.167	-0.99	-0.18	5.86	0.36	-1.73	-0.07
			0.167	-0.99	-0.18	5.86	0.36	-1.73	-0.07
			0.667	-0.99	-0.18	4.83	0.36	0.87	0.02
			0.667	-0.99	-0.18	4.83	0.36	0.87	0.02
22	CO4	19	0.000	-13.07	-0.45	-0.00	0.00	0.00	0.00
			1.700	-12.76	-0.44	-0.00	0.00	-0.00	0.76
23	CO4	20	0.000	-0.66	-0.00	6.09	0.00	-2.37	-0.00
			0.000	-0.66	-0.00	6.09	0.00	-2.37	-0.00
			0.167	-0.66	-0.00	4.81	0.00	-1.46	-0.00
			0.167	-0.66	-0.00	4.81	0.00	-1.46	-0.00
			0.667	-0.66	-0.00	2.85	0.00	0.30	-0.00
			0.667	-0.66	-0.00	2.85	0.00	0.30	-0.00
			1.167	-0.66	-0.00	0.88	0.00	1.39	0.00
			1.167	-0.66	-0.00	0.88	0.00	1.39	0.00
			1.500	-0.66	-0.00	-1.68	0.00	1.26	0.00
			1.500	-0.66	-0.00	-1.68	0.00	1.26	0.00
10			2.000	-0.66	-0.00	-3.65	0.00	-0.23	0.00
			2.000	-0.66	-0.00	-3.65	0.00	-0.23	0.00

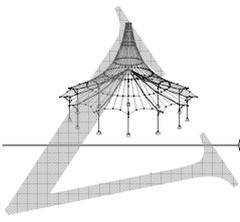
#### DEFORMACIONES GLOBALES u, REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]  
Deformaciones globales u  
Reacciones en apoyos[kN]

Isométrico



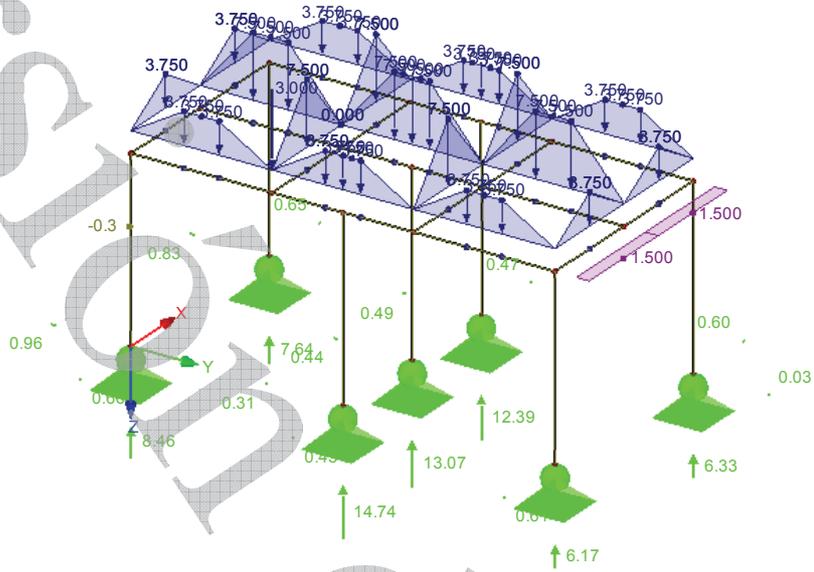
Máx.P-Z': 14.74, Mín. P-Z': 6.17 kN  
Máx.P-Y': 0.03, Mín. P-Y': -0.96 kN  
Máx.P-X': 0.65, Mín. P-X': -0.66 kN  
Máx.u: 2.1, Mín. u: 0.0 mm  
Coeficiente de deformaciones: 55.00



## ■ DEFORMACIONES GLOBALES $u_x$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]  
Deformaciones globales u-X  
Reacciones en apoyos[kN]

Isométrico

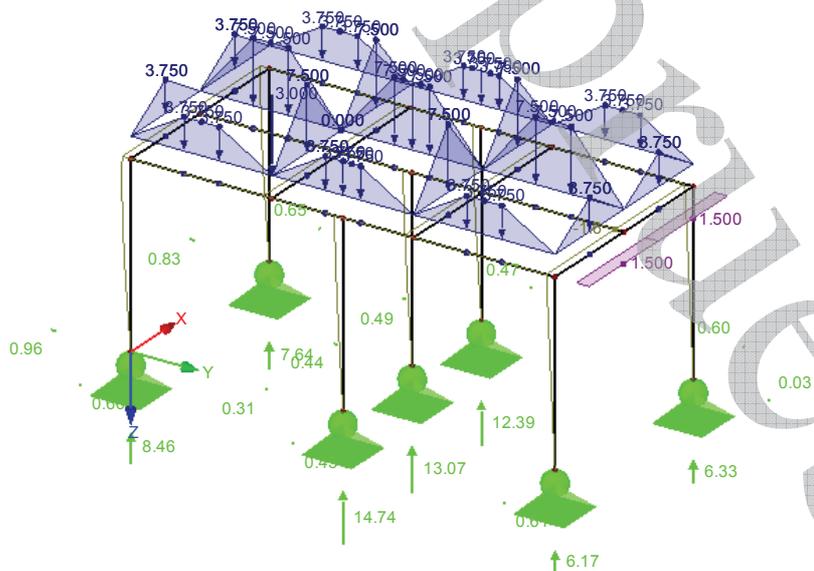


Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.u-X: 0.3, Mín. u-X: -0.3 mm  
Coeficiente de deformaciones: 55.00

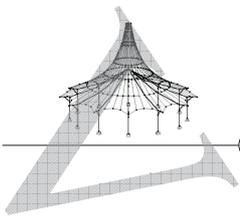
## ■ DEFORMACIONES GLOBALES $u_y$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]  
Deformaciones globales u-Y  
Reacciones en apoyos[kN]

Isométrico



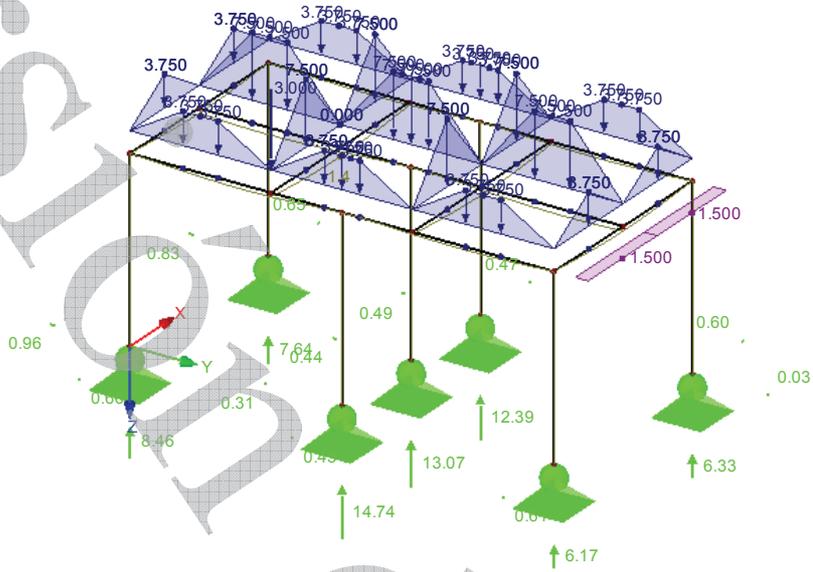
Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.u-Y: 0.0, Mín. u-Y: -1.6 mm  
Coeficiente de deformaciones: 55.00



## DEFORMACIONES GLOBALES $u_z$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]  
Deformaciones globales u-Z  
Reacciones en apoyos[kN]

Isométrico

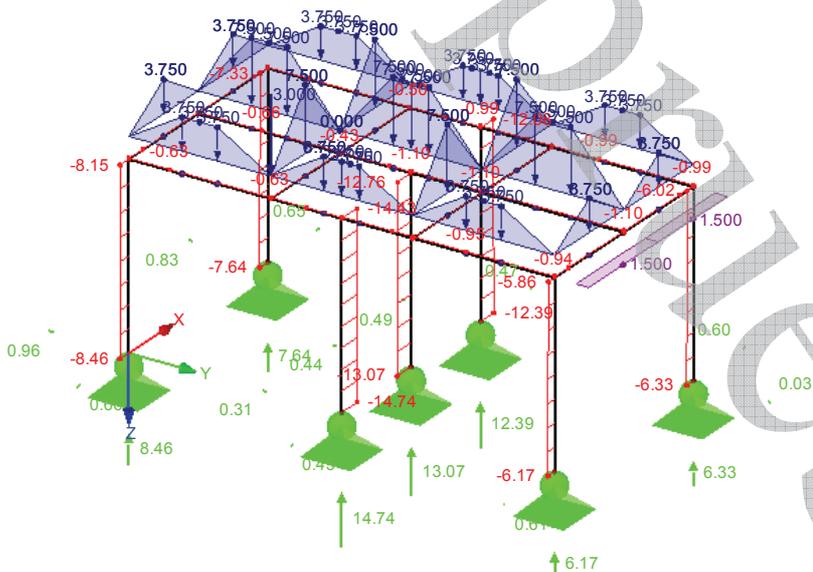


Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.u-Z: 1.4, Mín. u-Z: 0.0 mm  
Coeficiente de deformaciones: 55.00

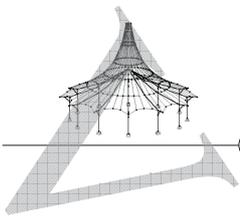
## ESFUERZOS INTERNOS N, REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]  
Esfuerzos internos N  
Reacciones en apoyos[kN]

Isométrico



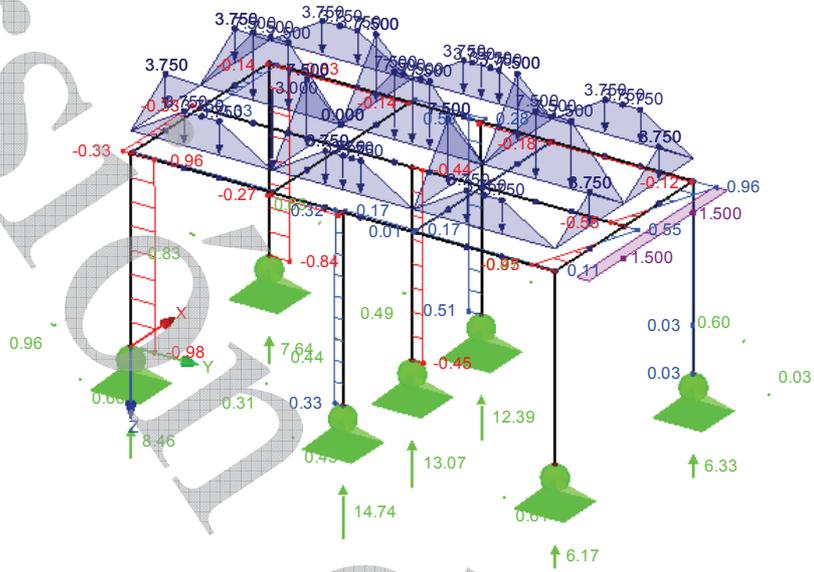
Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.N: -0.06, Mín. N: -14.74 kN



### ■ ESFUERZOS INTERNOS $V_y$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]  
Esfuerzos internos V-y  
Reacciones en apoyos[kN]

Isométrico

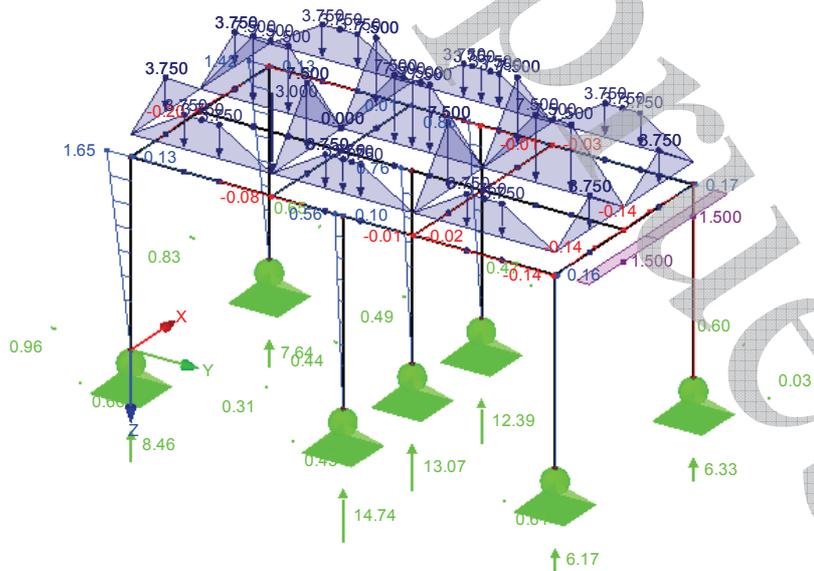


Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.V-y: 0.96, Mín. V-y: -0.98 kN

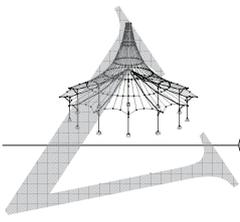
### ■ ESFUERZOS INTERNOS $M_z$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]  
Esfuerzos internos M-z  
Reacciones en apoyos[kN]

Isométrico



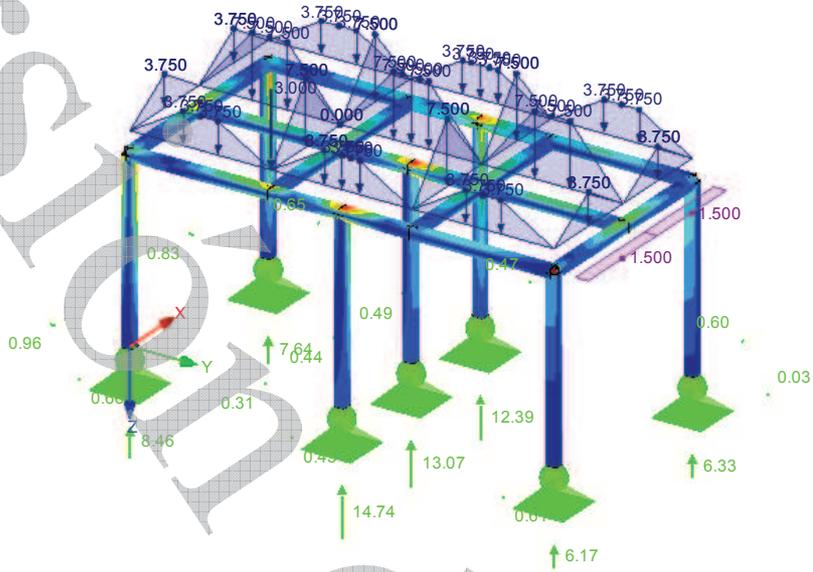
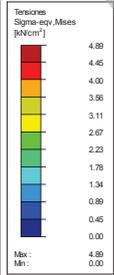
Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.M-z: 1.65, Mín. M-z: -0.20 kNm



■  $\sigma_{eqv,Mises}$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Cargas [kN/m], [kN]  
Tensiones Sigma- $eqv$ , Mises  
Reacciones en apoyos [kN]

Isométrico

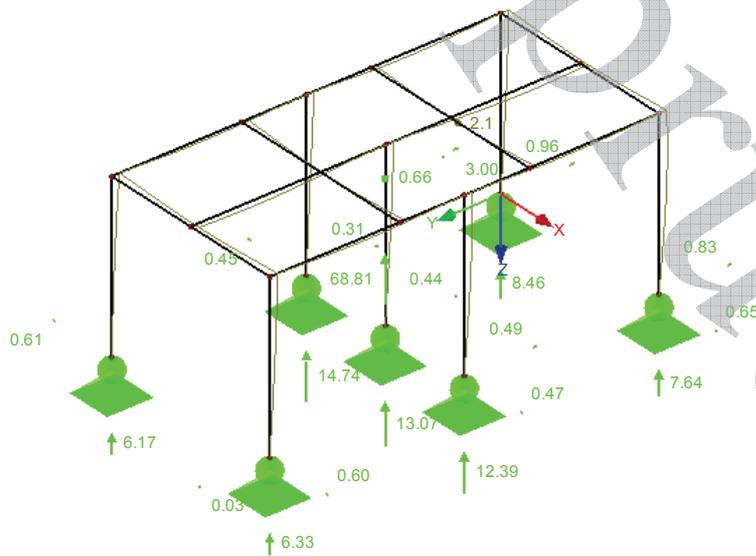


Máx.P-Z': 14.74, Mín. P-Z': 6.17 kN  
Máx.P-Y': 0.03, Mín. P-Y': -0.96 kN  
Máx.P-X': 0.65, Mín. P-X': -0.66 kN  
Máx.Sigma- $eqv$ , Mises: 4.89, Mín. Sigma- $eqv$ , Mises: 0.00 kN/cm²

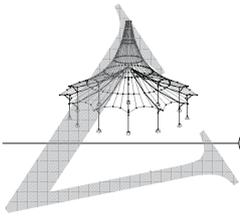
■ DEFORMACIONES GLOBALES u, REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Deformaciones globales u  
Reacciones en apoyos [kN], [kNm]

Isométrico



Máx.P-Z': 14.74, Mín. P-Z': 6.17 kN  
Máx.P-Y': 0.03, Mín. P-Y': -0.96 kN  
Máx.P-X': 0.65, Mín. P-X': -0.66 kN  
Máx.u: 2.1, Mín. u: 0.0 mm  
Coeficiente de deformaciones: 55.00



Proyecto:

Modelo: 111-1100

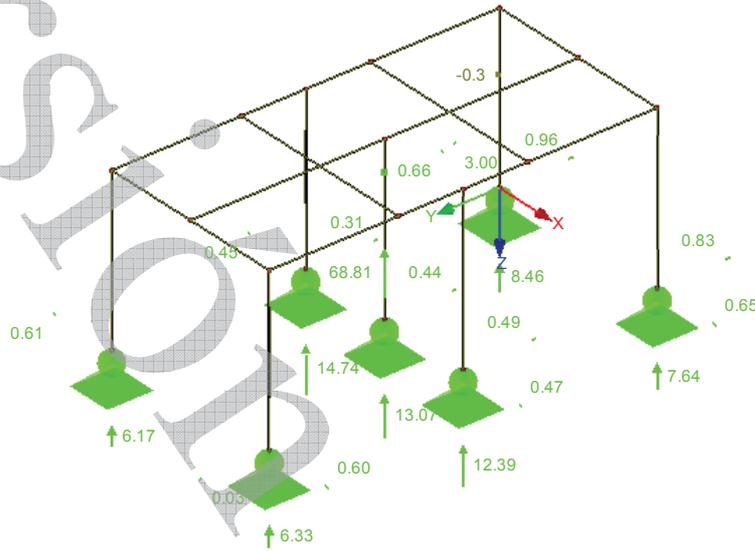
Fecha: 09/05/2016

11111.04.000

## DEFORMACIONES GLOBALES $u_x$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Deformaciones globales u-X  
Reacciones en apoyos[kN], [kNm]

Isométrico

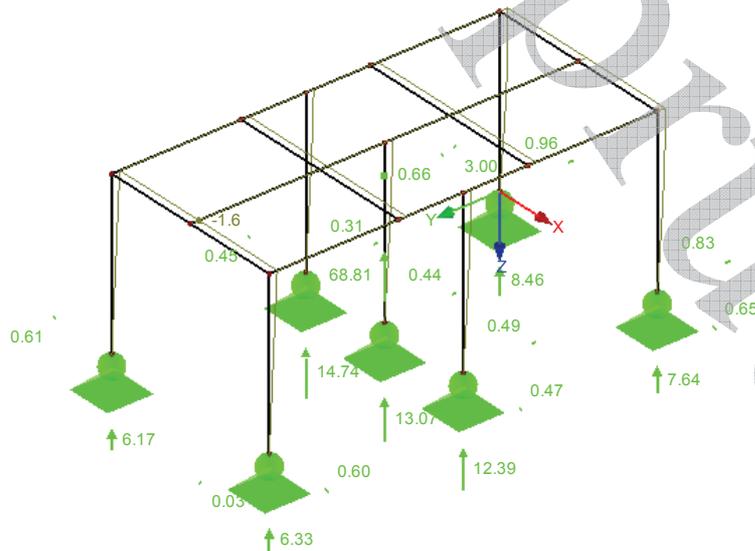


Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.u-X: 0.3, Mín. u-X: -0.3 mm  
Coeficiente de deformaciones: 55.00

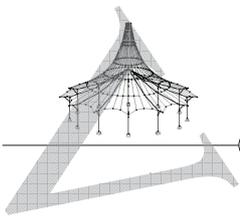
## DEFORMACIONES GLOBALES $u_y$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Deformaciones globales u-Y  
Reacciones en apoyos[kN], [kNm]

Isométrico



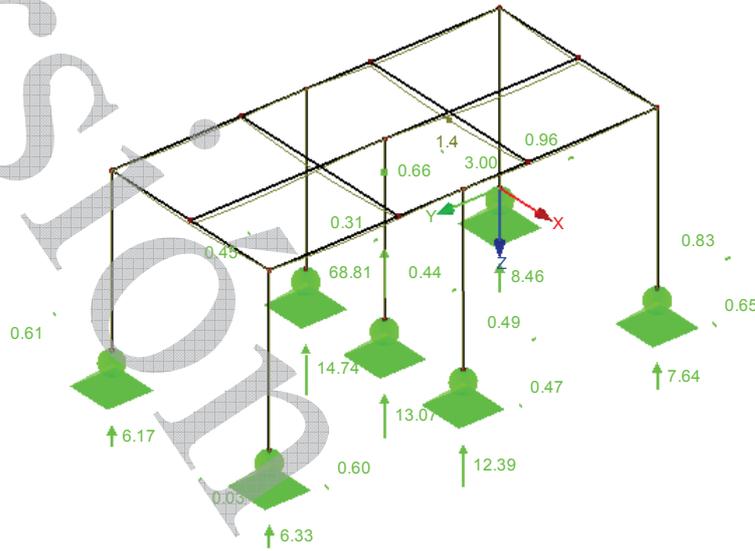
Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.u-Y: 0.0, Mín. u-Y: -1.6 mm  
Coeficiente de deformaciones: 55.00



## DEFORMACIONES GLOBALES $u_z$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Deformaciones globales u-Z  
Reacciones en apoyos[kN], [kNm]

Isométrico

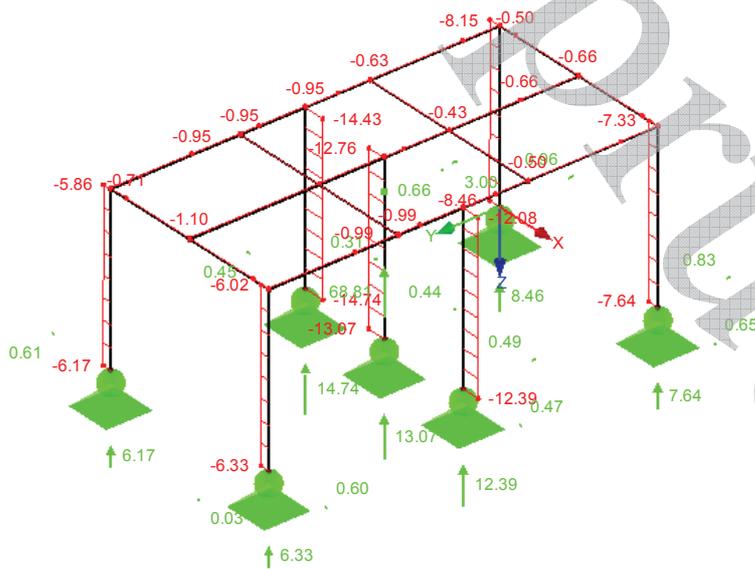


Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.u-Z: 1.4, Mín. u-Z: 0.0 mm  
Coeficiente de deformaciones: 55.00

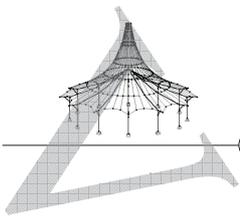
## ESFUERZOS INTERNOS N, REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Esfuerzos internos N  
Reacciones en apoyos[kN], [kNm]

Isométrico



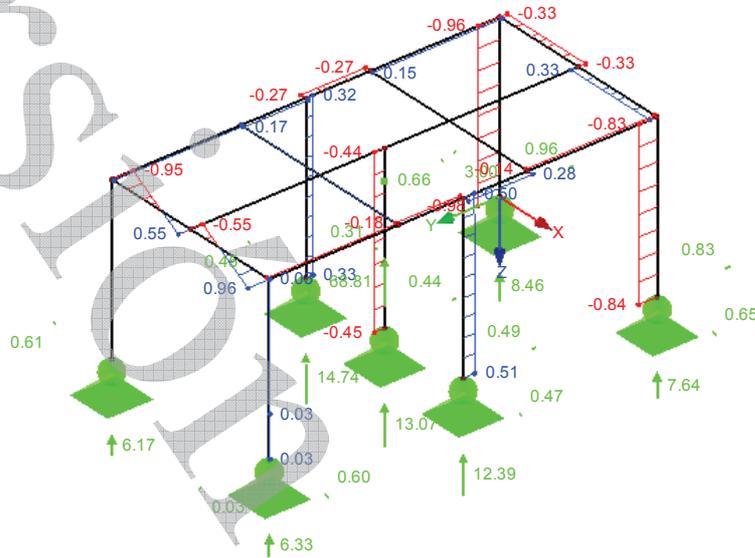
Máx.P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx.P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx.P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx.N: -0.06, Mín. N: -14.74 kN



## ■ ESFUERZOS INTERNOS $V_y$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Esfuerzos internos  $V_y$   
Reacciones en apoyos [kN], [kNm]

Isométrico

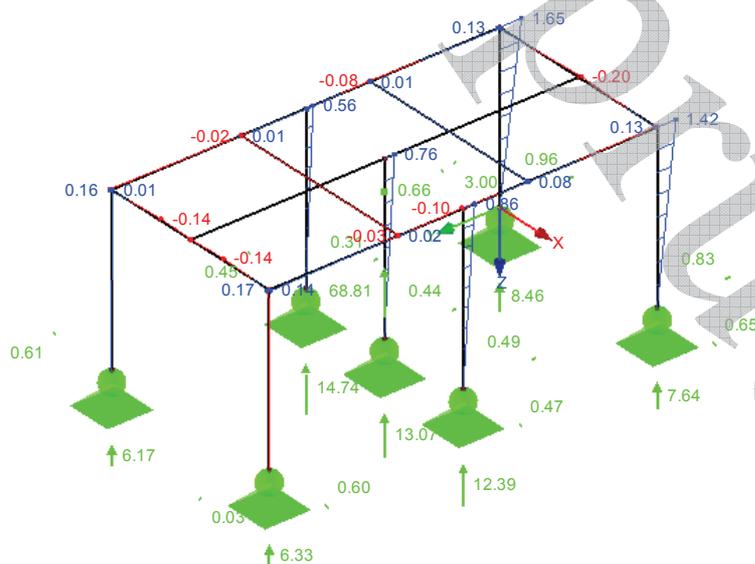


Máx. P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx. P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx. P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx. V-y: 0.96, Mín. V-y: -0.98 kN

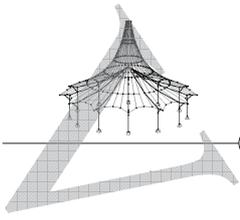
## ■ ESFUERZOS INTERNOS $M_z$ , REACCIONES EN APOYOS

CO4: CC1 + CC2  
Esfuerzos internos  $M_z$   
Reacciones en apoyos [kN], [kNm]

Isométrico



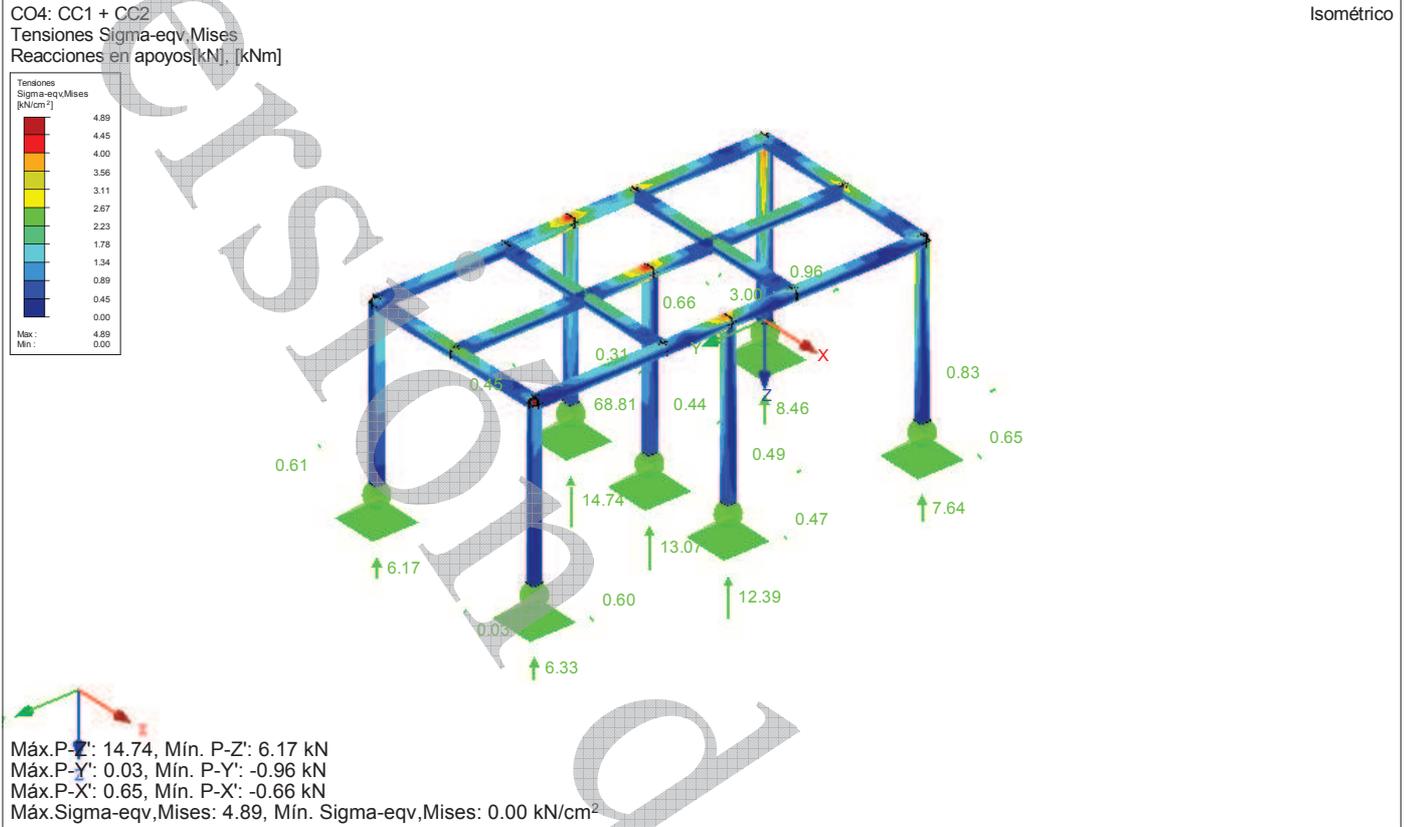
Máx. P-Z: 14.74, Mín. P-Z: 6.17 kN  
Máx. P-Y: 0.03, Mín. P-Y: -0.96 kN  
Máx. P-X: 0.65, Mín. P-X: -0.66 kN  
Máx. M-z: 1.65, Mín. M-z: -0.20 kNm



Proyecto: \_\_\_\_\_ Modelo: 111-1100  
11111.04.000

Fecha: 09/05/2016

■  $\sigma_{eqv,Mises}$ , REACCIONES EN APOYOS



## ANALISIS BARANDILLAS

### MESH:

Entity	Size
Nodes	10221
Elements	5004

### ELEMENT TYPE:

Connectivity	Statistics
TE10	5004 ( 100,00% )

### ELEMENT QUALITY:

Criterion	Good	Poor	Bad	Worst	Average
Stretch	315 ( 6,29% )	2312 ( 46,20% )	2377 ( 47,50% )	0,017	0,088
Aspect Ratio	245 ( 4,90% )	1007 ( 20,12% )	3752 ( 74,98% )	59,830	17,771

### Materials.1

<b>Material</b>	User Material.1 : Steel
<b>Young's modulus</b>	2e+011N_m2
<b>Poisson's ratio</b>	0,266
<b>Density</b>	7860kg_m3
<b>Coefficient of thermal expansion</b>	1,17e-005_Kdeg
<b>Yield strength</b>	2,5e+008N_m2

## Static Case

### Boundary Conditions

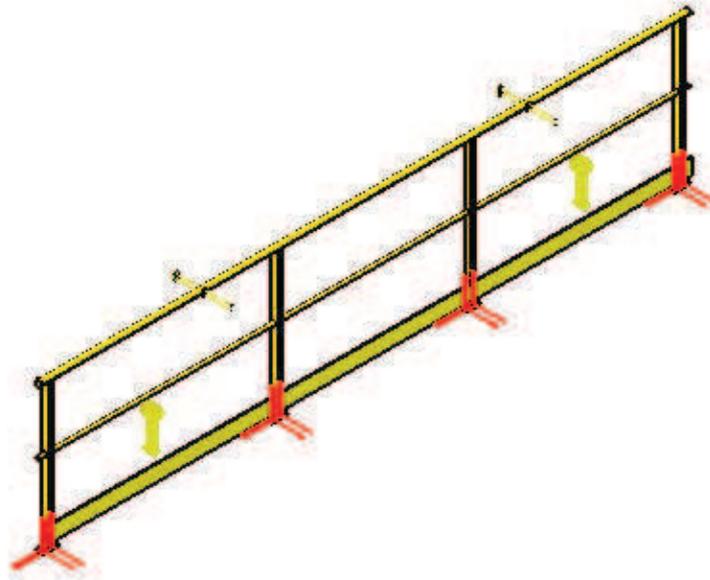


Figure 1

**STRUCTURE Computation**

Number of nodes	:	10221
Number of elements	:	5004
Number of D.O.F.	:	30663
Number of Contact relations	:	0
Number of Kinematic relations	:	0

Parabolic tetrahedron : 5004

**RESTRAINT Computation**

Name: Restraints.1

Number of S.P.C : 180

**LOAD Computation**

Name: Loads.1

Applied load resultant :

$F_x = 6 \cdot 114e-010 \text{ N}$

Fy	=	-1	.	470e+003	N
Fz	=	-4	.	924e+002	N
Mx	=	1	.	334e+003	Nxm
My	=	9	.	741e+002	Nxm
Mz	=	-2	.	933e+003	Nxm

## STRUCTURAL MASS Computation

Name: StructuralMassSet.1

Number of lines	:	30663	
Number of coefficients	:	1059084	
Number of blocks	:	3	
Maximum number of coefficients per bloc	:	499992	
Total matrix size	:	12	24 Mb

Structural mass : 5.024e+001 kg

Inertia center coordinates

Xg	:	1	.	979e+003	mm
Yg	:	7	.	951e+000	mm
Zg	:	3	.	840e+002	mm

Inertia tensor at origin: kgxm2

1.234e+001	-7.991e-001	-3.805e+001
-7.991e-001	2.958e+002	-4.254e-002
-3.805e+001	-4.254e-002	2.835e+002

## STIFFNESS Computation

Number of lines	:	30663	
Number of coefficients	:	1059084	
Number of blocks	:	3	
Maximum number of coefficients per bloc	:	499992	
Total matrix size	:	12	24 Mb

## SINGULARITY Computation

Restraint: Restraints.1

Number of local singularities	:	0
-------------------------------	---	---

Number of singularities in translation : 0  
 Number of singularities in rotation : 0  
 Generated constraint type : MPC

### CONSTRAINT Computation

Restraint: Restraints.1

Number of constraints : 180  
 Number of coefficients : 0  
 Number of factorized constraints : 180  
 Number of coefficients : 0  
 Number of deferred constraints : 0

### FACTORIZED Computation

Method : SPARSE  
 Number of factorized degrees : 30483  
 Number of supernodes : 1768  
 Number of overhead indices : 158271  
 Number of coefficients : 4302936  
 Maximum front width : 354  
 Maximum front size : 62835  
 Size of the factorized matrix (Mb) : 32 . 8288  
 Number of blocks : 5  
 Number of Mflops for factorization : 8 . 164e+002  
 Number of Mflops for solve : 1 . 736e+001  
 Minimum relative pivot : 4 . 005e-007

Minimum and maximum pivot

Value	Dof	Node	x (mm)	y (mm)	z (mm)
9.8530e+004	Tz	3073	3.9034e+003	-1.7595e+001	9.0234e+002
6.4136e+011	Ty	3866	8.7106e+002	6.8144e+000	5.1551e+002

Minimum pivot

Value	Dof	Node	x (mm)	y (mm)	z (mm)
1.0031e+005	Ty	3073	3.9034e+003	-1.7595e+001	9.0234e+002
1.9528e+005	Ty	4956	2.1852e+003	-4.7207e+000	5.0439e+002
2.0161e+005	Ty	10188	8.0246e+002	-5.3261e+000	5.0442e+002
2.2402e+005	Tz	4956	2.1852e+003	-4.7207e+000	5.0439e+002
2.5886e+005	Tz	1190	2.4366e+003	-1.9988e+001	9.0294e+002
2.7733e+005	Ty	1190	2.4366e+003	-1.9988e+001	9.0294e+002

6.8708e+005	Ty	7587	8.4128e+002	1.0777e+001	9.2062e+002
1.0430e+006	Ty	10220	1.1187e+003	2.5000e+001	1.1768e+002
1.1174e+006	Ty	7591	7.7721e+002	1.0938e+001	9.1979e+002

Translational pivot distribution

Value	Percentage
10.E4 --> 10.E5	3.2805e-003
10.E5 --> 10.E6	2.2964e-002
10.E6 --> 10.E7	7.8732e-002
10.E7 --> 10.E8	3.2149e-001
10.E8 --> 10.E9	4.2975e+000
10.E9 --> 10.E10	2.8363e+001
10.E10 --> 10.E11	5.7865e+001
10.E11 --> 10.E12	9.0477e+000

### DIRECT METHOD Computation

Name: Static Case Solution.1

Restraint: Restraints.1

Structural mass is taken into account

Load: Loads.1

Strain Energy : 2.298e+000 J

Equilibrium

Components	Applied Forces	Reactions	Residual	Relative Magnitude Error
Fx (N)	6.1137e-010	-1.8383e-007	-1.8322e-007	2.2356e-011
Fy (N)	-1.4700e+003	1.4700e+003	7.1981e-007	8.7830e-011
Fz (N)	-4.9237e+002	4.9237e+002	6.2610e-007	7.6396e-011

Mx (Nxm)	1.3338e+003	-1.3338e+003	-7.4976e-007	2.2871e-011
My (Nxm)	9.7415e+002	-9.7415e+002	-1.6012e-007	4.8845e-012
Mz (Nxm)	-2.9326e+003	2.9326e+003	1.0354e-005	3.1586e-010

**Static Case Solution.1 - Deformed mesh.1**

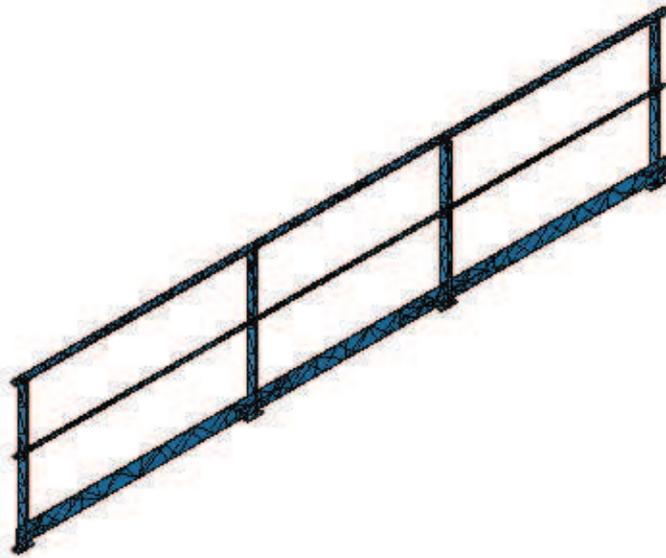


Figure 2

On deformed mesh ---- On boundary ---- Over all the model

**Static Case Solution.1 - Von Mises stress (nodal values).1**



Figure 3

3D elements: : Components: : All

On deformed mesh ---- On boundary ---- Over all the model

### Static Case Solution.1 - Translational displacement magnitude.1



Figure 4

3D elements: : Components: : All

On deformed mesh ---- On boundary ---- Over all the model

**Static Case Solution.1 - Von Mises stress (element's nodes values).1**



Figure 5

3D elements: : Components: : All

On deformed mesh ---- On boundary ---- Over all the model

**Global Sensors**

Sensor Name	Sensor Value
Energy	2,298J
Maximum Displacement.2	3,953mm
Maximum Von Mises.3	5,828e+007N_m2

***ANEXO 6:***

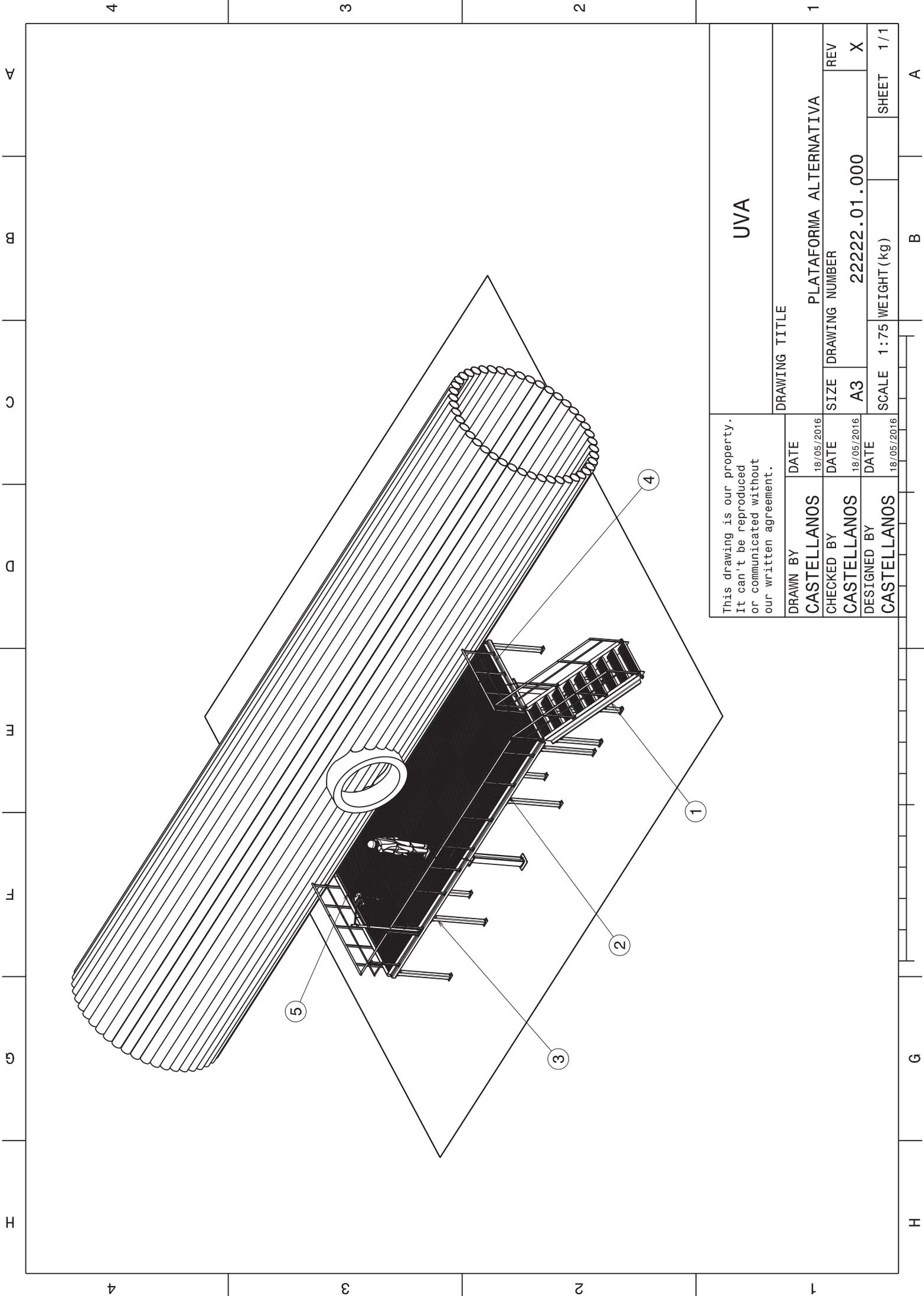
**PLANOS**



## ÍNDICE ANEXO 6

1. 22222.01.000 → Planos generales de la plataforma
2. 22222.02.000 → Escalera
3. 22222.03.000 → Módulo 1
4. 22222.04.000 → Módulo 2
5. 22222.05.000 → Módulo 3
6. 22222.06.000 → Módulo 4
7. 22222.07.000 → Estructura superior tipo 1(módulos 1 y 2)
8. 22222.08.000 → Barandillas tipo 1
9. 22222.10.000 → Pilares simple plataforma
10. 22222.13.000 → Barandillas tipo 2
11. 22222.14.000 → Barandillas tipo 3
12. 22222.15.000 → Estructura superior escalera
13. 22222.16.000 → Barandillas tipo 5
14. 22222.19.000 → Barandillas escalera
15. 22222.21.000 → Soportes tipo 1 escalera
16. 22222.22.000 → Soportes tipo 2 escalera
17. 22222.23.000 → Estructura superior tipo 2(módulos 3 y 4)
18. 22222.24.000 → Barandilla tipo 6
19. 22222.29.000 → Barandilla desmontable
20. 22222.40.000 → Polipasto
21. 22222.60.000 → Pilar doble





This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	18/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	18/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	18/05/2016

DRAWING TITLE			
UVA			
PLATAFORMA ALTERNATIVA			
SIZE	DRAWING NUMBER	REV	
A3	22222.01.000	X	
SCALE	1:75	WEIGHT (kg)	
		SHEET	1/1

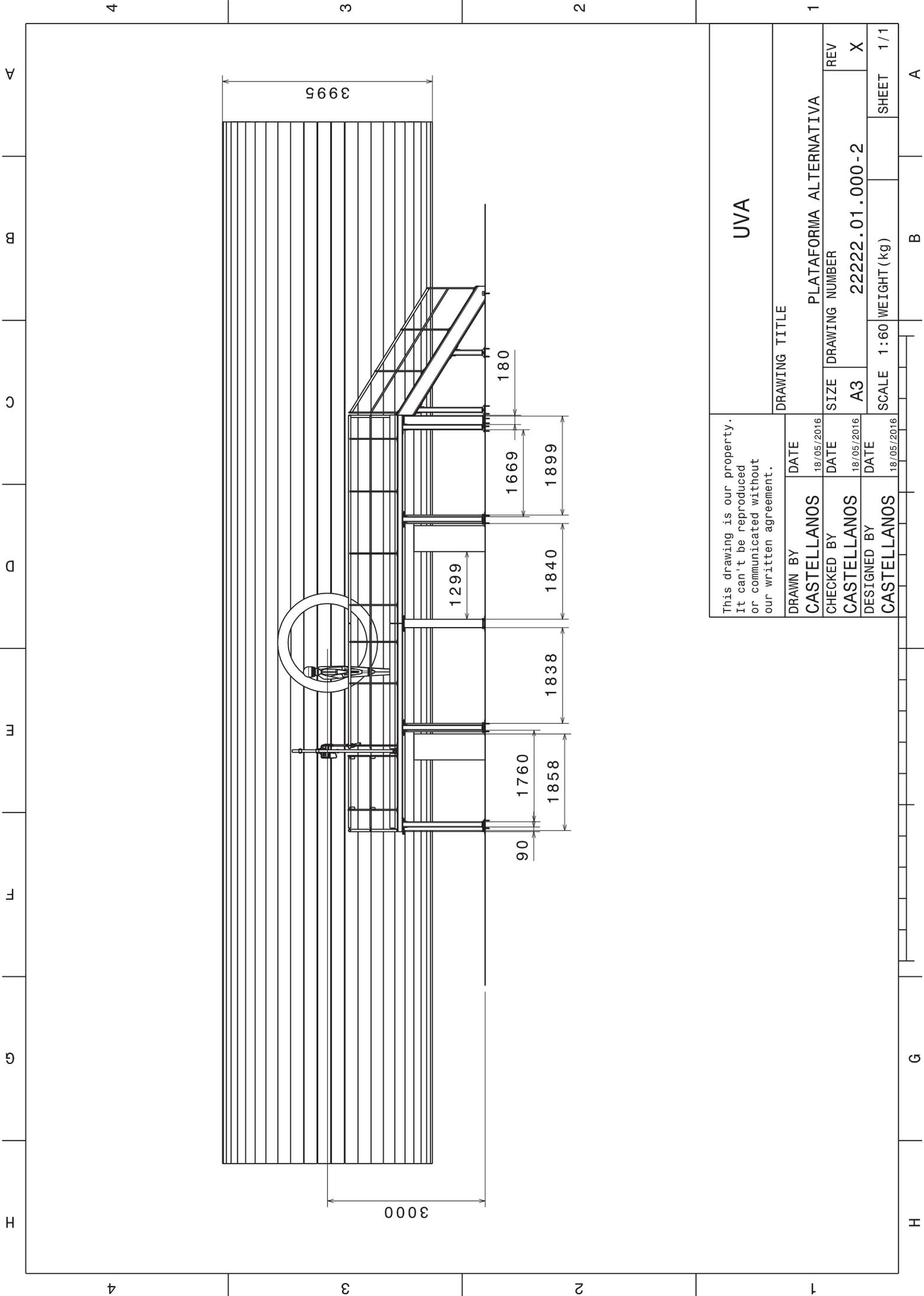
4 3 2 1

A B C D E F G H

4 3 2 1

A B G H

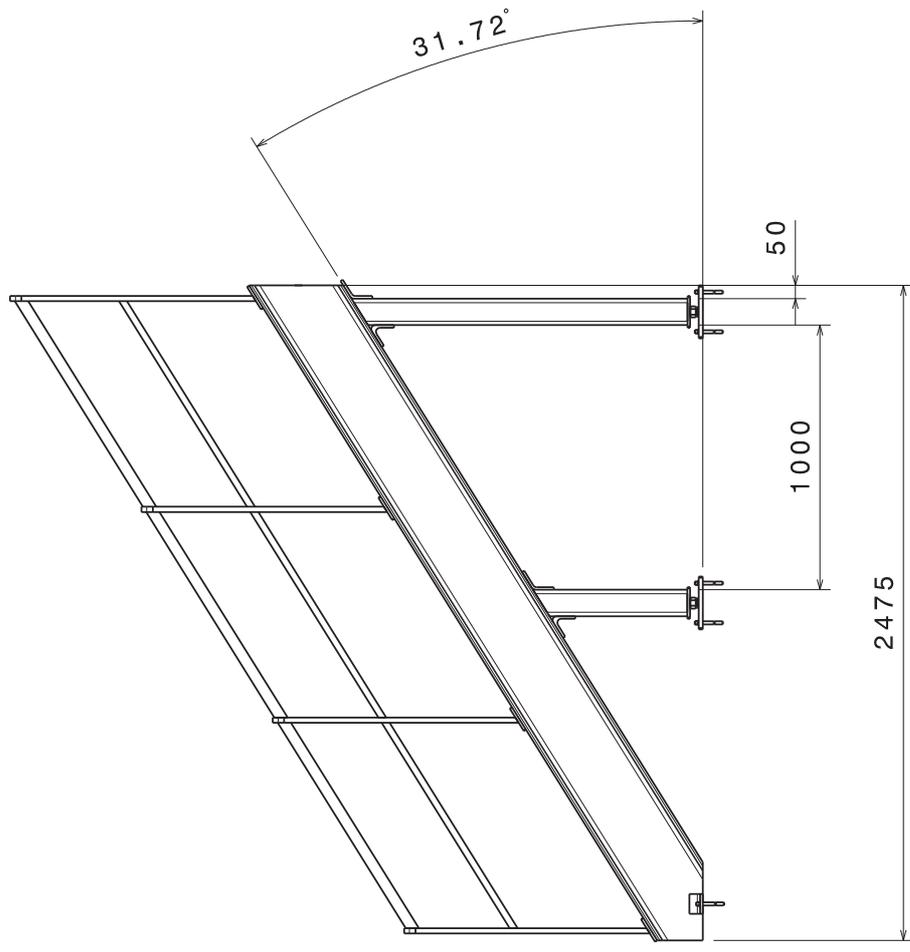
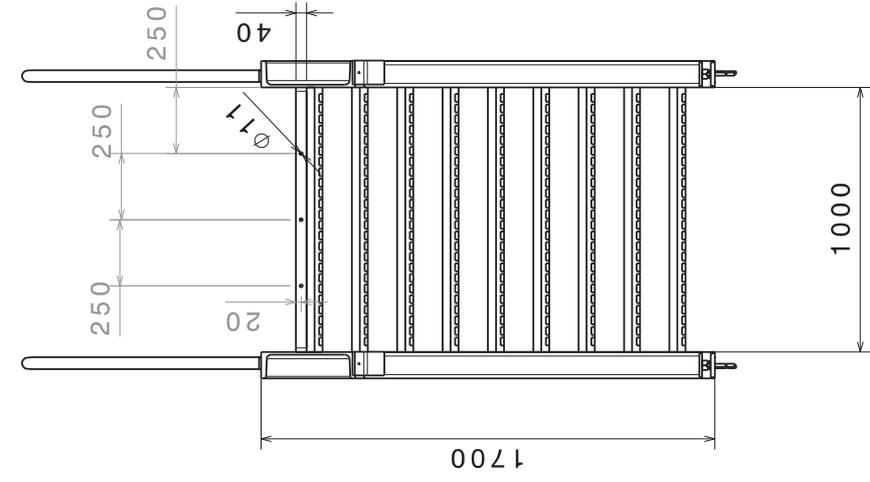




This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	18/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	18/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	18/05/2016

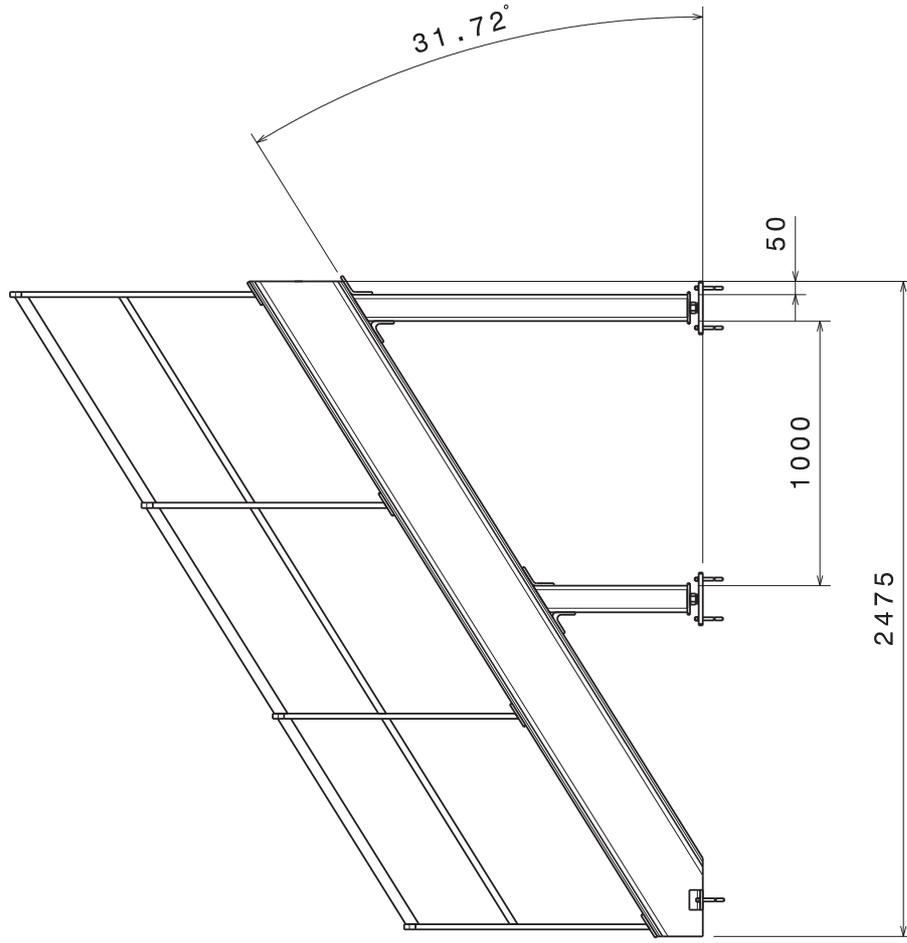
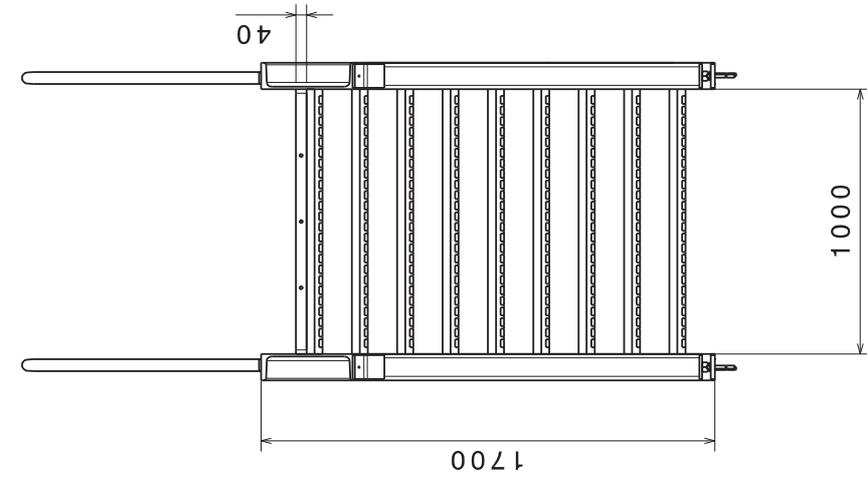
DRAWING TITLE		UVA	
PLATAFORMA ALTERNATIVA			
SIZE	DRAWING NUMBER	REV	
A3	22222.01.000-2	X	
SCALE	1:60	WEIGHT (kg)	
		SHEET	1/1



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	19/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	19/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	19/05/2016

DRAWING TITLE			
UVA			
DRAWING NUMBER		REV	
ESCALERAS		X	
SIZE	DRAWING NUMBER	SCALE	
A3	22222.02.000	1:20	WEIGHT (kg)
		486	SHEET
		1/1	1/1



This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

UVA

DRAWING TITLE

DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER		REV
CASTELLANOS	19/05/2016	ESCALERAS		X
CHECKED BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER	REV
CASTELLANOS	19/05/2016	A3	22222.02.000	X
DESIGNED BY	DATE	SCALE	1:20 WEIGHT (kg)	SHEET
CASTELLANOS	19/05/2016	486	1/1	1/1

H

G

F

E

D

C

B

A

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

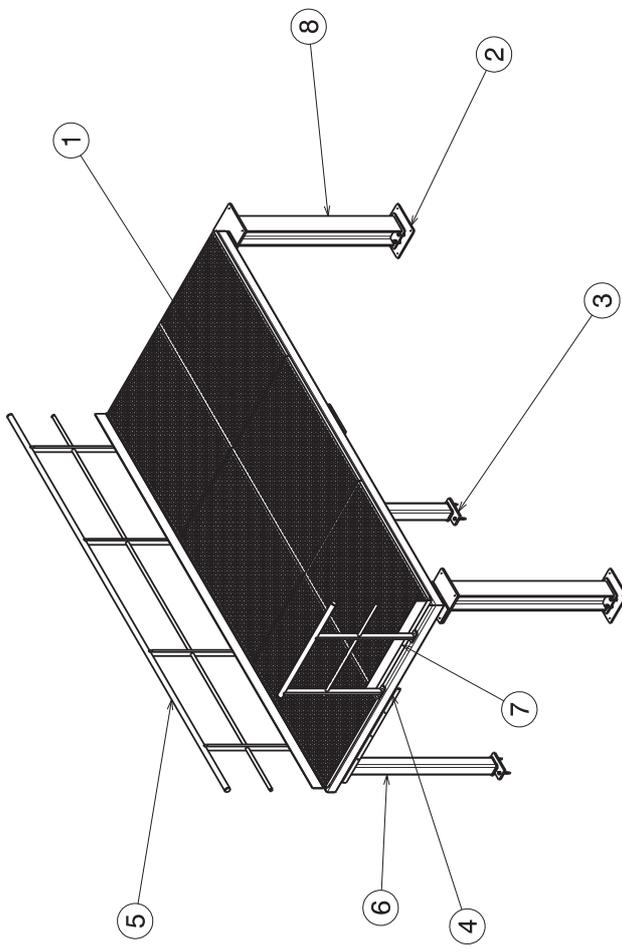
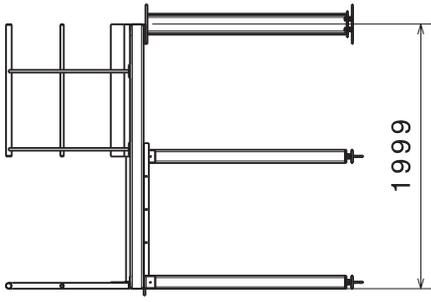
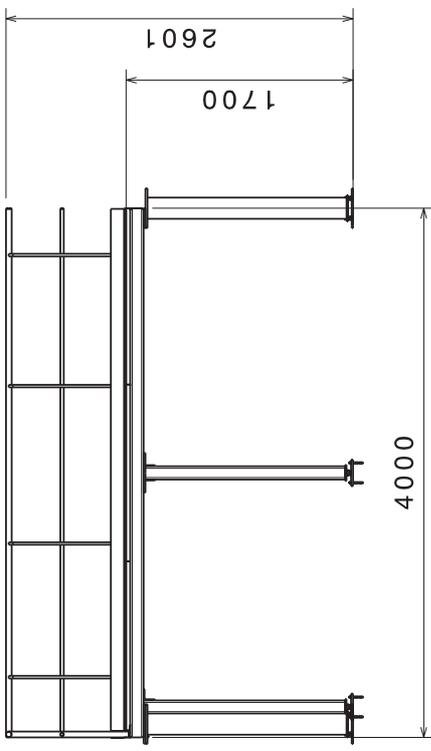
1

4

3

2

1



This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

UVA

DRAWING TITLE

DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER	REV
CASTELLANOS	21/05/2016	22222.03.000	X
CHECKED BY	DATE	SCALE	SHEET
CASTELLANOS	21/05/2016	1:40 WEIGHT (kg)	1/1
DESIGNED BY	DATE		
CASTELLANOS	21/05/2016		

A

B

C

D

E

F

G

H

A

B

G

H

4

3

2

1

4

3

2

1

4

4

3

2

1

4

3

2

1

4

4

3

2

1

4

3

2

1

4

4

3

2

1

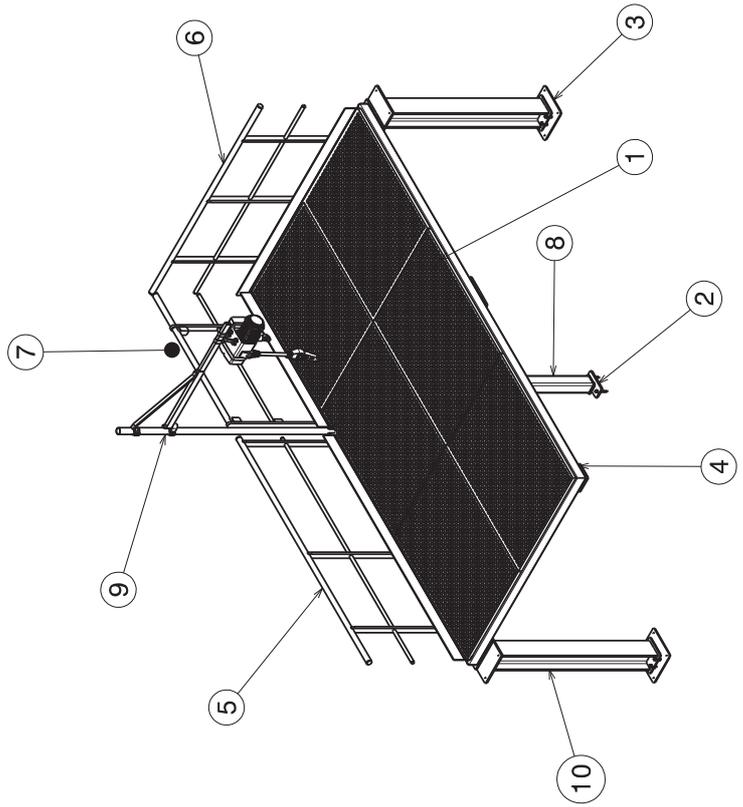
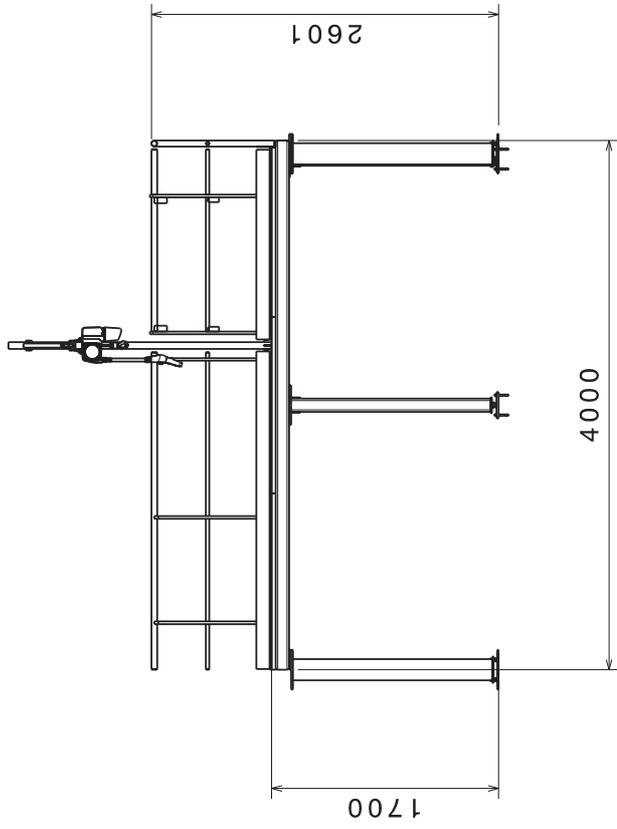
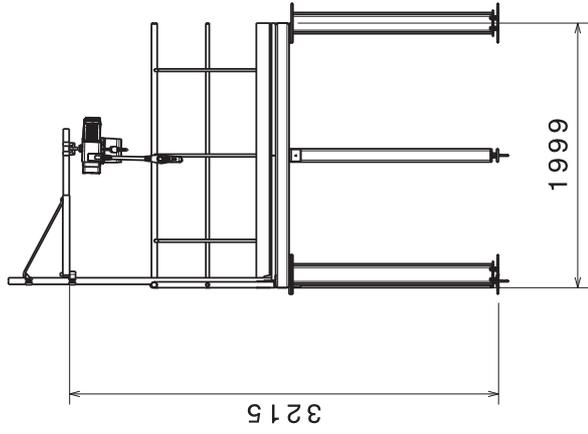
4

3

2

1

4



This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	21/06/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	21/06/2016

UVA

DRAWING TITLE

MÓDULO 2	
SIZE	A3
DRAWING NUMBER	22222.04.000
SCALE	1:40 WEIGHT (kg)
REV	X
SHEET	1/1

A

B

C

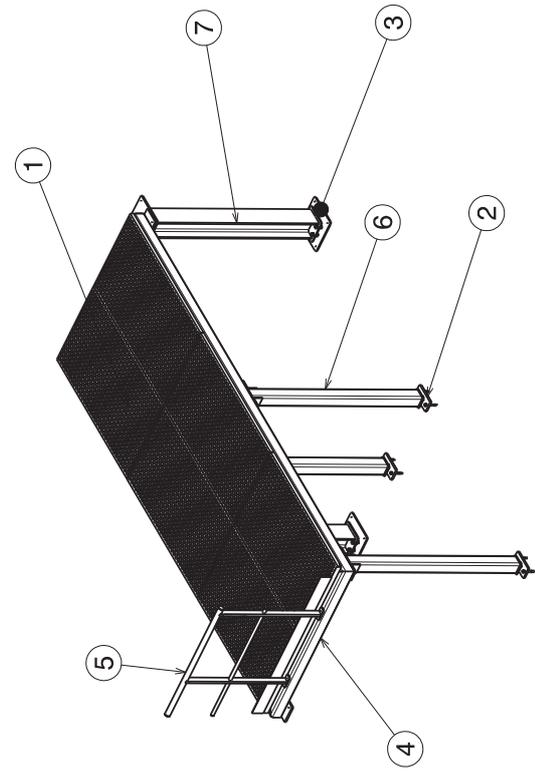
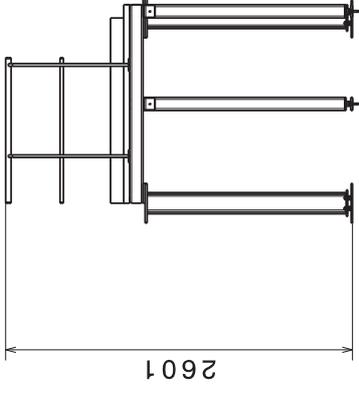
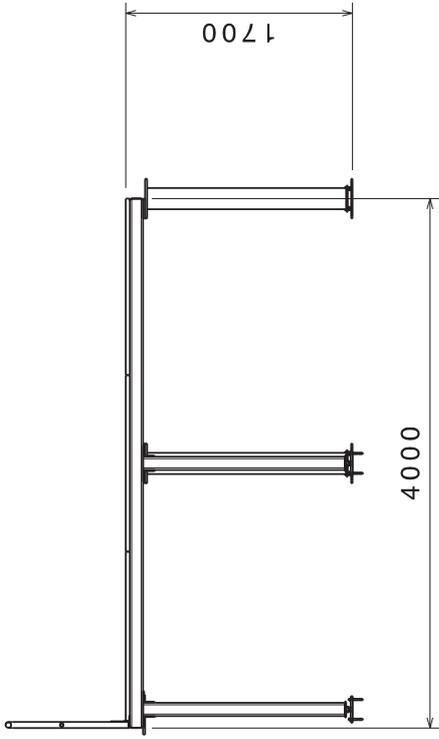
D

E

F

G

H

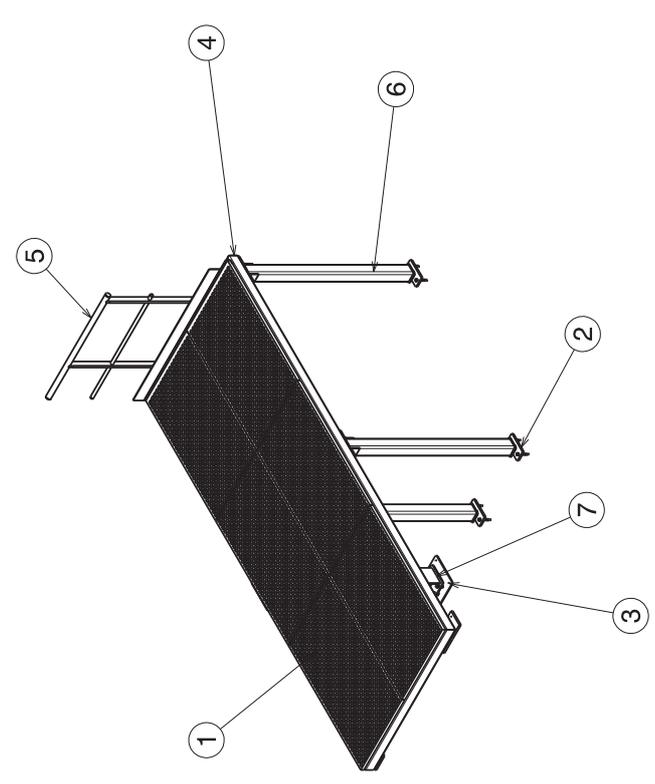
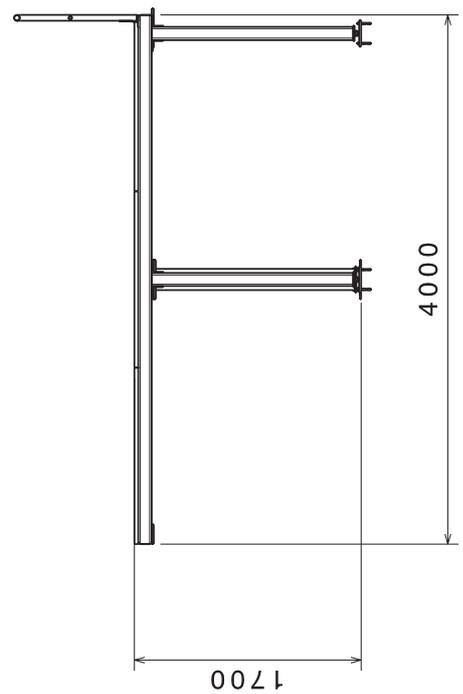
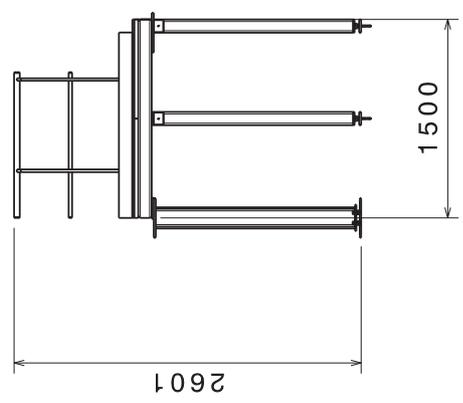


This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

DRAWING TITLE		UVA	
DRAWN BY	DATE	MÓDULO 3	
CASTELLANOS	22/05/2016	SIZE	DRAWING NUMBER
CHECKED BY	DATE	A3	22222.05.000
CASTELLANOS	22/05/2016	SCALE	1:40 WEIGHT (kg)
DESIGNED BY	DATE	SHEET	1/1
CASTELLANOS	22/05/2016		

4 3 2 1

A B C D E F G H



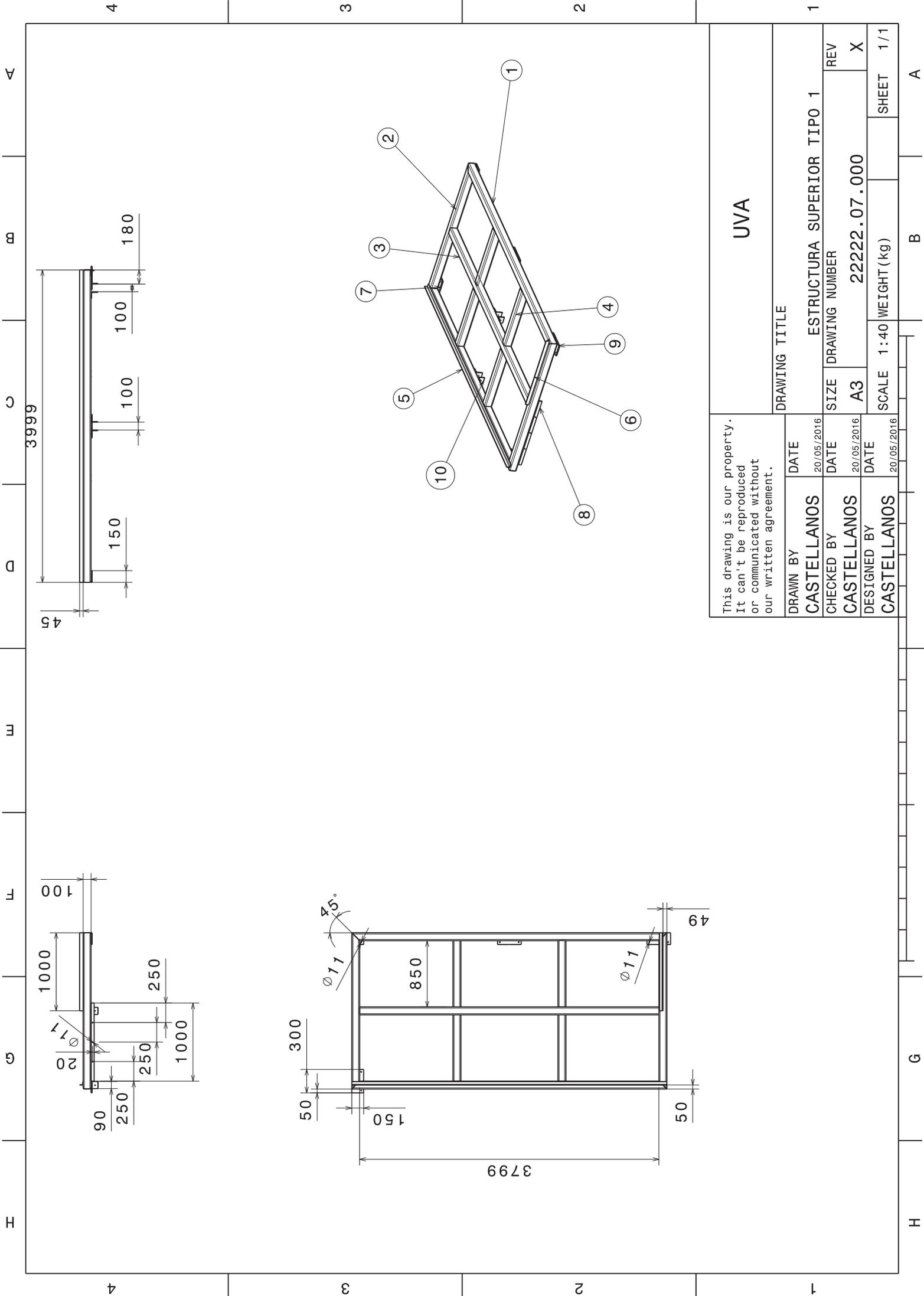
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	23/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	23/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	23/05/2016

DRAWING TITLE			
UVA			
MÓDULO 3		REV	
SIZE	DRAWING NUMBER	X	
A3	22222.06.000	SHEET 1/1	
SCALE 1:40		WEIGHT (kg)	

4 3 2 1

A B C D E F G H



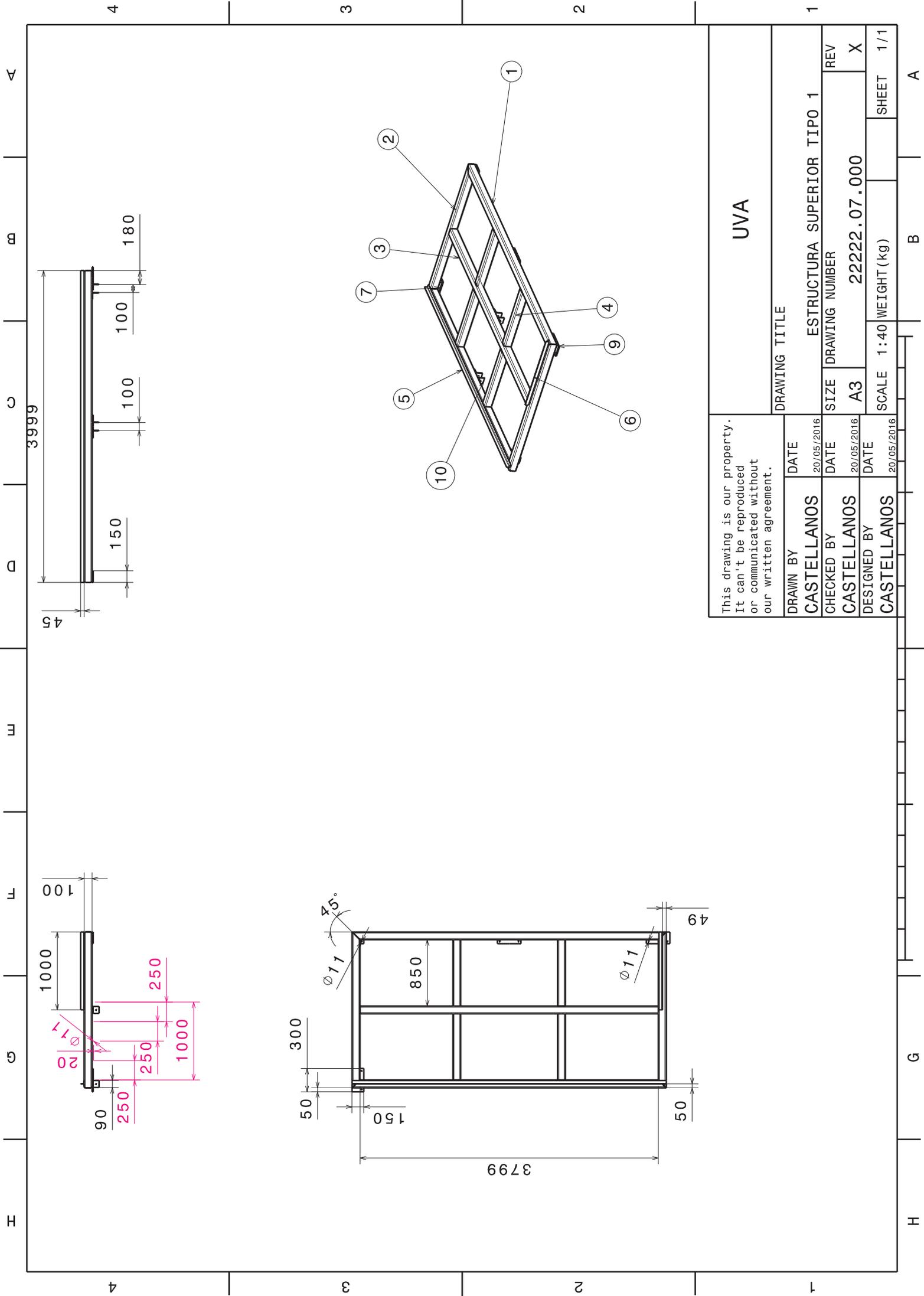
This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	20/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	20/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	20/05/2016

<b>UVA</b>			
DRAWING TITLE			
ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 1			
SIZE	A3	DRAWING NUMBER	22222.07.000
REV	X	SCALE	1:40 WEIGHT (kg)
		SHEET	1/1

H G F E D C B A

4 3 2 1



This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

**UVA**

<b>DRAWN BY</b>	<b>DATE</b>
CASTELLANOS	20/05/2016
<b>CHECKED BY</b>	<b>DATE</b>
CASTELLANOS	20/05/2016
<b>DESIGNED BY</b>	<b>DATE</b>
CASTELLANOS	20/05/2016

<b>DRAWING TITLE</b>	
ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 1	
<b>SIZE</b>	<b>REV</b>
A3	X
<b>DRAWING NUMBER</b>	<b>SHEET</b>
22222.07.000	1/1
<b>SCALE</b>	<b>WEIGHT (kg)</b>
1:40	

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

1

4

3

2

1

1

2

4

3

5

6

3990

4000

931

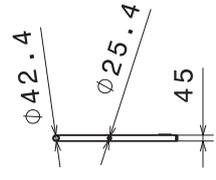
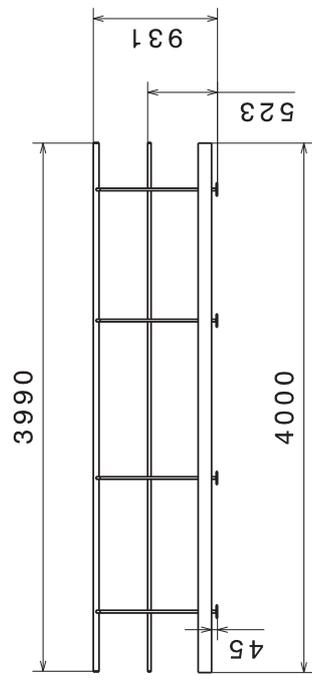
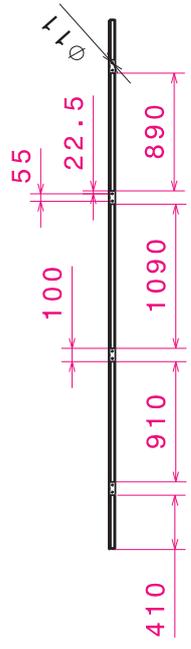
523

45

$\phi 42.4$

$\phi 25.4$

45



4

3

2

1

4

3

2

1

This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

**UVA**

DRAWN BY	DATE	DRAWING TITLE	
CASTELLANOS	21/05/2016	BARANDILLA TIPO 1	
CHECKED BY	DATE	SIZE	REV
CASTELLANOS	21/05/2016	A3	X
DESIGNED BY	DATE	SCALE	SHEET
CASTELLANOS	21/05/2016	1:40 WEIGHT (kg)	1/1

H

G

F

E

D

C

B

A

4

3

2

1

A

B

C

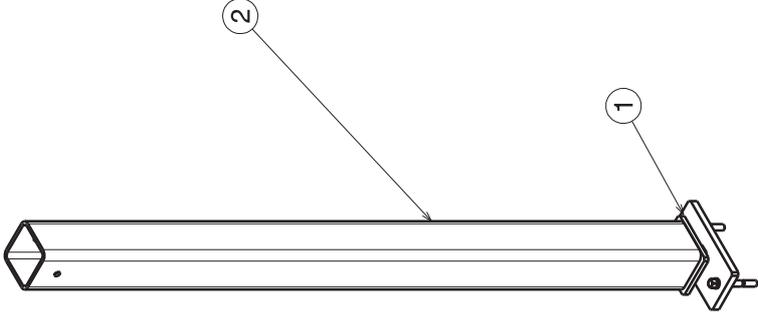
D

E

F

G

H



UVA

DRAWING TITLE

PILARES PLATAFORMA

SIZE

22222.10.000

DRAWING NUMBER

A3

SCALE

1:25 WEIGHT (kg)

SHEET

1/1

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY

CASTELLANOS

DATE

21/05/2016

CHECKED BY

CASTELLANOS

DATE

21/05/2016

DESIGNED BY

CASTELLANOS

DATE

21/05/2016

100

50

50

$\phi 12$

1511

1570

10

15

45

200

20

$\phi 24$

100

4

3

2

1

H

G

F

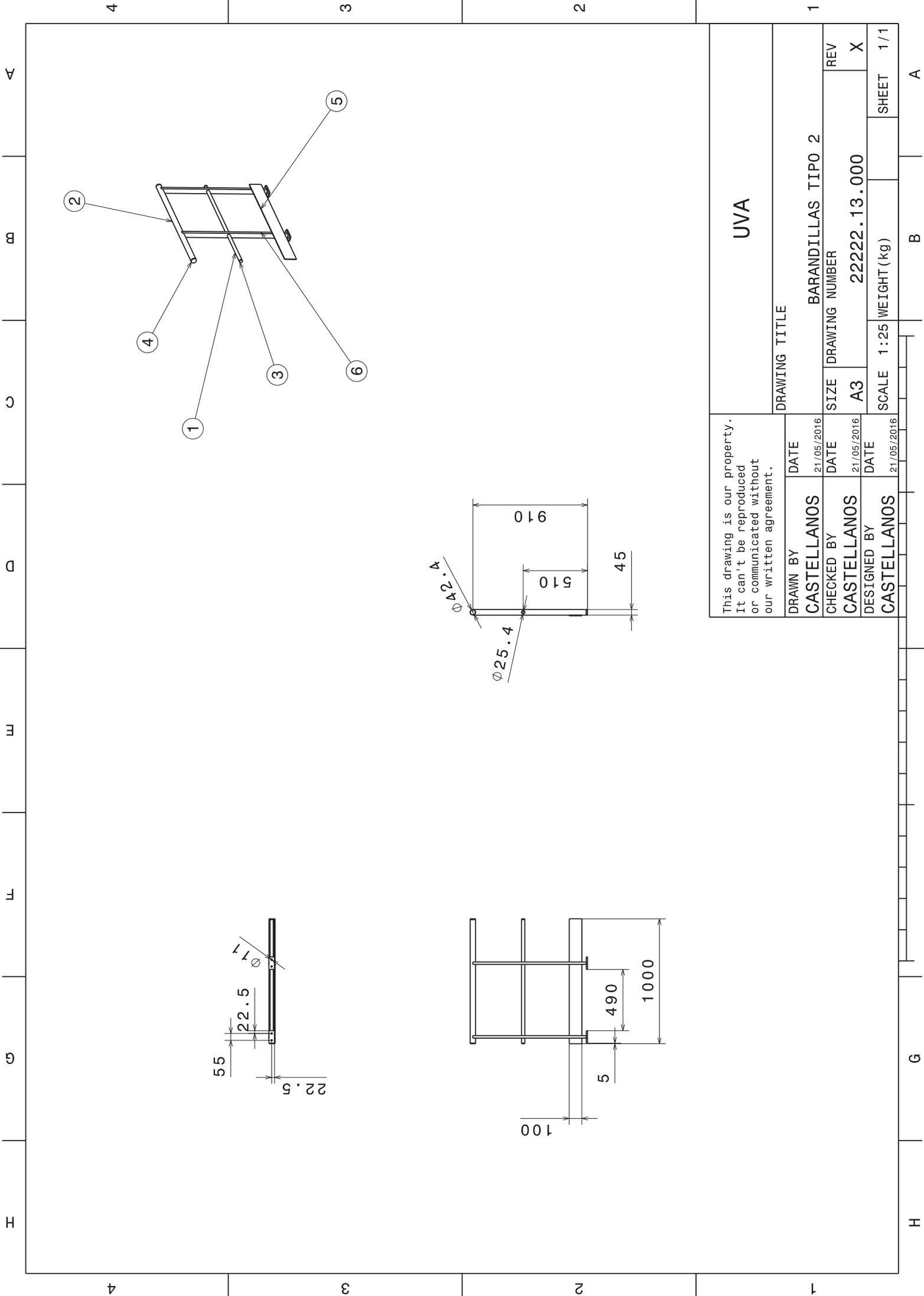
E

D

C

B

A



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016

DRAWING TITLE			
UVA			
BARANDILLAS TIPO 2			
SIZE	DRAWING NUMBER	REV	
A3	22222.13.000	X	
SCALE	1:25	WEIGHT (kg)	
		SHEET	1/1

4 3 2 1

A B C D E F G H

4 3 2 1

A B C D E F G H

A

B

C

D

E

F

G

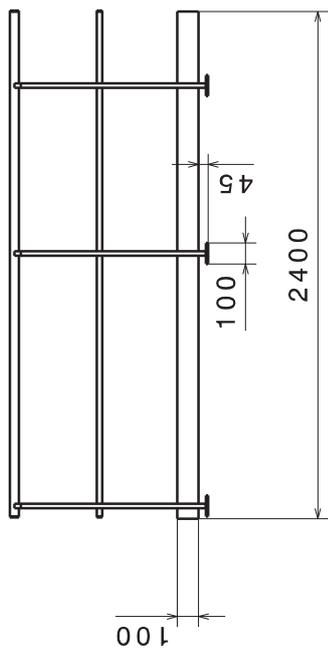
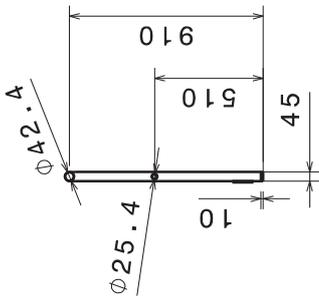
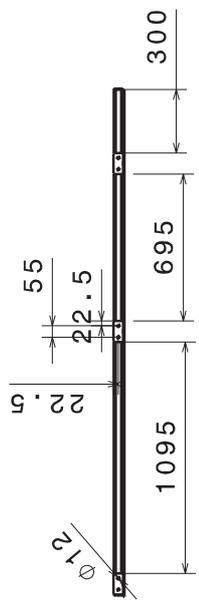
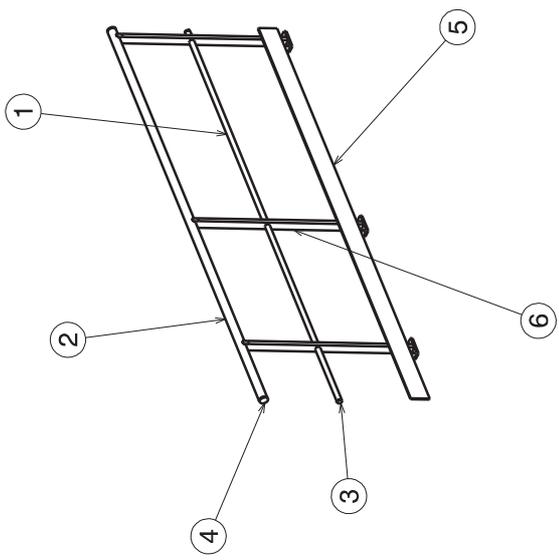
H

4

3

2

1



This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

UVA

DRAWING TITLE

DRAWN BY	DATE
CASTELLANOS	22/05/2016
CHECKED BY	DATE
CASTELLANOS	22/05/2016
DESIGNED BY	DATE
CASTELLANOS	22/05/2016

DRAWING TITLE	
BARANDILLAS TIPO 3	
SIZE	DRAWING NUMBER
A3	22222.14.000
REV	X

SCALE	1:25	WEIGHT (kg)		SHEET	1/1
-------	------	-------------	--	-------	-----

B

G

H

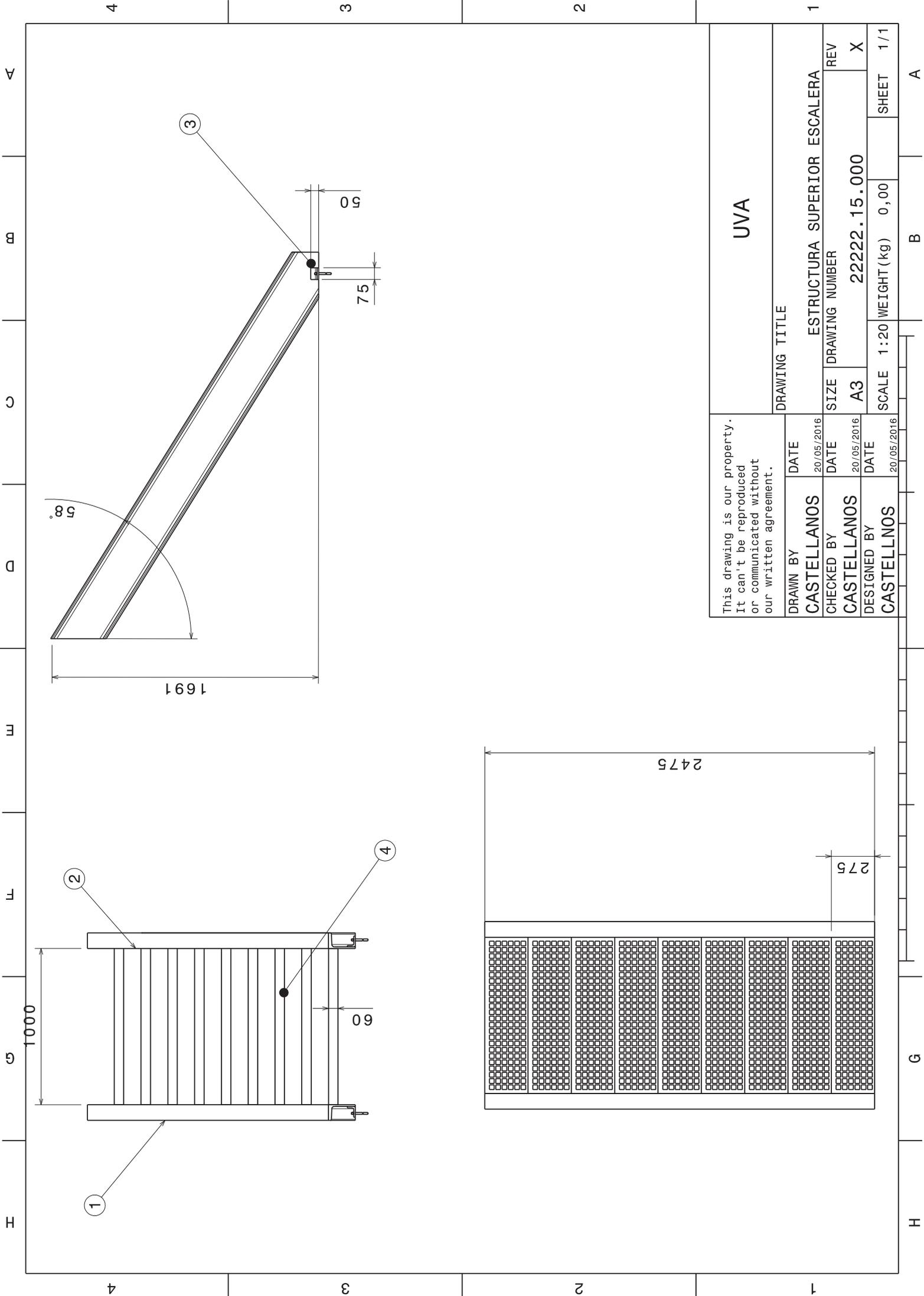
A

4

3

2

1



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

<b>DRAWN BY</b>	<b>DATE</b>
CASTELLANOS	20/05/2016
<b>CHECKED BY</b>	<b>DATE</b>
CASTELLANOS	20/05/2016
<b>DESIGNED BY</b>	<b>DATE</b>
CASTELLANOS	20/05/2016

<b>DRAWING TITLE</b>	
ESTRUCTURA SUPERIOR ESCALERA	
<b>SIZE</b>	<b>REV</b>
A3	X
<b>DRAWING NUMBER</b>	<b>SCALE</b>
22222.15.000	1:20 WEIGHT (kg) 0,00
<b>SHEET</b>	<b>1/1</b>

UVA

4 3 2 1

A B C D E F G H

4 3 2 1

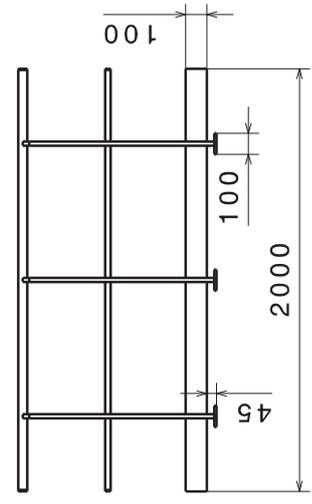
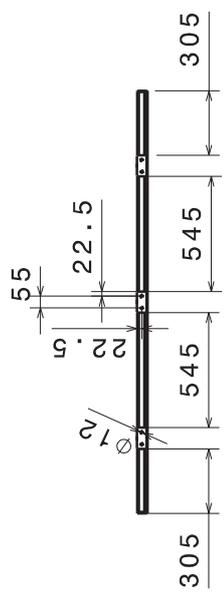
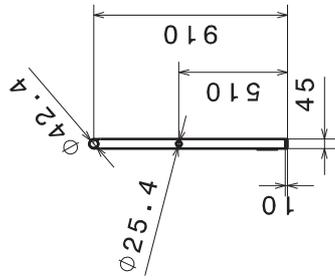
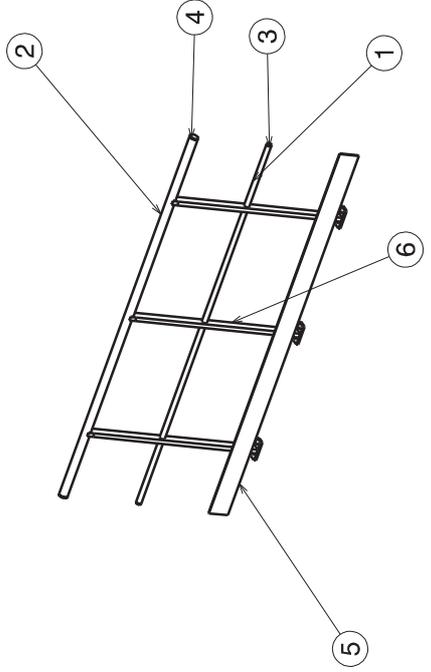
H G B A

4

3

2

1



This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

UVA

DRAWING TITLE

DRAWN BY	DATE
CASTELLANOS	21/05/2016
CHECKED BY	DATE
CASTELLANOS	21/05/2016
DESIGNED BY	DATE
CASTELLANOS	21/05/2016

DRAWING TITLE

BARANDILLA TIPO 5	
SIZE	REV
A3	X
DRAWING NUMBER	
22222.16.000	
SCALE	SHEET
1:25	1/1
WEIGHT (kg)	

4

3

2

1

A

B

C

D

E

F

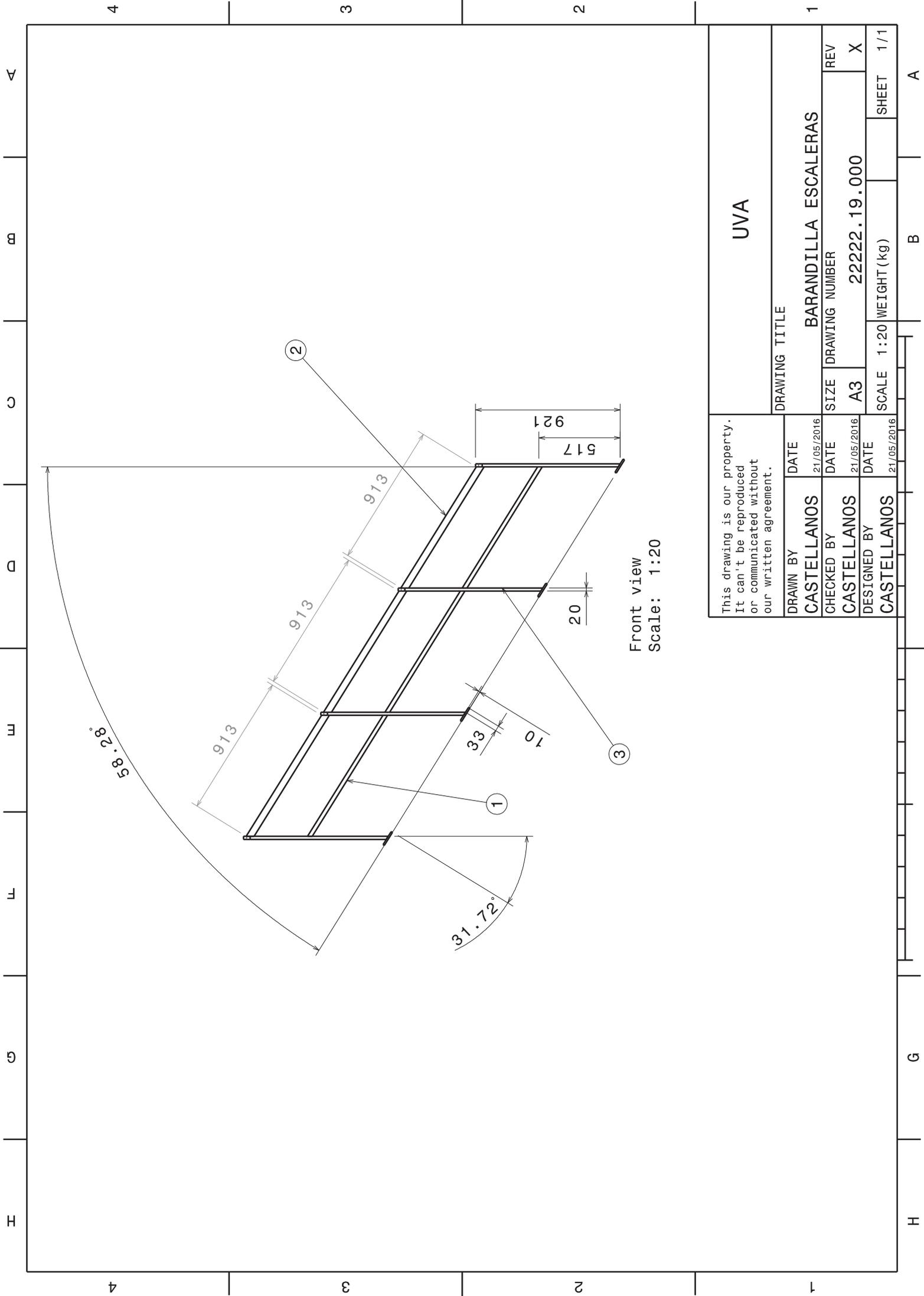
G

H

A

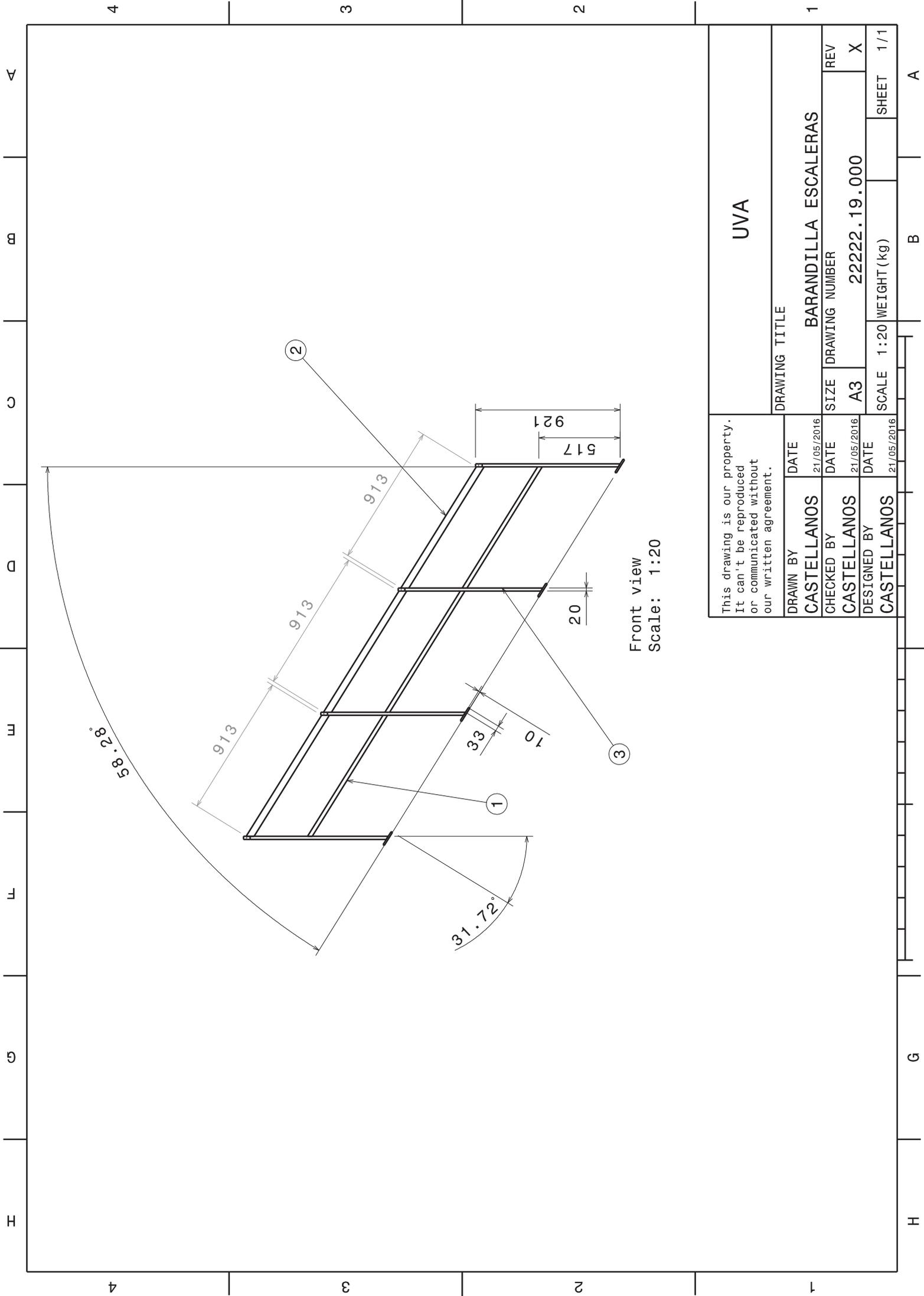
B

H



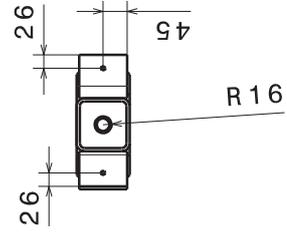
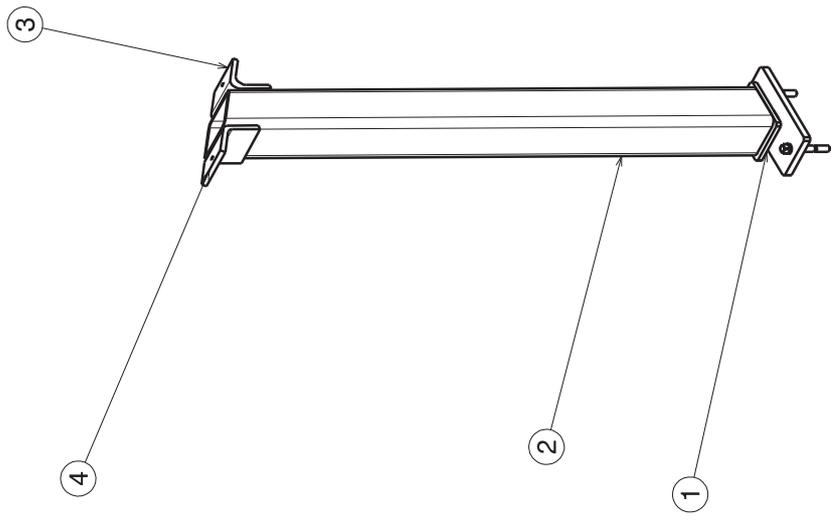
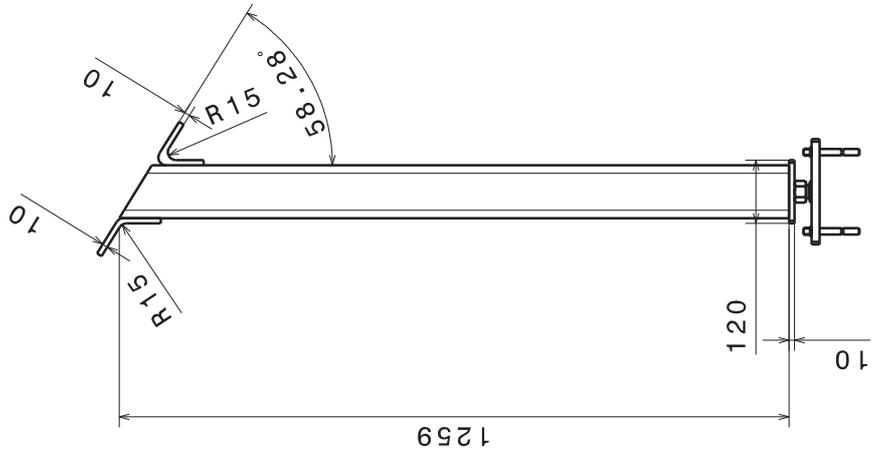
Front view  
Scale: 1:20

This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		DRAWING TITLE		UVA	
DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER		REV	
CASTELLANOS	21/05/2016	BARANDILLA ESCALERAS		X	
CHECKED BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER	SCALE	SHEET
CASTELLANOS	21/05/2016	A3	22222.19.000	1:20	1/1
DESIGNED BY	DATE	WEIGHT (kg)			
CASTELLANOS	21/05/2016				



A B C D E F G H

4 3 2 1



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016

DRAWING TITLE			
UVA			
SOPORTES ESCALERAS TIPO 1			
SIZE	DRAWING NUMBER	REV	
A3	22222.21.000	X	
SCALE	1:20	WEIGHT (kg)	
		SHEET	1/1

A B C D E F G H

A

B

C

D

E

F

G

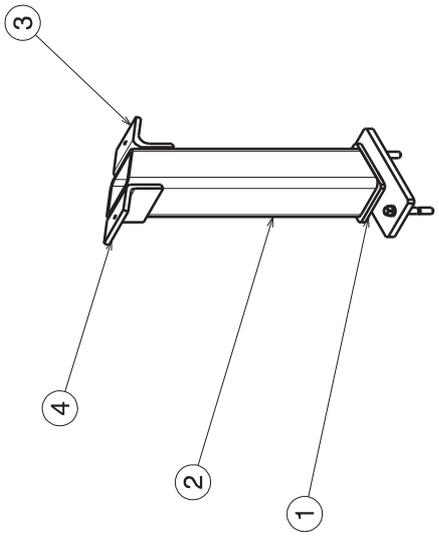
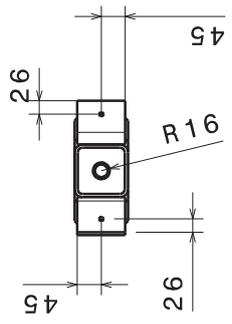
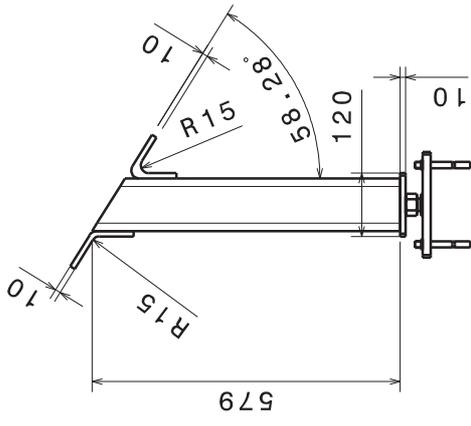
H

4

3

2

1



This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

**UVA**

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	25/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	xxx
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	xxx

DRAWING TITLE		SOPORTE ESCALERAS TIPO 2	
SIZE	DRAWING NUMBER	REV	X
A3	22222.22.000		
SCALE	1:10	WEIGHT (kg)	
		SHEET	1/1

4

3

2

1

H

G

F

E

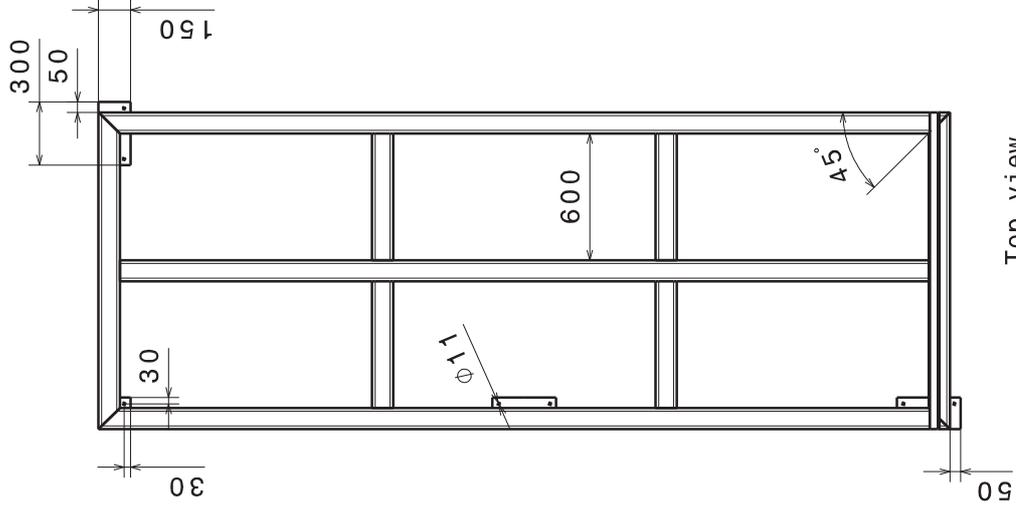
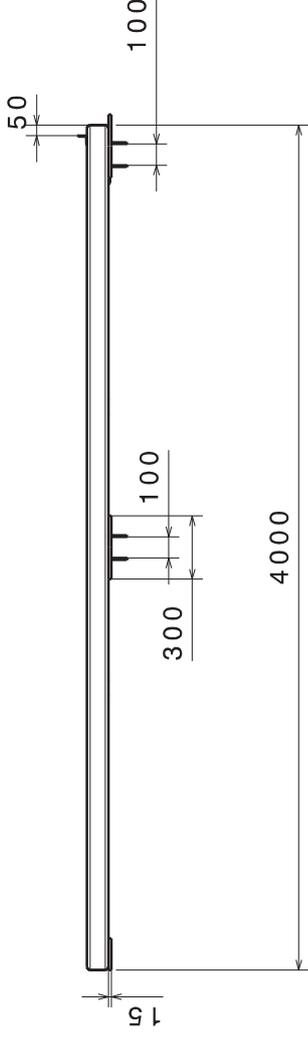
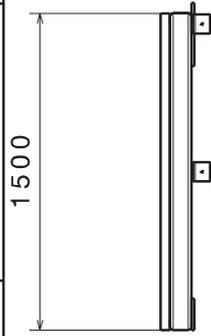
D

C

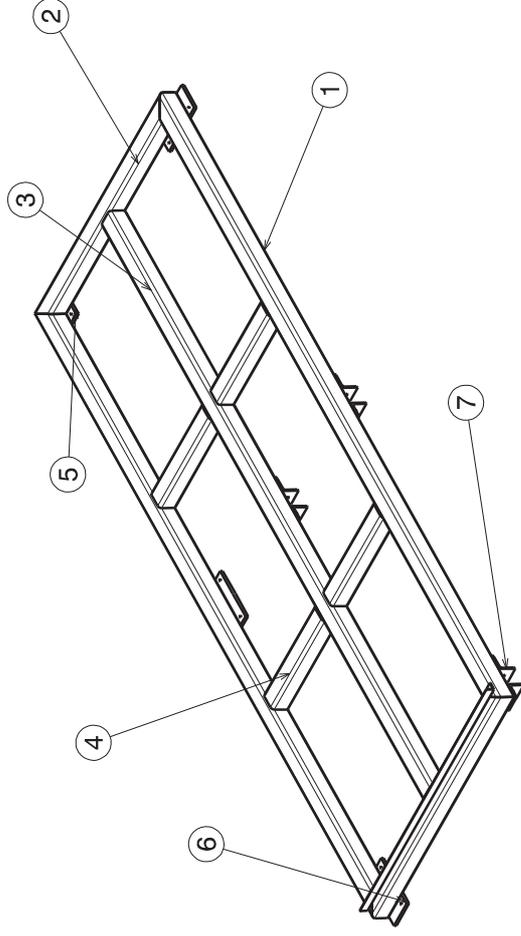
B

A

H G F E D C B A



Top view  
Scale: 1:25



**ESTRUCTURA PARA MÓDULO 3  
PARA EL MÓDULO 4 --> SIMÉTRICA**

This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

**UVA**

DRAWING TITLE

DRAWN BY	DATE	ESTRUCTURA SUPERIOR TIPO 2	
CASTELLANOS	22/05/2016	SIZE	DRAWING NUMBER
CHECKED BY	DATE	A3	22222.23.000
CASTELLANOS	22/05/2016	SCALE	1:25 WEIGHT (kg)
DESIGNED BY	DATE		SHEET 1/1
CASTELLANOS	22/05/2016		

H

G

F

E

D

C

B

A

4

3

2

1

4

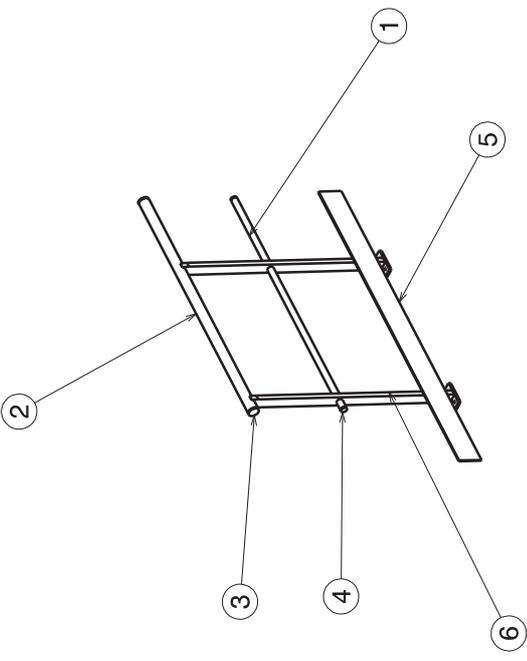
3

2

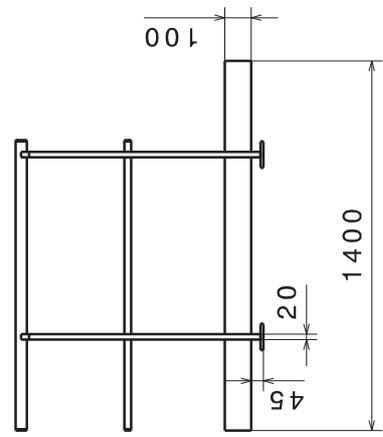
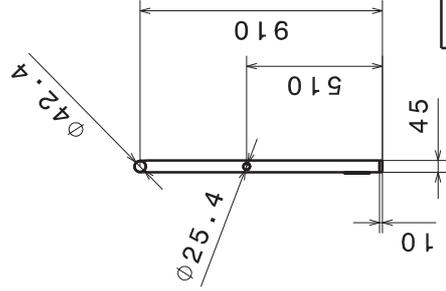
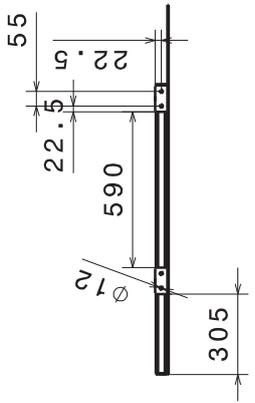
1

A B C D E F G H

4 3 2 1



**BARANDILLA PARA EL MÓDULO 3  
--> SIMÉTRICA MÓDULO 4**



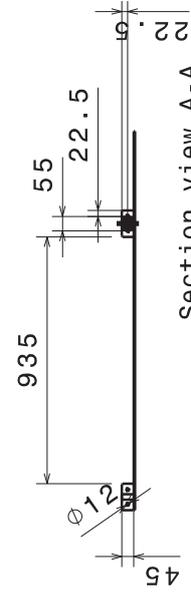
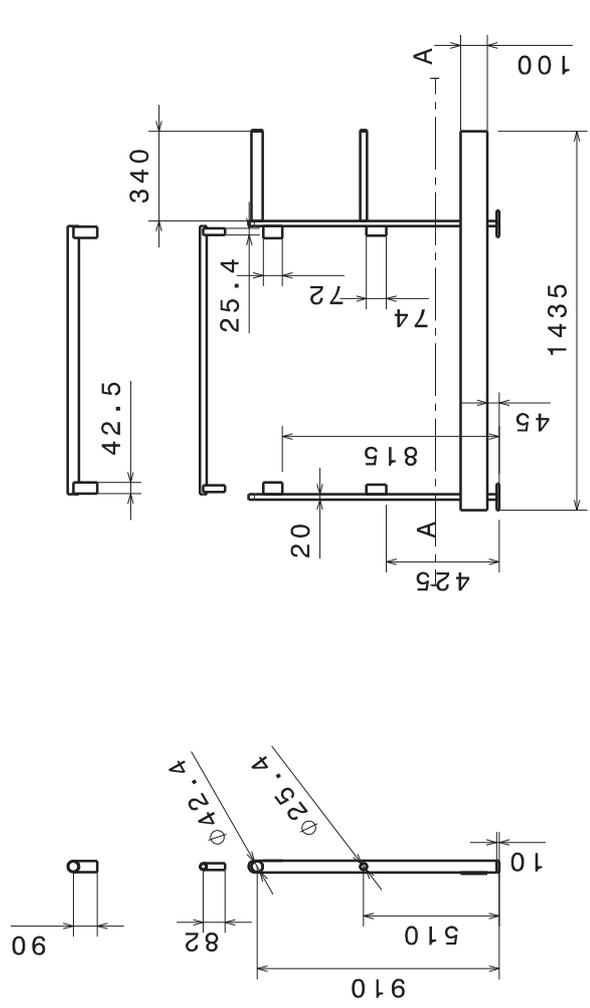
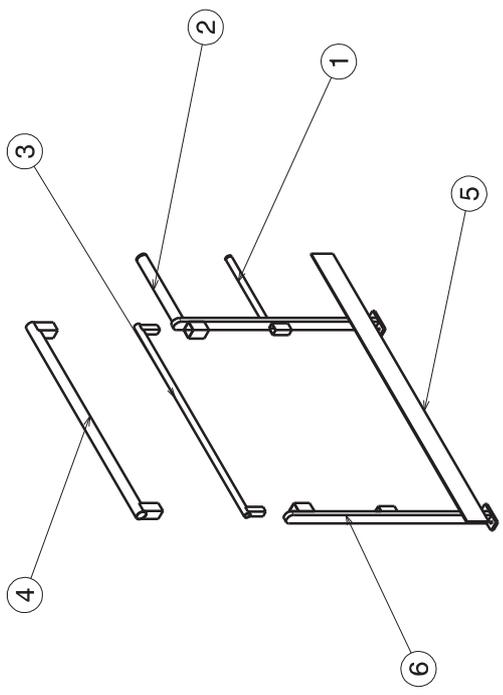
This drawing is our property.  
It can't be reproduced  
or communicated without  
our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	22/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	22/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	22/05/2016

DRAWING TITLE		UVA	
DRAWING NUMBER		BARANDILLA TIPO 6	
SIZE	A3	REV	X
SCALE	1:20	WEIGHT (kg)	22222.24.000
SHEET		1/1	

H G F E D C B A

4 3 2 1 A B C D E F G H

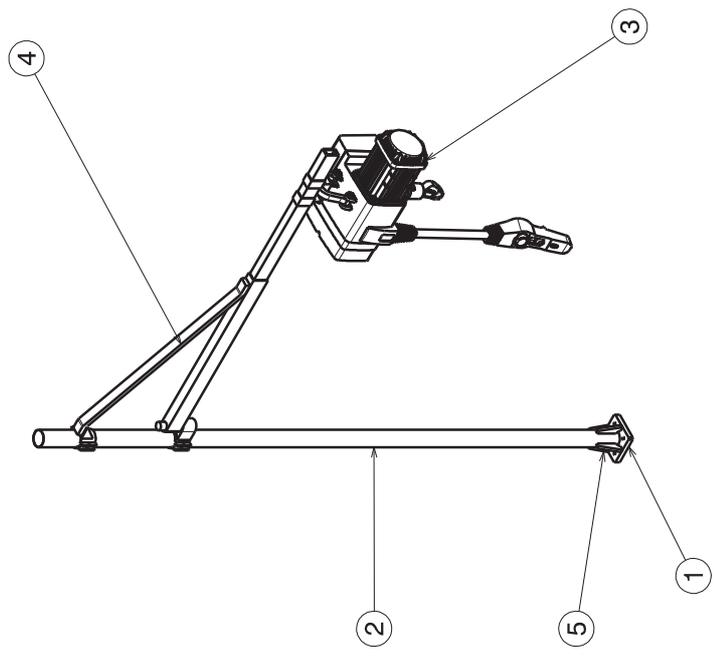
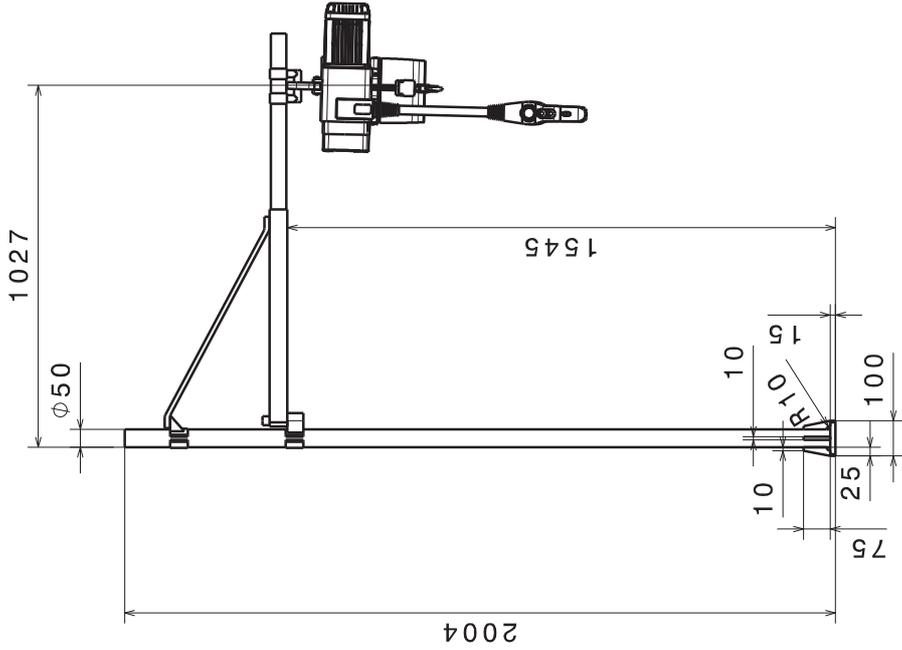


This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.		DRAWING TITLE	
DRAWN BY	DATE	UVA	
CASTELLANOS	22/05/2016	BARANDILLA TIPO 6 (DESMONTABLE)	
CHECKED BY	DATE	SIZE	REV
CASTELLANOS	22/05/2016	A3	X
DESIGNED BY	DATE	DRAWING NUMBER	
CASTELLANOS	22/05/2016	22222.29.000	
SCALE 1:20		WEIGHT (kg)	SHEET 1/1

4 3 2 1 A B C D E F G H

A B C D E F G H

4 3 2 1



This drawing is our property. It can't be reproduced or communicated without our written agreement.

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016

DRAWING TITLE			
UVA			
DRAWING NUMBER		POLIPASTO	
SIZE	A3	REV	X
DRAWING NUMBER		22222.40.000	
SCALE	1:15	WEIGHT (kg)	
SHEET		1/1	

A B G H

A

B

C

D

E

F

G

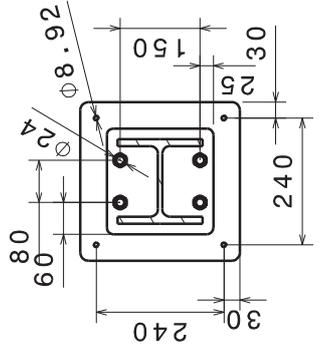
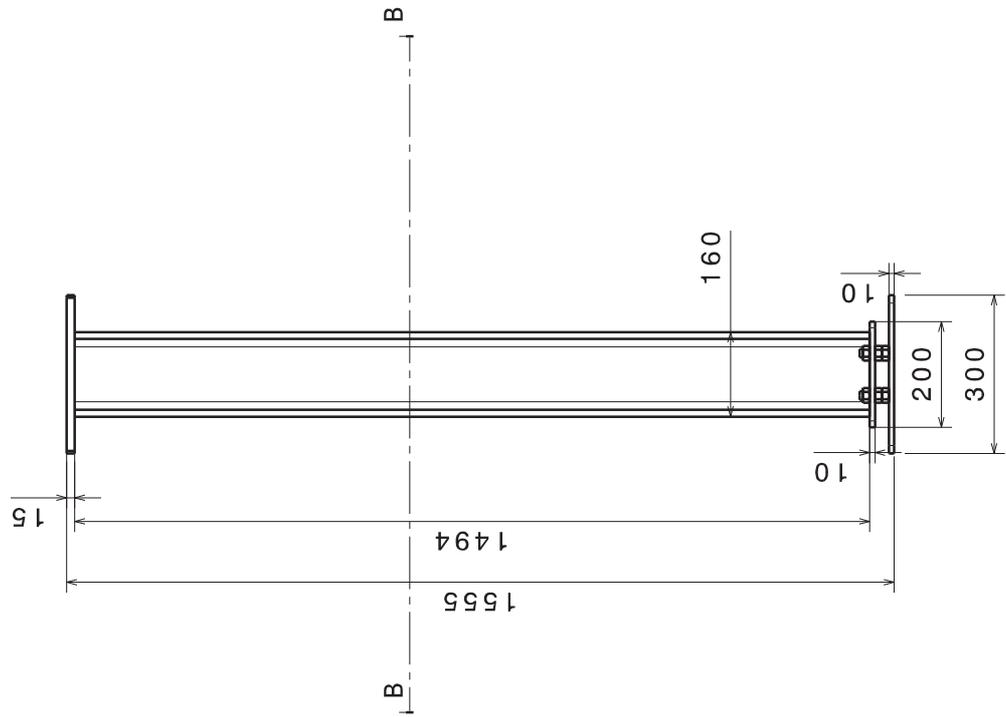
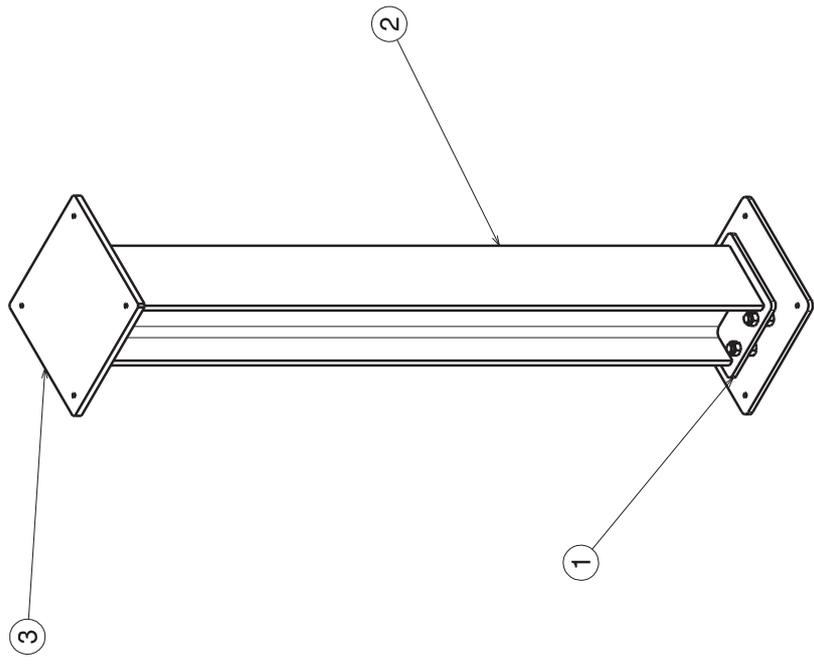
H

4

3

2

1



Section view B-B  
 Scale: 1:10

This drawing is our property.  
 It can't be reproduced  
 or communicated without  
 our written agreement.

UVA

DRAWING TITLE

DRAWN BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
CHECKED BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016
DESIGNED BY	CASTELLANOS	DATE	21/05/2016

DRAWING NUMBER	22222.60.000	REV	X
SCALE	1:10	WEIGHT (kg)	
SHEET	1/1		

A

B

H