



Trabajo Final de Grado · EM-I047

Grado en Ingeniería Mecánica

Autora: Claudia Martínez Bronchal

Tutor: Vicente Chulvi Ramos

Julio, 2018

Diseño y desarrollo de una cinta para transporte de áridos

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. MEMORIA	2
CAPÍTULO 2. ANEXOS.....	72
CAPÍTULO 3. PLANOS.....	130
CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES	148
CAPÍTULO 5. ESTADO DE MEDICIONES.....	172
CAPÍTULO 6. PRESUPUESTO.....	175

CAPÍTULO I. MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO.....	5
2. ALCANCE	6
3. ANTECEDENTES	7
3.1. NACIMIENTO DE LA IDEA.....	7
3.2. HISTORIA.....	9
3.3. CINTA TRANSPORTADORA.....	10
3.3.1. TIPOS DE CINTAS.....	10
3.3.2. BANDA TRANSPORTADORA.....	12
3.3.3. RODILLOS	14
3.3.4. TAMBORES	16
3.3.5. SISTEMA MOTRIZ.....	18
3.3.6. EQUIPOS DE LIMPIEZA	19
3.3.7. SISTEMA DE TENSADO.....	21
3.4. CARGA Y DESCARGA.....	22
3.5. VENTAJAS	24
4. NORMATIVAS Y REFERENCIAS	25
4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS	25
4.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO	26
4.3. PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO	27
4.4. BIBLIOGRAFÍA.....	28
4.5. OTRAS REFERENCIAS	29
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	30
6. REQUISITOS DE DISEÑO.....	33
6.1. REQUISITOS ESTABLECIDOS POR EL CLIENTE	33
6.2. REQUISITOS DEL DISEÑADOR Y PARÁMETROS.....	34
6.3. ACCIONES SOBRE LA ESTRUCTURA	35
6.3.1. ACCIONES PERMANENTES.....	35
6.3.2. ACCIONES VARIABLES	35
6.3.3. ACCIONES ACCIDENTALES.....	35
7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES	36
7.1. TIPOS DE CINTA. VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	37
7.2. TIPOS DE BANDAS	39
7.3. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	40

8. RESULTADOS FINALES	42
8.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS. LONGITUDES	42
8.2. ANCHO Y VELOCIDAD DE BANDA	45
8.3. CAPACIDAD DE TRANSPORTE	47
8.3.1. DEFINICIONES	47
8.3.2. ÁREA DE TRANSPORTE	47
8.3.3. CAPACIDAD A TRANSPORTAR	49
8.4. DIÁMETRO DE RODILLOS Y TAMBORES. SEPARACIÓN DE ESTACIONES	51
8.5. SELECCIÓN DE LA BANDA	53
8.6. RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DE LA CINTA	55
8.6.1. RESISTENCIAS PRINCIPALES (F_H)	56
8.6.2. RESISTENCIAS SECUNDARIAS (F_N)	57
8.6.3. RESISTENCIAS ESPECIALES (F_S)	58
8.6.4. RESISTENCIAS DEBIDAS A LA INCLINACIÓN (F_{St})	59
8.6.5. ESFUERZO TANGENCIAL EN EL TAMBOR MOTRIZ (F_U)	60
8.7. TENSIONES	61
8.8. POTENCIA, PAR MOTOR Y VELOCIDAD	64
8.9. DESCRIPCIÓN DE LA CINTA	67
9. PLANIFICACIÓN	70
10. ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS	71

1. OBJETO

El transporte de material es uno de los procesos más costosos para las empresas. En el último siglo, se han producido mejoras en el transporte de mercancías, con el fin de abaratar el proceso. Se han desarrollado multitud de sistemas para transportar materiales, como por ejemplo los elevadores de cangilones o los redlers, pero el elemento más utilizado hoy en día en la industria es la cinta transportadora.

La cinta es capaz de transportar altas cantidades de material a granel de forma rápida, eficiente y segura, lo que supone un aumento de la producción y de la rentabilidad económica. Se trata de un sistema flexible en cuanto a la diversidad de posibilidades que ofrece: longitudes de transporte, alturas, curvas, adaptabilidad al terreno, diferentes materiales a transportar... Es por ello por lo que la cinta transportadora es tan importante en la industria de hoy en día.

El diseño de la misma supone aplicar conocimientos de varias ramas de la Ingeniería Mecánica como Expresión gráfica, Diseño de máquinas o Estructuras. Por tanto, su diseño se convierte en un elemento de gran interés a nivel estudiantil, donde se pueden combinar y aplicar numerosos conocimientos adquiridos durante el Grado.

Así, el objetivo principal del presente proyecto consiste en diseñar una cinta transportadora que será utilizada para trasladar grava. La cinta será la encargada de trasladar el material de forma continua desde la salida de su tratamiento de trituración hasta la entrada al tromel de lavado, donde será limpiado y posteriormente cribado. Dicha cinta se instalará en una nueva planta de tratamiento de áridos en la provincia de Teruel.

2. ALCANCE

Este Trabajo Final de Grado pretende resolver un problema real para mejorar un sistema de producción. El diseño de la cinta abarca desde los cálculos de la capacidad de transporte y potencia necesaria del motor, hasta el cálculo de la estructura que la soportará, todo ello con ayuda de herramientas informáticas como AutoCAD o Cype.

El objeto de diseño es un encargo de la empresa Emipesa S.A, debido a la nueva creación de una planta de tratamiento de áridos. La cinta se localizará al final del proceso productivo, y transportará la grava hacia su lavado y posterior cribado, para después ser almacenada o cargada en camiones para su uso inmediato.

Este proyecto trata de poner a prueba todos los conocimientos profundizados durante la carrera. Por tanto, se trata de un documento de carácter general, de manera que no solo se basa en Mecánica sino que abarca distintos ámbitos ingenieriles actuales.



Figura 1. Trituración y cribado de áridos.

3. ANTECEDENTES

3.1. NACIMIENTO DE LA IDEA

La empresa *Emipesa S.A*, con sede localizada en Mora de Rubielos, en Teruel, fue fundada en 1988. Se dedica principalmente a la extracción de áridos y la transformación de los mismos en distintos tipos de mezclas (hormigón, aglomerado y mortero) y en todos sus derivados, que serán destinados a la edificación y obras civiles.



Figura 2. Logotipo Emipesa S.A.

Utiliza materiales de naturaleza caliza, silíceo y óptica, y mediante procesos de triturado, volado, picado, cribado y lavado, genera productos como balastos, gravillas, arenas de diversas clases, morteros y zahorras artificiales. Estos productos pueden ser obtenidos en una gran variedad de tamaños, desde granos de 0-2 mm hasta 60 mm de material. Dichos productos se utilizan en gran medida para la fabricación de hormigón, pero también son utilizados para rellenar cimentaciones, realizar pavimentos y explanadas, estructurar las vías férreas y componer el aglomerado asfáltico, crear tabiquerías, enlucidos, mamposterías...

Debido a su gran crecimiento a lo largo de los 30 años de actividad, la empresa ha ido creando nuevas plantas de tratamiento en la provincia de Teruel y Castellón, aumentando así su capacidad de producción. Una de las nuevas instalaciones se sitúa en el Poyo del Cid, localidad del municipio de Calamocha, en la provincia de Teruel.



Figura 3. Localización.

Esta nueva instalación supone la adquisición de la maquinaria necesaria para llevar a cabo la actividad. Dicha actividad es un proceso continuo de tratamiento, por lo que es vital que el material sea transportado y dirigido hacia las fases de tratado de forma continua e ininterrumpida. Un elemento que cumple con estas características es la cinta transportadora, capaz de transportar grandes cantidades de material a granel de forma continuada.

La nueva planta de tratamiento se localiza en el polígono 701, parcela 106, situada en la Loma del Carro en Calamocha (Teruel). Esta parcela tiene una superficie de 22239 m² y su localización y geometría se muestran en la Figura 4:

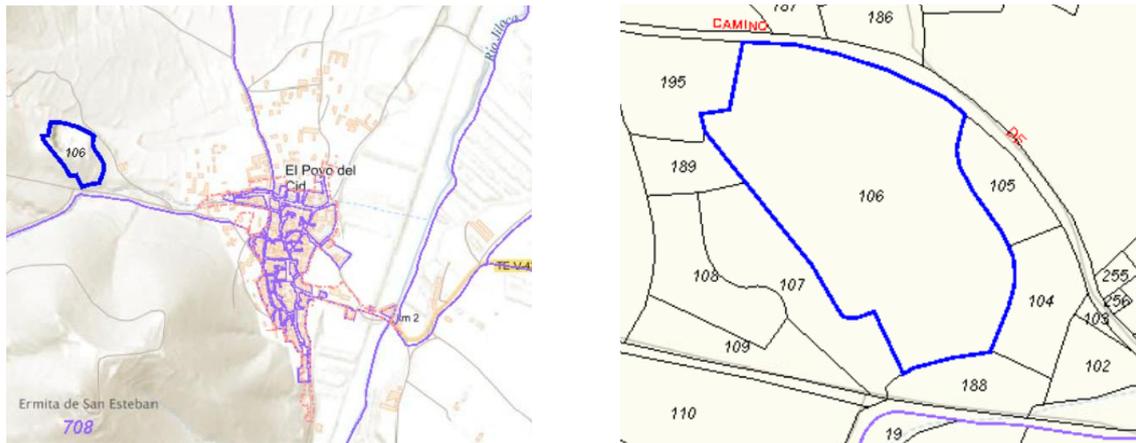


Figura 4. Parcela de la nueva instalación.

El transporte de productos ha dado un paso importante al cambiar de los tradicionales sistemas de transporte, que iban desde la utilización de recipientes transportados por los obreros, montacargas o sistemas de poleas, hasta la utilización de complejos mecanismos de transporte utilizando sistemas basados en cintas transportadoras.

Así, en este proyecto se va a diseñar la cinta transportadora que recogerá grava a la salida del proceso de trituración y la elevará hasta la entrada del tromel de lavado y posterior cribado.

3.2. HISTORIA

La aparición de la cinta transportadora data de 1795. Oliver Evans diseñó una primitiva cinta que fue empleada para transportar carbón y materiales pétreos de la minería. La banda fue fabricada con cuero, cinta de goma o lona, la cual se deslizaba por una tabla plana de madera con un cinturón que la movía. El peso limitaba la longitud de la misma, por lo que inicialmente, las cintas transportadoras eran de pequeñas longitudes, instaladas sobre terrenos planos.

Este sistema fue la base del posterior desarrollo de las cintas transportadoras hasta las que se conocen hoy en día, siendo uno de los métodos de transporte de material a granel más seguro, rápido y económico. A comienzos del XX, la compañía sueca Sandvik creó las primeras cintas transportadoras de acero, muy similares a las que se utilizan en la actualidad. Éstas permiten transportar mayores pesos y recorrer largas distancias debido a su rigidez y resistencia.



Figura 5. Oliver Evans.

La cinta transportadora comenzó a utilizarse en diversas industrias, lo que propició grandes aumentos en las producciones de las empresas. En 1913, Henry Ford, fundador de Ford Motor Company, desarrolló un nuevo modelo de producción en cadena, en el cual introdujo las cintas transportadoras, que serían las encargadas de trasladar los vehículos por la cadena de montaje.

Posteriormente, la compañía minera estadounidense de Henry Clay Frick desarrolló una cinta subterránea de 8 kilómetros de longitud. Los materiales que se utilizaban para la fabricación de las bandas, en su gran mayoría de origen natural (algodón, caucho o lona), escasearon debido a las circunstancias producidas por la Segunda Guerra Mundial. Esto produjo la innovación y el desarrollo de materiales sintéticos, que no tardaron en sustituir a los naturales. En 1942 se comenzó a utilizar la banda *ST Steelcord*, compuesta por tejido y cordones de metal que aumentaban su resistencia. Los materiales de las bandas comenzaron a evolucionar hasta el punto de crear materiales específicos para el tipo de material que transporta la cinta, como se hace hoy en día.

En la actualidad, las cintas transportadoras se instalan de forma horizontal, inclinada o con diversas curvas, cuentan con una gran variedad de motores y reductores para su funcionamiento, y con diversos materiales como el nylon, poliéster, poliuretano o PVC. Ejemplos de nuevas disposiciones de cintas son la cinta tubular o *Pipe Conveyor* (Figura 6) y la cinta *Flexowell*, utilizada en grandes inclinaciones.



Figura 6. Cinta tubular.

3.3. CINTA TRANSPORTADORA

3.3.1. TIPOS DE CINTAS

Una cinta transportadora es un elemento o maquinaria de carácter principalmente electromecánico, destinado a trasladar productos y materias primas entre dos o más puntos, alejados entre sí. Transportan de forma horizontal o inclinada objetos sólidos o materiales a granel, pudiendo recorrer grandes distancias a grandes velocidades.



Figura 7. Cinta móvil.

Las cintas transportadoras pueden ser fijas o móviles. Se denominan cintas fijas a aquellas cuyo emplazamiento no puede cambiarse. Las cintas móviles cuentan con sistemas que permiten cambiar su emplazamiento, como por ejemplo ruedas. Son utilizadas en obras o en canteras puntuales donde sea necesario transportar material de inmediato.

El principal elemento de la cinta transportadora es la banda, ya que es la encargada de contener el material transportado y de transmitir la fuerza para transportar la carga.

La banda está apoyada sobre unas estaciones que contienen rodillos, que con su giro, permiten el avance de la banda.

En los dos extremos, se encuentran los tambores donde la banda se enrolla. Uno de estos tambores (normalmente el que se encuentra situado en cabeza, es decir, en la parte superior), está acoplado a un motor, que le confiere la potencia necesaria para accionar el movimiento.

En la Figura 8, se muestra un esquema con los diferentes elementos que componen la cinta, que en los siguientes apartados serán explicados con más detalle.

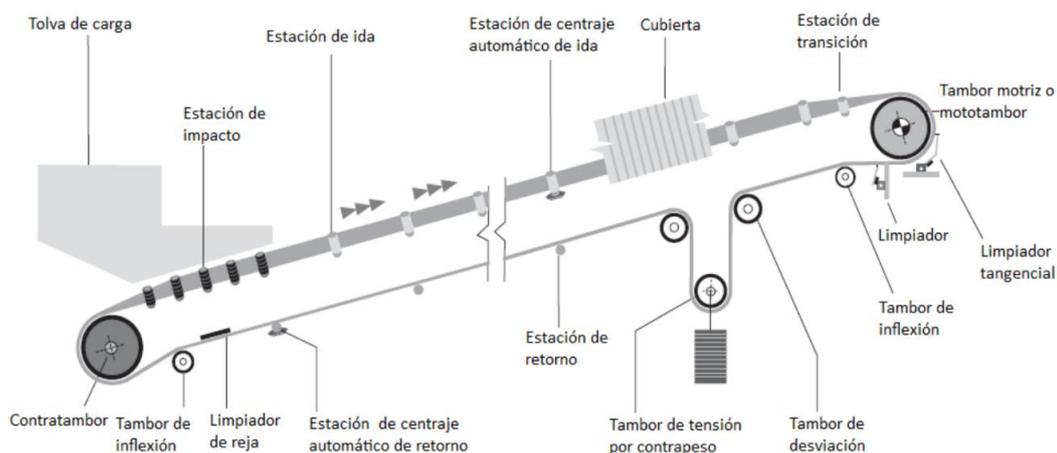


Figura 8. Esquema de los elementos que componen una cinta.

- **Cintas con cadenas:** Están formadas por eslabones de cadena sin fin que se encuentran enlazados, y que giran alrededor de ruedas dentadas motorizadas, en los extremos del camino. Las cadenas viajan a lo largo de canales que proporcionan soporte para las secciones flexibles de la cadena, sobre la que se monta la carga. La anchura de la banda depende del número de cadenas que se sitúan en paralelo.



Figura 9. Cinta con cadenas.



Figura 10. Cinta con listones.

- **Cintas con listones:** Este sistema emplea listones o tablillas conectadas a una cadena continua en movimiento. Aunque el mecanismo impulsor es la cadena, funciona en gran medida como una cinta plana. Las cargas se sitúan sobre la superficie plana de las tablillas y se desplazan con ellas.

- **Cintas con rodillos:** Se utilizan en operaciones de procesado, de almacenamiento y en aplicaciones de distribución. Está formado por una serie de tubos (rodillos) perpendiculares a la dirección de avance. Los pallets o bandejas que llevan la carga unitaria se desplazan a medida que giran los rodillos.
- **Cintas con ruedas:** Estas cintas poseen pequeñas ruedas, similares a las que se utilizan en los patines de línea, que se montan sobre ejes rotatorios conectados al armazón. Su utilidad es similar a la de las cintas con rodillos, se encarga de trasladar pallets, bandejas o contenedores. Sin embargo, en este tipo de cintas, las cargas deben ser más ligeras en general, ya que la carga se distribuye entre los pequeños puntos de contacto (las ruedas), concentrando ahí los esfuerzos.



Figura 11. Cinta con rodillos y con ruedas.

- **Cintas planas:** En las cintas planas, los materiales se sitúan sobre la superficie de una banda, que viaja a lo largo del recorrido. La banda realiza un camino de ida, en el que transporta el material, y un camino de retorno, desprovisto de carga, formando así un lazo continuo. La banda se desliza sobre rodillos a lo largo de todo su recorrido, y en los extremos, cambia de dirección gracias a los tambores.



Figura 12. Cinta plana.

- **Cintas de carro sobre rieles:** Este tipo de transportador utiliza carros individuales que se montan sobre dos rieles. Los carros no son impulsados individualmente, sino que son impulsados por un tubo rotatorio (spinning tube) que se localiza entre los rieles. El carro lleva en la parte inferior una rueda motriz, la cual se apoya en el tubo, formando un ángulo. El giro del tubo se convierte en el avance del carro, y la velocidad puede ser controlada regulando el ángulo de contacto. Este sistema proporciona gran precisión en el posicionamiento de objetos, por lo que es utilizado para piezas para la manufactura o procesado. Las aplicaciones para este sistema incluyen las líneas de soldadura robótica y sistemas de ensamblaje automático.
- **Cintas aéreas de carros:** Se trata de unos soportes que se mueven sobre un riel elevado del que cuelga la carga y que se encuentran espaciados mediante una cadena sinfín o cable. La cadena o cable está unida a una rueda que proporciona energía al sistema. El camino a recorrer es determinado por los rieles, y esta configuración permite la existencia de giros, cambios de elevación y curvas, creando un circuito cerrado. Este tipo de cinta se utiliza en fábricas para

mover piezas y conjuntos de ensamblaje entre los principales departamentos de producción. También puede utilizarse para tareas de mantenimiento.



Figura 13. Cinta sobre rieles, aérea y por cable enterrado.

- **Cintas por cable enterrado:** Estos sistemas emplean vehículos con ruedas impulsados por medio de cadenas o cables en movimiento situados en zanjas en el suelo, las cuales determinan el recorrido. Los carros emplean clavijas reforzadas de acero para acoplarse a la cadena. Dichas clavijas se pueden extraer de la zanja para liberar al carro del avance de la cadena y realizar las operaciones de carga/descarga.

3.3.2. BANDA TRANSPORTADORA

La banda es uno de los elementos más importantes de toda la instalación, ya que sobre ella se disponen los elementos a transportar. Por ello, su coste suele ser uno de los más elevados de toda la instalación. Las principales funciones que debe cumplir son las siguientes:

- Transportar la carga.
- Absorber las tensiones desarrolladas en el arranque.
- Absorber la energía de impacto en el punto de carga.
- Resistir a los efectos de temperatura y agentes químicos.
- Cumplir con los requisitos de seguridad.

Las bandas son elementos normalizados que se designan por códigos. La Figura 14 muestra un esquema explicativo de los distintos dígitos que posee la denominación:

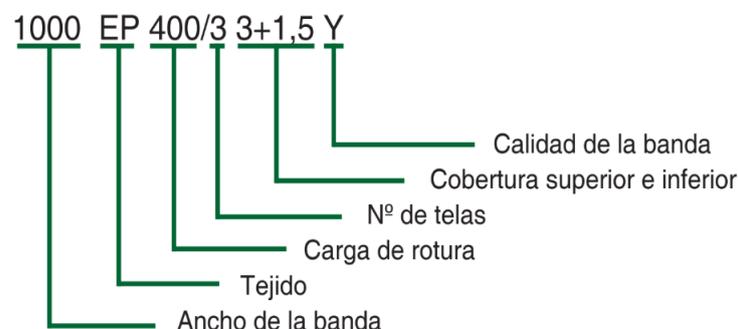


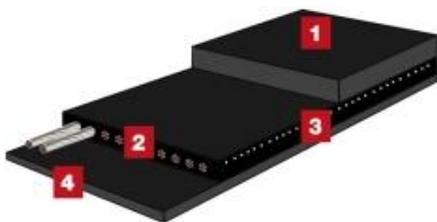
Figura 14. Esquema de la denominación de las bandas.

3.3.2.1. TIPOS DE BANDAS

En la actualidad existe una gran variedad de bandas. A continuación, indican las principales clasificaciones:

Según el tipo de tejido	Algodón
	Tejidos sintéticos
	Con cables de acero
Según la disposición del tejido	De varias telas o capas
	De un tejido sólido
Según el aspecto de la superficie portante de la carga	Lisas
	Rugosas
	Nervadas

Tabla 1. Clasificación bandas transportadoras.



1. Recubrimiento superior
2. Núcleo o cables de acero
3. Refuerzo transversal
4. Recubrimiento inferior

Figura 15. Partes de una banda con cable de acero.

3.3.2.2. CONSTITUCIÓN DE LA BANDA

La banda está sometida a la acción de fuerzas longitudinales, que producen alargamientos, del peso del material entre las estaciones de rodillos portantes, el cual produce flexiones locales, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal y a impactos del material sobre la cara superior de la banda, que producen erosiones sobre la misma. Por ello, está formada por:

- **Tejido o carcasa:** Formada por:
 - **Urdimbre:** Conjunto de hilos que se colocan en el telar paralelamente unos a otros para formar una tela. Soporta los esfuerzos de tracción longitudinales, es en general bastante más resistente
 - **Trama:** Conjunto de hilos que, cruzados y enlazados con los de la urdimbre, forman una tela. Soporta esfuerzos transversales secundarios, derivados de la adaptación a la forma de artesa y de los producidos por los impactos, por lo que su rigidez no debe ser excesiva.
- **Recubrimiento:** Están formados por elastómeros (caucho natural), plastómeros (PVC), u otros materiales, como goma. Sirven para unir los elementos constitutivos de la carcasa, y constan de dos partes: la superior y la inferior. El recubrimiento superior es el que soporta el material, y el inferior es el que está en contacto con los rodillos, por lo que el recubrimiento superior tendrá mayor espesor que el inferior.

3.3.2.3. UNIONES

Las uniones de las bandas pueden ser:

- **Vulcanizadas:** Se utilizan en bandas cortas, del orden de 20-30 m, suministrándose ya cerradas.



Figura 16. Tipos de uniones de las bandas.

- **Grapadas:** Este método se utiliza en bandas largas.



Figura 17. Unión grapada.

3.3.3. RODILLOS

Los rodillos son, al igual que la banda, componentes principales para las cintas, y de su calidad depende el buen funcionamiento de las mismas. Si no giran adecuadamente, aumenta la fricción, produciendo desgastes en los recubrimientos de la banda y reduciendo su vida útil, así como también se producirá un aumento del consumo de energía.

La principal función de los rodillos es sustentar la banda cuando lleva el material (en el ramal superior) y transportar la misma de vuelta (ramal inferior). Las dimensiones de los rodillos, se encuentran tabuladas en las normas DIN 15207 y DIN 22107.

3.3.3.1. CONSTITUCIÓN DE LOS RODILLOS

Los rodillos pueden fabricarse de diversas maneras. Sus componentes internos pueden crearse en multitud de geometrías, como por ejemplo el sistema de estanqueidad o laberinto. Los principales elementos se detallan en la Figura 18:

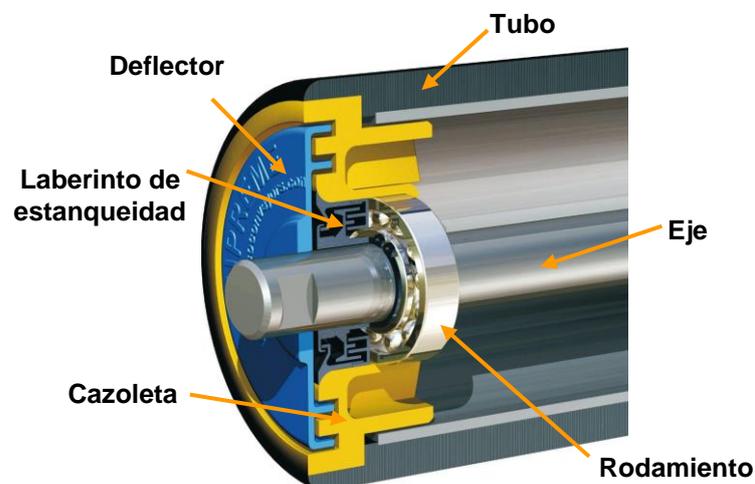


Figura 18. Partes de un rodillo.

3.3.3.2. DISPOSICIÓN ESPACIAL

Para que los rodillos cumplan las funciones anteriores, deben adoptar diversas disposiciones espaciales, las principales se indican en la Tabla 2:

RAMAL SUPERIOR	Un rodillo	
	Dos rodillos situados en V	
	Tres rodillos situados en forma de artesa	
	En guirnalda	
	En catenaria	
RAMAL INFERIOR	Un rodillo	
	Dos rodillos	

Tabla 2. Disposiciones de los rodillos.

3.3.3.3. TIPOS DE RODILLOS

Los rodillos son de geometría cilíndrica, y pueden ser lisos, estar recubiertos por goma (para así poder soportar pequeños impactos) o poseer aros de goma (para contribuir a la limpieza de la banda). A continuación se describen los principales tipos de rodillos:

- **Rodillos superiores o de carga:** Los rodillos superiores sostienen la banda y ayudan a desplazarla. El rodillo de mayor utilización, en caso de una disposición en artesa, es el central, ya que soporta la mayor cantidad de material. Normalmente, los tres rodillos suelen tener la misma longitud, aunque en USA, es común disponer el rodillo central con mayor longitud. Para el transporte de material a granel, se están utilizando ángulos de artesa mayores (35° y 45°) para obtener una mayor capacidad de transporte y mayor control sobre el derrame de material.
- **Rodillos inferiores o de retorno:** La banda se desplaza en su tramo de retorno a través de los rodillos inferiores, que la sostienen y la desplazan. Pueden estar recubiertos de goma.
- **Rodillos de impacto o amortiguadores:** Estos rodillos se encuentran situados en la zona de carga de la cinta, debajo de la tolva de alimentación y el encauzador. Se disponen únicamente en esta zona porque tienen la función de amortiguar el impacto del material cuando llega a la cinta. La distancia entre estas estaciones es menor que en las otras estaciones de la cinta, y

ésta depende del tipo de material a transportar, la altura de caída y la velocidad. Se pueden diferenciar del resto de rodillos por su forma geométrica, ya que contienen ranuras para favorecer la absorción de energía, y están recubiertos de caucho.



Figura 19. Rodillos amortiguadores.

- **Rodillos alineadores:** Se trata de unos rodillos que se disponen en la parte superior de las estaciones de rodillos portantes. Se trata de dos pequeños rodillos con su eje casi vertical, situado en las proximidades de los extremos más alejados de los rodillos laterales. Su tamaño es reducido, y sirven para alinear la banda dentro de la propia instalación, y evitar que se salga completamente de la estación.
- **Rodillos autolimpiadores:** Se trata de unos rodillos cilíndricos con aros de goma. Se suelen montar en el ramal inferior de retorno para facilitar la limpieza de la banda.

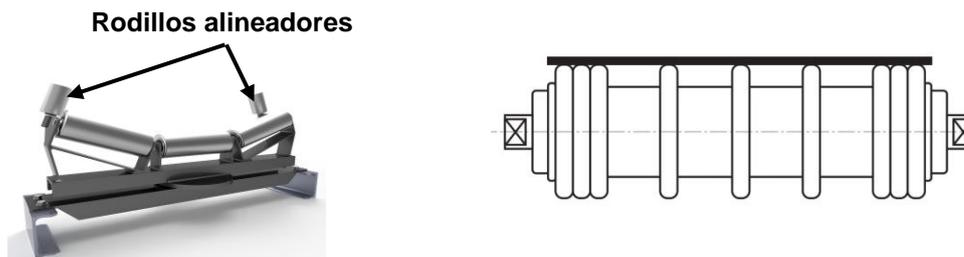


Figura 20. Rodillos alineadores y autolimpiadores.

3.3.4. TAMBORES

Los tambores son los encargados de hacer cambiar la trayectoria de la banda. Las dimensiones principales de los tambores, diámetro y longitud, se encuentran normalizadas por la norma DIN 22101 y por la norma ISO 1536. La determinación de los diámetros del tambor depende del tipo de banda, de su espesor y de su ancho.

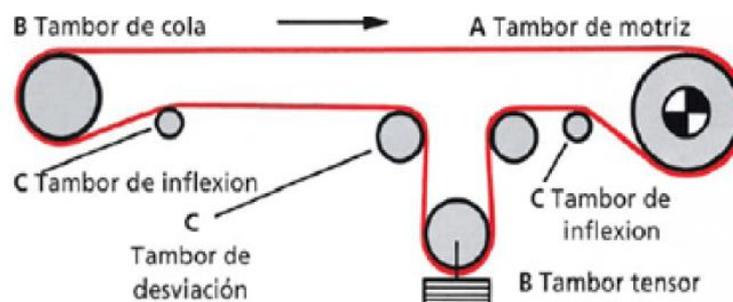


Figura 21. Tipos de tambores.

3.3.4.1. TIPOS DE TAMBORES

Se pueden realizar varias clasificaciones de los tambores que se utilizan en las cintas transportadoras:

MOTRICES	Transmiten las fuerzas tangenciales a la banda. Comúnmente se sitúan en la cabeza de la cinta, en la parte alta o en la zona de descarga.	
NO MOTRICES	Loco o de reenvío	Se localiza en el extremo opuesto al tambor motriz, en cola. Permite el retorno de la banda una vez que esta terminó el recorrido en el tramo portante.
	Desviador o de inflexión	Son situados tras los tambores motrices y de reenvío para aumentar el ángulo de abrazamiento entre la banda y el tambor, y así reducir las tensiones de transmisión en la banda.
	Tensor	Se sitúan en el sistema de contrapeso o de tensado.
	De descarga	Los situados en los trippers.

Tabla 3. Clasificación de los tambores.

3.3.4.2. RECUBRIMIENTOS

Al igual que los rodillos, los tambores también pueden ser recubiertos. Los tambores motrices suelen tener un recubrimiento de goma para aumentar la capacidad de transmisión, gracias al aumento del coeficiente de fricción entre la banda y ellos.

El engomado puede ser liso, ranurado en V o en rombo. El ranurado tiene como fin recoger la suciedad fina que se forma en la artesa de la banda cuando se transporta materiales húmedos. Esta suciedad se desborda en el tambor motriz cuando la banda pasa de disposición en artesa a plana. Los espesores del recubrimiento varían en función del tambor, y se sitúan en torno a 8-15 mm.

Los tambores de reenvío y contrapeso, no suelen engomarse.



Figura 22. Tipos de engomado de tambor.

3.3.4.3. EQUILIBRADO

Las imperfecciones propias de la fabricación de la envolvente del tambor, provocan que exista el riesgo de que quede desequilibrado, una vez mecanizado. Por ello, los tambores se someten a equilibrados estáticos, lo que se logra de una forma sencilla y con suficiente aproximación, apoyando los extremos del eje del tambor en dos soportes metálicos nivelados con aristas mecanizadas. En tambores grandes, con velocidades tangenciales elevadas, sería conveniente un equilibrado dinámico.

3.3.4.4. MOTOTAMBORES

Los mototambores aúnan dos componentes fundamentales en el movimiento de la cinta. Se trata de un tambor en el que en su interior posee todos los elementos que conforman un motor eléctrico, desde su entrada de energía hasta los engranajes reductores de velocidad. Estos mototambores están normalizados, y su potencia está limitada hasta 22 kW aproximadamente.



Figura 23. Mototambor.

3.3.5. SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz está compuesto por el motor, el acoplamiento, el reductor, el freno y los mecanismos antiretorno. Se deben seleccionar de forma adecuada, ya que el funcionamiento del conjunto influye en la vida útil de la banda. La forma en la que se efectúa el arranque, influye en el comportamiento de la banda en las curvas verticales, en el recorrido de los tambores tensores y a la pérdida de fricción en el tambor motriz. Del sistema motriz también depende la seguridad de funcionamiento de la instalación.

3.3.5.1. MOTOR

El elemento motriz de mayor uso en los transportadores es el del tipo eléctrico. Para la selección de un motor, hay que cerciorarse de que la potencia mínima sea al menos igual que la requerida a la salida del reductor, y a la entrada del eje del tambor motriz. La potencia en el arranque será algo mayor, por lo que el motor debe ser sobredimensionado, siempre y cuando el coste lo permita. El motor aportará el par necesario para accionar el tambor y poner en funcionamiento la cinta.

3.3.5.2. REDUCTORES

El reductor es el elemento encargado de transmitir el par motor y la velocidad correspondiente al tambor motriz. Mediante una serie de engranajes, reduce y aumenta los valores que aporta el motor, para que a su salida, sean los indicados para el correcto funcionamiento de la máquina. Es posible aunar el motor y el reductor, formando solo un sólido, llamado motorreductor.



Figura 24. Reductores.

3.3.5.3. FRENOS Y MECANISMOS ANTIRETORNO

Los frenos más utilizados son los de disco, situados en el eje del reductor. En algunos casos, generalmente en cintas descendentes, se montan en el eje del tambor.

En las cintas con cierta pendiente, además del freno se dispone de un sistema de anti retorno. Su función consiste en retener la carga en las cintas inclinadas ascendentes, en caso de parada. Estos sistemas antirretorno actúan como un elemento de seguridad.

3.3.6. EQUIPOS DE LIMPIEZA

El mantenimiento de la limpieza de la banda, ya sea en su lado portante o en el ramal de retorno, como también en su lado de rodadura, es importante para el correcto funcionamiento de la cinta y de todo el transportador en general.

Cuando el material transportado es pegajoso, tiende a quedarse adherido a la parte superior de la banda, lo que ocasiona que en el tramo de retorno, este material adherido se vaya acumulando en los rodillos horizontales inferiores, lo que produce que los mismos vayan variando su diámetro y se produzcan desplazamientos laterales de la cinta, que llevan a grandes daños en sus bordes de la misma. El material que se derrama sobre el lado de rodadura en el ramal inferior, tiende a acumularse en el tambor de reenvío, produciendo daños en la carcasa. Su acumulación hace variar el diámetro del tambor de forma no uniforme, lo que atenta contra la correcta alineación de la cinta.

Una buena limpieza supone grandes ahorros en el mantenimiento y en la duración de las vidas útiles de los elementos. Una mala limpieza provoca:

- La capacidad de carga transportada disminuye.



Figura 25. Rascador de contrapeso.

- La mano de obra empleada en la limpieza del material fugitivo, depositado en bastidores y suelo, mantenimiento de los equipos de limpieza y atención al desvío de bandas, supone un alto coste.
- En cintas de gran capacidad, se instalan transportadores especiales de baja longitud, que se encargan de recoger el material desprendido por la cinta grande y lo incorporan a la vena principal.

3.3.6.1. TIPOS DE RASCADORES

A continuación se describen los rascadores que actúan sobre el tambor motriz:

- **Rascador pendular de contrapeso, con tiras de goma:** Es muy utilizado, sin embargo, su eficacia es limitada. Se emplea en cintas sencillas sin grandes exigencias de limpieza. Está constituido por unas partes metálicas que soportan las tiras o tacos de goma, montadas sobre un contrapeso de modo que mantengan una presión constante sobre la cinta.
- **Rascador principal con láminas de rascado independientes y tensión por brazo de torsión:** Es más eficaz que el anterior, pero no consigue una limpieza perfecta. Si el material es muy pegajoso no se elimina totalmente. Para mejorar su eficacia, se instala un rascador previo. Los más comunes son los constituidos por una lámina de goma maciza tomada

de un bastidor y en contacto con la banda presionando sobre ella por debajo del tambor de accionamiento y antes de que la misma se separe de él.

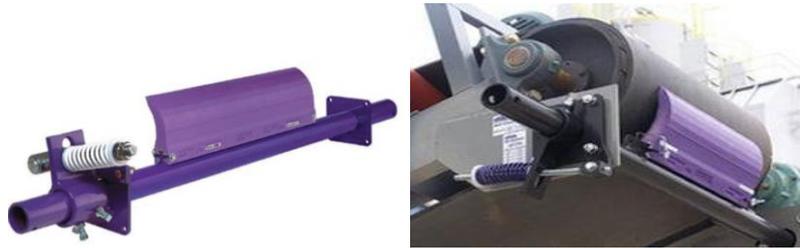


Figura 26. Rascador principal.

- **Rascador previo:** Situado antes del principal, con tacos gruesos de goma como elementos de raspado y forma constructiva similar al anterior. Se emplea cuando el material es pegajoso y de limpieza difícil. El mayor problema con estos rascadores es la reposición de los elementos limpiadores cuando estos se han desgastado, por la dificultad de acceso a los mismos.
- **Cepillo rotativo:** Este cepillo está formado por tiras de nylon o de láminas de goma, que giran acompañando el sentido de marcha de la cinta en el punto de contacto o pueden estar motorizados y girar en sentido contrario provocando una acción más efectiva de limpieza.



Figura 27. Cepillo rotativo.

Los rascadores que actúan sobre los demás tambores, son:

- **Rascador en V o deflectores:** Se localiza antes de que la banda llegue al tambor de reenvío. Impide que el material fugitivo, situado sobre la cara interna de la banda, penetre entre las láminas y el tambor. Consiste en un faldón de goma inclinado respecto al eje de la cinta.
- **Rascadores fijos en diagonal:** Consiste en una pletina o placa metálica que se sitúa próxima a la periferia de los tambores de desvío, para impedir la entrada del material pegado a la banda.

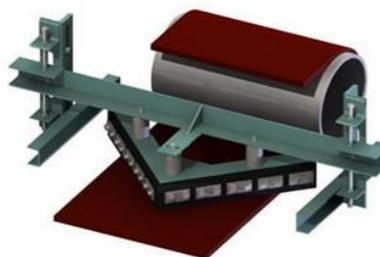


Figura 28. Rascador en V.

En la actualidad existen equipos de limpieza de última tecnología aplicados a las cintas transportadoras, los cuales cuentan con sensores especiales, válvulas de aire, compresores de aire y otros dispositivos modernos, los cuales consiguen una buena limpieza, siendo unos de sus principales inconvenientes su coste de instalación.

3.3.7. SISTEMA DE TENSADO

Se trata de un sistema que permitirá mantener la tensión en la banda, asegurando el buen funcionamiento del sistema. Este sistema cumple las siguientes funciones:

- Al tensar la banda, consigue el adecuado contacto entre el tambor y banda.
- Evitar derrames de material en las proximidades de los puntos de carga, motivados por falta de tensión en la banda.
- Compensar las variaciones de longitud producidas por los cambios de tensión.
- Mantener la tensión adecuada en el ramal de retorno durante el arranque.



Figura 29. Sistema de contrapeso por gravedad.

El tensado de la cinta debe ser tal que no permita el resbalamiento entre la cinta y el tambor de accionamiento. El resbalamiento causa daños en la superficie interior de la banda y en el recubrimiento de los tambores motrices. Los sistemas tensores se colocan preferentemente sobre el carril inferior, cerca del tambor de accionamiento. Los más utilizados son el tensor automático, fijos y por gravedad.

3.4. CARGA Y DESCARGA

La carga y descarga es fundamental para que el material a transportar inicie adecuadamente su recorrido a través de la instalación. Aunque en general las cintas transportadoras se cargan y descargan en los extremos de la misma, es posible efectuar la carga en un punto cualquiera a lo largo de su longitud mediante dispositivos diversos.

- **CARGA DEL TRANSPORTADOR**

Una correcta selección de la forma de depositar la carga sobre la cinta, asegura un prolongamiento de la vida de la misma, ya que es en esta zona de carga donde la cinta sufre los mayores problemas de desgaste y sobre esfuerzo. Normalmente la transferencia del material transportado hacia la cinta se realiza a través una tolva de carga o encauzador. Para el diseño de la misma, se deben tener en cuenta algunas consideraciones:

- Es conveniente que el material transportado entre en contacto con la cinta en la misma dirección de marcha y a la misma velocidad que ella, o a una velocidad similar, para evitar desgastes prematuros.
- Reducir la altura de caída del material sobre la banda, para evitar daños en su recubrimiento.
- Intentar que el material se deposite de forma centrada sobre la banda, para que ésta no se vea sometida a esfuerzos laterales que ocasionan desgaste y no tienda a desviarse.



Figura 30. Ejemplo de mala alimentación.

- Es conveniente que en los transportadores inclinados la zona de carga sea horizontal.
- El encauzador debe estar ubicado siempre después de la distancia de transición.
- Utilizar rodillos amortiguadores en la zona de carga si la carga posee alto peso específico.
- Las estaciones de rodillos ubicados debajo de la zona de carga deben tener menor distancia entre ellos que en el resto del transportador.
- Si el material transportado presenta diferentes granulometrías, es aconsejable la utilización de un sistema de cribas de modo que permita que la parte más fina del material se deposite primero sobre la cinta, haciendo de colchón a la parte de granulometría más gruesa.
- Es recomendable el uso de faldones laterales en la estructura metálica del encauzador, que estén en contacto con la banda para aquellos materiales de granulometría fina.
- En caso de cargas irregulares que hacen que la cinta vaya en algunos tramos con carga total y en otra completamente vacía, ocasionando problemas de alineamiento, es recomendable el uso de alimentadores que logran uniformar la carga sobre todo el largo de la cinta. El tipo de alimentador dependerá del tipo de carga.

- **DESCARGA DEL TRANSPORTADOR**

Lo más frecuente es que la cinta del transportador sea descargada en el tambor motriz en cabeza a través de una tolva de descarga, la cual permite seleccionar la dirección de caída. En estos casos el material describe una trayectoria calculable que permite diseñar los flujos de material. Esta trayectoria depende de la granulometría del material, del grado de adherencia y de la velocidad de la banda, entre otros factores.

La descarga puede ser realizada también a través de un sistema de tambores dobles denominado carro de descarga o tripper. Consiste en una estructura situada sobre el bastidor de la cinta, que soporta dos tambores: el superior, más avanzado respecto al sentido de marcha y el inferior más atrasado respecto al mismo sentido. Cuando la cinta se acerca al tripper, comienza a separarse de las estaciones de rodillos por las que se deslizaba, dirigiéndose hacia el tambor superior. En él, se produce la descarga de material, y la banda es dirigida hacia el tambor inferior, donde cambia de trayectoria para volver a su estado inicial, sobre las estaciones de rodillos en artesa.



Figura 31. Tripper.

3.5. VENTAJAS

El transporte en la industria de fabricación o elaboración de productos es uno de los factores determinantes del coste económico que supone la actividad. El transporte puede suponer entorno al 40% de los gastos de una empresa, por lo que se pretende optimizar al máximo las máquinas que ofrecen este servicio, para así aumentar la rentabilidad de una actividad. Las ventajas que ofrece son:

- **Capacidad de transporte:** Permiten el transporte multitud de materiales a grandes distancias, a velocidades relativamente altas. Son capaces de transportar miles de toneladas a la hora, convirtiéndose así en uno de los transportes de material a granel más utilizados.
- **Degradación mínima de material:** A lo largo de la cinta, el material se encuentra inmóvil mientras se desplaza hacia el punto de descarga. El material no es dañado ni degradado, y es posible utilizar numerosos recubrimientos para no dañar ni al material ni a la banda.
- **Adaptabilidad a terreno:** A través de estructuras simples, las cintas transportadoras son capaces de transportar material sobre todo tipo de terrenos, así como de elevarlo con una inclinación máxima de 18°, pudiendo llegar a aumentar este dato combinando diferentes tipos de bandas o configuraciones. El bajo peso de carga y de la estructura del transportador por metro lineal se consigue con un diseño estructural simple que permita atravesar terrenos escabrosos o pendientes pronunciadas.
 
- **Mantenimiento:** La cinta transportadora no dispone de articulaciones que se desgasten rápidamente. Por ello, requiere de poco mantenimiento, en comparación con otros tipos de maquinaria. Sus reparaciones no requieren de grandes periodos de tiempo y el coste de su mantención rutinaria es mínimo.
- **Posibilidad de múltiples puntos de alimentación y descarga:** En industrias de excavación o minería, pueden ser necesarias dos o más operaciones simultáneas de carga o descarga de material. Para ello, se instala maquinaria específica complementaria, y así se hace posible que el material transportado pueda ser descargado en cualquier punto del recorrido.
- **Potencia:** Requieren baja potencia por tonelada, en comparación con otros transportadores.
- **Fuentes de energía:** La principal es la eléctrica, a través de motores eléctricos acoplados a reductores o motorreductores. Sin embargo, también pueden funcionar con otras fuentes, a través de motores de combustión, con energía solar o hidroeléctrica, o incluso con gas natural.
- **Control:** Pueden funcionar a través de botones de accionamiento situados en un mando o ser controladas automáticamente desde estaciones permanentes de control.
- **Protección a la intemperie:** Las cintas transportadoras pueden protegerse de la lluvia, nieve o cualquier otro fenómeno climatológico que puede afectar, con un coste mínimo a diferencia de otros medios de transporte. Para evitar la dispersión de polvos, es necesario realizar un recubrimiento de la cinta transportadora en su recorrido, contribuyendo así a mantener una atmósfera limpia. En la actualidad, se instalan cintas tubulares (pipe conveyors, Figura 33), que al estar completamente cerradas, no emiten polvos a la atmósfera.
 

Figura 32. Cinta adaptada a los accidentes topográficos.

Figura 33. Pipe conveyor.

4. NORMATIVAS Y REFERENCIAS

4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

Las referencias legislativas utilizadas en la redacción del proyecto son las siguientes:

- DIN 15207-1:2000-10. *Continuous mechanical handling equipment. Idlers for belt conveyors. Main dimensions of idlers for belt conveyors for bulk material.*
- DIN 22101:2011-12. *Continuous conveyors. Belt conveyors for loose bulk materials. Basis for calculation and dimensioning.*
- DIN 22102-1:2014-01. *Conveyor belts with textile plies for bulk goods. Part 1: Dimensions, specifications, marking.*
- DIN 22107-1:2014-08. *Continuous mechanical handling equipment. Idlers sets for belt conveyors for loose bulk materials. Principal dimensions.*
- Ley 31/1995. Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 486/1997, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, seguridad para la utilización por los trabajadores de las máquinas y equipos de trabajo.
- Real Decreto 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- UNE 18127:1983. Bandas transportadoras. Determinación de los diámetros mínimos de los tambores. (ISO 3684:1976)
- UNE 18169:1984. Bandas transportadoras. Fórmula para el cálculo de la distancia de transición de la artesa con tres rodillos iguales. (ISO 5293:1981)
- UNE 58204:1992. Aparatos de manutención continua. Cintas transportadoras provistas de rodillos portantes. Cálculo de la potencia disponible y esfuerzos de tracción. (ISO 5048)
- UNE 58206:1981. Equipos de manutención continua para graneles. Transportadores de banda en artesa (excluidos los móviles). Tambores. (ISO 1536:1975)
- UNE 58214:2000. Aparatos móviles de manutención continua para productos a granel. Reglas para el cálculo de estructuras de acero. (ISO 5049-1:1994)
- UNE-EN ISO 13850:2016. Seguridad de las máquinas. Función de parada de emergencia. Principios para el diseño. (ISO 13850:2015).

4.2. PROGRAMAS DE CÁLCULO

- **AUTOCAD**

AutoCAD permite dibujar todos los elementos que componen la cinta. La Figura 34 es una imagen de la cinta transportadora objeto de este proyecto.

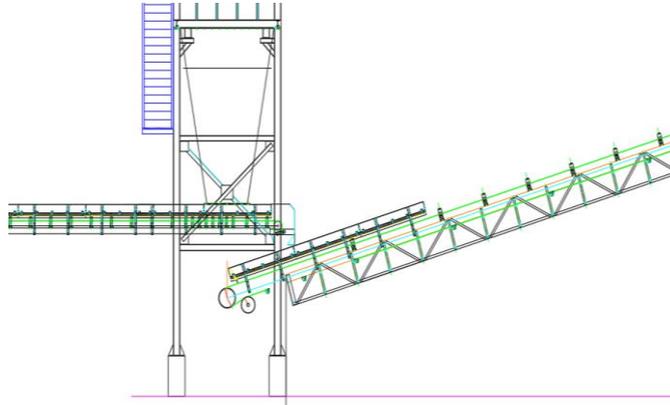


Figura 34. Diseño mediante AutoCAD.

- **CYPE**

A través de esta herramienta informática ha sido calculada y dimensionada la estructura que soporta la cinta transportadora.

- **EXCEL**

Este programa ha sido utilizado para calcular la capacidad de transporte de la banda y las resistencias a las que se somete el movimiento. Después, se ha calculado las tensiones en los tambores, para poder calcular la potencia necesaria por el motor y la velocidad requerida. Excel permite modificar datos y fórmulas de forma rápida y sencilla, y calcula los resultados de forma inmediata.

- **SOLIDWORKS**

La cinta transportadora que se ha diseñado previamente con AutoCAD y la estructura calculada mediante Cype, han sido posteriormente aunadas y construidas con SolidWorks, para así facilitar la comprensión del objeto de diseño y crear los planos de forma correcta.



Figura 35. Logotipo SolidWorks.

4.3. PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD APLICADO DURANTE LA REDACCIÓN DEL PROYECTO

Para asegurar una correcta gestión de la calidad durante la elaboración del proyecto se han seguido las normas UNE-EN-ISO 9001:2015, de gestión de la calidad, y UNE 157001:2014, de los criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

En cuanto a la elaboración de planos, se han seguido las normas UNE-EN ISO 2553:2014, sobre la representación simbólica de las uniones soldadas y UNE 1039:1994, sobre principios de acotación.

4.4. BIBLIOGRAFÍA

- “Diseño de un transportador de carga”. Joel Puente Sánchez. Universidad Autónoma Nuevo León.
- “Diseño de un sistema de transporte continuo de capacidad 500 kg/h”. Héctor Eduardo García Narváez. Escuela Politécnica Nacional de Ecuador.
- “Diseño de una banda transportadora mediante Guide Matlab”. Mario Salinero Gervaso. Universidad Carlos III de Madrid.
- “Diseño Cinta Transportadora Intralox para Pesquera Bahía Caldera S.A”. Cristian Alejandro Muñoz Oporto, Patricio Armando Lagos Correa. Universidad Bio-Bio, Chile.
- “Diseño de Cinta Transportadora e Estructura auxiliar para planta de procesado de arcillas”. Aitor Ángel Heras López. Universitat Jaume I.
- “Diseño de una cinta transportadora en una instalación de carga automática de coque”. Edgar Amela Felipe. Universitat Jaume I.
- Conveyor belt system. Refort Belt.
- Catálogo Rochman: Rodillos, estaciones y tambores.
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural.
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Acero.

4.5. OTRAS REFERENCIAS

- <http://www.emipesa.es/>
- <http://www.cintatransportadorastapyc.com/la-historia-de-las-cintas-transportadoras/>
- <http://www.nanotec.es/comienzo-las-cintas-transportadoras-banda/>
- <http://www.monografias.com/trabajos58/disen%C3%B3-cintas-transportadoras/disen%C3%B3-cintas-transportadoras.shtml>
- <https://es.scribd.com/document/293857373/DIN-22101-2011-Belt-Conveyors>
- <http://www.fernandezantonio.com.ar/documentos%5C020.pdf>
- <http://www.directindustry.com/>
- http://download.rulmeca.it/catalogo/serie_eng/PU%20scrapers.pdf
- <http://rotranssa.com/baberos>

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

La Tabla 4 muestra las variables utilizadas durante el proceso de cálculo de los elementos mecánicos que conforman la cinta.

SÍMBOLO	DENOMINACIÓN	UNIDAD
a_g	Distancia entre apoyos del tambor motriz	m
a_i	Distancia entre rodillos en la curva convexa	m
a_o	Distancia entre trenes de rodillos ramal superior	m
a_u	Distancia entre trenes de rodillos ramal inferior	m
A	Superficie de contacto entre banda y limpiador de banda	m ²
b	Anchura de banda ocupada por el material	m
b_1	Anchura de la banda entre guías	m
B	Ancho de banda	m
c_1	Coefficiente de transmisión superior	-
c_2	Coefficiente de transmisión inferior	-
c_{1A}	Coefficiente de transmisión en el arranque superior	-
c_{2A}	Coefficiente de transmisión en el carril inferior	-
C	Coefficiente de resistencias secundarias	-
C_E	Factor de artesa	-
d	Espesor total de la banda	m
d_o	Diámetro del eje de accionamiento del tambor motriz	m
D	Diámetro del tambor motriz	m
D_d	Diámetro del tambor desviador	m
D_L	Diámetro del tambor loco	m
e	Espesor de la carcasa	m
e_o	Espesor del recubrimiento superior de la banda	m
e_u	Espesor del recubrimiento inferior de la banda	m
f	Coefficiente ficticio de rozamiento	-
F	Tensión media en la banda	N
F_1	Resistencia de enrollamiento de la banda en su paso sobre los tambores	N
F_a	Resistencia de rozamiento por faldones desviadores de derrame	N
F_A	Fuerza tangencial máxima en el arranque	N
F_{bA}	Resistencias de inercia y rozamiento sobre el punto de carga en la zona de aceleración entre material transportado y banda	N
F_E	Resistencia debida a la convergencia de rodillos	N
F_{gL}	Resistencia de rozamiento entre material transportado y guías laterales	N
F_H	Resistencias principales	N
F_N	Resistencias secundarias	N
F_r	Resistencia de rozamiento debida a los limpiadores de banda	N
F_S	Resistencias especiales	N
F_{S1}	Resistencias principales especiales	N
F_{S2}	Resistencias secundarias especiales	N
F_{St}	Resistencias debidas a la inclinación	N
F_t	Resistencia de rozamiento entre material transportado y guías en la zona de aceleración	N
F_U	Esfuerzo tangencial necesario en el tambor motriz	N
g	Aceleración de la gravedad	m/s ²

H	Altura entre ejes tambores	m
I_m	Caudal másico transportado	kg/s
I_v	Caudal volumétrico transportado	m ³ /s
k	Factor de inclinación	-
k_i	Factor de inclinación ideal	-
k_a	Factor de raspado	-
l	Longitud de transporte entre guías	m
l_3	Longitud de los rodillos superiores	m
l_b	Longitud de aceleración	m
L	Proyección horizontal de la longitud total de la banda.	m
L_E	Longitud de la instalación con rodillos portantes convergentes	m
L_h	Longitud de los tramos horizontales	m
L_i	Longitud de los tramos inclinados	m
L_p	Proyección horizontal de los tramos inclinados	m
L_{Re}	Longitud de la curva convexa	m
L_t	Longitud de transición	m
L_T	Longitud total de la trayectoria de la banda	m
m_D	Masa del tambor motriz	kg
m_e	Masa de la estación sin rodillos	kg
m_G	Masa de la banda	kg/m ²
m_{Ro}	Masa de los rodillos superiores	kg
m_{Ru}	Masa de los rodillos inferiores	kg
M_f	Momento de flexión del tambor motriz	N·m
M_{if}	Momento ideal de flexión del tambor motriz	N·m
M_m	Par motor necesario para accionar el tambor motriz	N·m
M_{mA}	Par motor máximo en el arranque	N·m
M_T	Momento torsor del tambor motriz	N·m
n	Velocidad de giro del tambor motriz	rad/s
N	Carga teórica de rotura de la banda	N/m
N'	Carga de rotura de la banda	N/m
p	Presión entre el rascador y la banda	N/m ²
P	Potencia necesaria en el tambor motriz	W
P'	Carga del sistema tensor	N
P_A	Potencia de arranque	W
P_M	Potencia del motor	W
q	Flecha entre estaciones de rodillos	m
q_B	Masa de la banda por unidad de longitud	kg/m
q_B'	Masa de la banda por unidad de superficie	kg/m
q_D	Peso del tambor motriz	N
q_f	Carga que resulta de las fuerzas que actúan sobre el eje del tambor motriz	N
q_G	Masa de la carga a transportar por unidad de longitud	kg/m
q_{Ro}	Masa de los rodillos superiores por unidad de longitud	kg/m
q_{Ru}	Masa de los rodillos inferiores por unidad de longitud	kg/m
R_e	Radio convexo	m
s	Porción de la cinta en contacto con los rodillos inclinados	m
S	Sección transversal total del material sobre la banda	m ²
S_1	Sección transversal del material, zona superior	m ²
S_2	Sección transversal del material, zona inferior	m ²

t	Tamaño del material transportado	m
$t_{m\acute{a}x}$	Tamaño máximo del material transportado	m
t_R	Tiempo de recorrido del material	s
T_o	Pretensión de la banda	N
T_R	Resultante de las tensiones que sufre el tambor motriz	N
T_1	Tensión en el ramal tenso	N
T_{1A}	Tensión en el arranque en el ramal tenso	N
T_2	Tensión en el ramal flojo	N
T_{2A}	Tensión en el arranque en el ramal flojo	N
$T_{m\acute{a}x}$	Tensión máxima calculada que soporta la banda	N
v	Velocidad de funcionamiento de la banda	m/s
$v_{m\acute{a}x}$	Velocidad máxima admisible de la banda	m/s
v_o	Componente de la velocidad de alimentación del material en el sentido de transporte	m/s
W	Módulo de resistencia	m^3
x	Factor de carcasa para el cálculo del radio convexo	-
x'	Factor de carcasa	-
z	Número de capas de la carcasa de la banda	-
Z	Número de rodillos en la curva convexa	-
α	Ángulo de reposo	$^\circ$
α_d	Ángulo de desvío	$^\circ$
δ	Ángulo de inclinación máxima de la cinta	$^\circ$
ϵ	Ángulo de convergencia	$^\circ$
ϵ_M	Eficiencia mecánica de reductores	%
η	Rendimiento del motor	%
θ	Ángulo de talud dinámico o de sobrecarga del material transportado	$^\circ$
λ	Ángulo de artesa	$^\circ$
μ	Coeficiente de rozamiento entre el tambor motriz y la banda	-
μ_o	Coeficiente de rozamiento entre la banda y los rodillos portantes	-
μ_1	Coeficiente de adherencia entre el material y la banda	-
μ_2	Coeficiente de rozamiento entre el material transportado y la guía	-
μ_3	Coeficiente de rozamiento entre el rascador y la banda	-
μ_A	Coeficiente de adherencia entre el tambor motriz y la banda en el arranque	-
π	Número pi	-
ρ	Peso específico	kg/m^3
σ	Coeficiente de seguridad	-
σ_1	Coeficiente de seguridad para bandas de carcasa textil	-
σ_{adm}	Esfuerzo admisible	N/m^2
φ	Ángulo de abrazamiento entre la banda y el tambor motriz	$^\circ$

Tabla 4. Abreviaturas de los parámetros utilizados.

6. REQUISITOS DE DISEÑO

6.1. REQUISITOS ESTABLECIDOS POR EL CLIENTE

Los requisitos base que ha establecido el cliente son los siguientes:

- La cinta transportará grava de forma continua, desde la salida del tratamiento de trituración, hasta la entrada al tromel de lavado.
- El tamaño medio de la grava es aproximadamente de 100 mm.
- La cinta será utilizada durante 12 horas al día, correspondiéndose con un horario de 8 horas de la mañana a las 20 horas de la tarde.
- La cinta deberá salvar una altura de 14.6 m.
- La longitud entre tambor motriz-reenvío es de 59.5 m.
- La cinta constará de un tramo inclinado y otro horizontal.
- El ancho de banda será de 800 mm.
- El ángulo de artesa será de 30°.
- La instalación deberá cumplir la legislación vigente.
- La cinta cumplirá con los aspectos de seguridad de la empresa, así como con la seguridad en las máquinas según las directivas en vigor.
- Habrá acceso a cualquier punto de la cinta, con motivo de facilitar reparaciones o ajustes.
- Condiciones de trabajo estándar.
- Evitar derrames de material a lo largo del transporte.

6.2. REQUISITOS DEL DISEÑADOR Y PARÁMETROS

Para que el diseño de la cinta transportadora sea la correcta y se reduzcan o eviten los problemas posteriores, se enuncian a continuación varias especificaciones a seguir:

- La instalación deberá disponer de pasarelas, barandillas y escaleras para el acceso a la maquinaria, con el fin de poder asegurar su mantenimiento y seguridad.
- Se deberán evitar las pérdidas de material durante todo el recorrido.
- La instalación deberá contar con equipos de limpieza que aseguren un mejor funcionamiento.
- Las partes sobresalientes de los elementos móviles deberán ser mínimas para evitar accidentes.
- Se deberán evitar esquinas o ángulos vivos, y se deberán proteger todas aquellas zonas donde haya riesgo de producirse un corte, atrapamiento o cualquier peligro.

Antes de comenzar con el proceso de diseño, se debe estudiar el material a transportar y sus características, ya que debido ellas, se seleccionarán los elementos que constituyen la cinta. La Tabla 5 muestra los parámetros técnicos o características que se requieren para efectuar los cálculos y operaciones necesarias en el diseño de la cinta transportadora.

DENOMINACIÓN	PARÁMETRO	VALOR
-	Material	Grava
t	Tamaño	10 – 150 mm
ρ	Peso específico	1400 – 1600 kg/m ³
α	Ángulo de reposo	30 – 34°
θ	Ángulo de sobrecarga	20°
δ	Ángulo de máxima inclinación	16°
-	Abrasividad	B
-	Corrosividad	A
v	Velocidad de la banda	1.31 m/s

Tabla 5. Parámetros de diseño del material.

6.3. ACCIONES SOBRE LA ESTRUCTURA

6.3.1. ACCIONES PERMANENTES

- **Peso propio:** Es el peso de la propia estructura que sustenta la cinta transportadora. El programa Cype calcula automáticamente esta carga en función de los perfiles descritos en la estructura. Se deben incluir también las cargas producidas por los elementos de la Tabla 6:

ELEMENTO	PESO
Estación superior con rodillos	28.22 kg
Estación inferior con rodillos	14.35 kg
Tambor motriz	485 kg
Tambor de reenvío	350 kg
Tambor desviador	350 kg
Motor	1200 kg
Banda	9.92 kg/m
Contrapeso	3440 kg
Grava	1600 kg/m ³

Tabla 6. Cargas muertas.

6.3.2. ACCIONES VARIABLES

- **Sobrecarga de uso:** Es el peso de todo lo que puede gravitar sobre estructura por su razón de uso. La cinta posee una escalera que da acceso al pasillo paralelo a la cinta para su mantenimiento. Dichos elementos deben soportar una carga concentrada de 3 kN bajo las condiciones más desfavorables, y las barandillas y rodapiés deberán resistir una carga horizontal de 0.3 kN, según indica la norma *UNE 58214. Aparatos móviles de manutención continua para productos a granel. Reglas para el cálculo de estructuras de acero* en su Artículo 3.1.8.
- **Viento:** La carga de viento es obtenida según el Artículo 3.2.1 de la norma UNE 58214. El valor de dicha carga es de 0.4 kN/m².
- **Nieve:** Únicamente será considerada si el cliente estipula valores de carga debidos a las particulares condiciones climáticas. En este Proyecto no se han aportado los datos, por lo que la nieve no es considerada en el cálculo.

6.3.3. ACCIONES ACCIDENTALES

- **Sismo:** La *Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación* (NCSE-02) establece que la estructura objeto de este Proyecto es una construcción de importancia moderada y que por tanto, quedan despreciadas las acciones sísmicas. La estructura cuenta con una probabilidad despreciable de que su destrucción por un terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
- **Incendio:** Se regula mediante el CTE-DB-SI-6. Para esta estructura no se considera esta hipótesis.
- **Impacto:** No se consideran hipótesis de esta naturaleza.

7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

A continuación se indican las alternativas de diseño que se han considerado a lo largo de la presente Memoria, barajando las ventajas e inconvenientes de los sistemas nombrados. Para escoger la solución adecuada al problema de diseño que se presenta en este Proyecto, se van a tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Seguridad:** Este factor determina el nivel de confiabilidad del operario cuando la máquina comienza a operar, ya que la instalación proporciona la tranquilidad de que el trabajo a realizar no conlleva a riesgo de accidentes.
- **Mantenimiento:** La instalación escogida dependerá también del tipo de mantenimiento que necesite, ya que mantenimientos largos pueden llevar a grandes pérdidas de productividad y alto coste de mano de obra.
- **Vida útil:** Este es un factor importante de analizar, ya que, de este depende el régimen de trabajo al cual va a estar sometido el sistema de transporte, su tiempo de duración y el tipo de mantenimiento que se va a aplicar.
- **Facilidad de construcción:** Este factor determina la dificultad que se puede presentar al momento de construir un elemento constitutivo del sistema, ya sea, por su geometría, tipo de material empleado, experiencia por parte del fabricante y tiempo de construcción. Por tanto, se pretende que el sistema elegido cuente con la mayor parte de componentes estándar o normalizados, para abaratar los costes.
- **Facilidad de montaje:** La fase de construcción se encuentra muy ligada a la de montaje, ya que piezas con geometrías complejas conllevan a un montaje más preciso y tedioso. El tiempo de montaje y puesta a punto o calibración deben ser tareas que se desarrollen sin problemas, ya que en esta fase del proceso de fabricación, se ha debido prever cualquier tipo de desajuste desde la fase de diseño.

7.1. TIPOS DE CINTA. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Como se ha descrito en el apartado 3.3.1. *Tipos de cintas*, existen multitud de sistemas capaces de transportar material a granel. Las siguientes tablas muestran las ventajas e inconvenientes que presentan los diferentes tipos de cintas.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil implantación.	Alto mantenimiento
Sirve para material a granel.	Incapaz de resistir impactos de altas cargas.
No hay pérdida de material (puede tener rascadores).	Precio elevado de producción.
Es capaz de transportar cargas pesadas.	
No tiene necesidad de parar.	

Tabla 7. Ventajas e inconvenientes de las cintas con cadenas.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil implantación.	No es común para material a granel.
Se puede utilizar para transporte a granel.	Incapaz de resistir impactos de altas cargas.
No tiene necesidad de parar.	Precio elevado de producción.
Es capaz de transportar cargas pesadas.	Posibilidad de pérdida de material.

Tabla 8. Ventajas e inconvenientes de las cintas con listones.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil implantación.	Necesidad de contenedores para cargar el material
Genera una producción económica.	No sirve para material a granel.
Reducido desgaste, los rodillos facilitan el avance.	Carga discontinua (detener la máquina para cargar).
Soporta piezas o bultos de alto peso.	Pérdida de material ya que no hay rascadores.

Tabla 9. Ventajas e inconvenientes de las cintas con rodillos.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil implantación.	No soporta impacto de grandes cargas.
Buen precio de producción.	No transporta material a granel.
	Carga discontinua (detener la máquina para cargar).

Tabla 10. Ventajas e inconvenientes de las cintas con ruedas.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil implantación.	Alto coste de las bandas.
Se puede utilizar para transporte a granel.	Requiere de un mantenimiento superior debido a la multitud de elementos.
Reducida pérdida de material.	
Buen precio de producción.	

Tabla 11. Ventajas e inconvenientes de las cintas planas.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil manejo.	Pérdida de material por falta de un rascador.
Resistente al impacto de grandes cargas.	Necesidad de parar producción mientras se carga.
Reducido mantenimiento.	
Buen precio de producción.	

Tabla 12. Ventajas e inconvenientes de las cintas de carro sobre rieles.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil manejo.	Costes elevados.
Adecuado sistema para algunos sistemas de producción donde no se puede utilizar otros métodos.	No se utiliza para material a granel.
Reducido mantenimiento.	Muy difícil su implantación en nuestro sistema.
Buen precio de producción.	

Tabla 13. Ventajas e inconvenientes de las cintas aéreas.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Fácil manejo.	Costes elevados.
Adecuado sistema para algunos sistemas de producción, cadenas de montaje por ejemplo.	No se utiliza para material a granel.
	Muy difícil su implantación en nuestro sistema.

Tabla 14. Cinta por cable enterrado.

El tipo de cinta elegido se corresponderá con una cinta plana. La cinta aérea no permite el transporte continuo de material a granel, por lo que queda descartada. Los sistemas por cable enterrado y por rieles no permiten la elevación de la grava hacia su destino, por lo que también se eliminan. La cinta de rodillos, ruedas y listones permitiría el transporte, pero con elevadas pérdidas de material, al no tratarse de bultos de grandes dimensiones. La última opción es la cinta con cadenas, que puede utilizarse en este caso, pero la cinta plana es un sistema más implantado en la industria y más económico.

7.2. TIPOS DE BANDAS

En el apartado 3.3.2.1. *Tipos de bandas* se han descrito varios tipos de dicho elemento. Se selecciona una banda de tipo liso frente a bandas rugosas o nervadas, debido a que la inclinación de la cinta transportadora (16°) no requiere del uso de las mismas. Estas bandas son más costosas por tener una fabricación más compleja que las bandas lisas, pero mejoran el avance del material, impidiendo retrocesos y aumentando las inclinaciones de las bandas, debido a que poseen mayor área de agarre.



Figura 36. Banda lisa y nervada.

Además, la cinta tendrá una anchura de 800 mm y estará formada por varias capas o lonas de poliéster y poliamida (EP), que serán recubiertas en la zona superior e inferior para mejorar sus propiedades, proteger la cubierta y para resistir ante la abrasividad de la grava. Se trata de una banda común que ofrece propiedades estándar para este tipo de materiales a transportar.

Las Tablas 15 y 16 muestran las ventajas e inconvenientes de las uniones grapadas y vulcanizadas:

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Garantizar igual resistencia en el empalme que en la propia banda.	Posibilidad de penetración de la humedad y el polvo en la carcasa, con posibilidad de ataque de productos químicos al quedar las telas al descubierto.
Posibilitar la adaptación en los dos sentidos.	No poder emplearse en cintas para el transporte de personal, por el riesgo de producir heridas en las personas.
Alta resistencia.	
Poseer flexibilidad transversal.	

Tabla 15. Ventajas e inconvenientes de la unión grapada.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Aporta uniformidad a la banda, al no introducir discontinuidades.	No resiste elevadas cargas, por lo que se utiliza en bandas cortas.
No deteriorar las telas de las bandas.	
Facilidad de limpieza.	

Tabla 16. Ventajas e inconvenientes de la unión vulcanizada.

La banda será cerrada mediante una unión grapada. Como se ha descrito en la Tabla 16, las uniones vulcanizadas no soportan elevadas cargas, por lo que se descartan en favor de las uniones grapadas. Dicha unión se adecúa a las características de transporte, ya que la banda tendrá una longitud total aproximada de unos 120 metros y transportará un material con un peso específico medio-alto.

7.3. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

El sistema de transmisión de potencia se caracteriza por proporcionar el movimiento motriz al transportador. Las siguientes tablas muestran las ventajas y desventajas de distintos posibles tipos de transmisión de la potencia:

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Coste relativamente bajo.	Grandes dimensiones exteriores.
Diseño sencillo.	Vida útil de la correa relativamente baja.
Funcionamiento suave, sin choques y silencioso.	Posibilidad de pérdida de material.
Posibilidad de actuar como un fusible mecánico, debido a que presenta una carga límite de transmisión, que si es superado, produce resbalamiento entre la correa y la polea.	Grandes cargas sobre los árboles y apoyos, y por consiguiente considerables pérdidas de potencia por fricción.
Posibilidad de unir el árbol conductor al conducido a distancias relativamente grandes.	

Tabla 17. Ventajas e inconvenientes de la transmisión por poleas y correas.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Ocupan espacios más reducidos.	Son más costosos. Pueden estar tratados térmicamente para aumentar la resistencia de las superficies en contacto, para que tengan una mayor vida útil, pero encarece su coste.
No hay posibilidad de deslizamiento.	La transmisión se produce con más ruido, debido al impacto, sobre todo, de los engranajes con dientes rectos.
Elevado rendimiento, tienen una mayor capacidad de transmisión de potencia.	
Bajo mantenimiento, únicamente requiere una buena lubricación.	

Tabla 18. Ventajas e inconvenientes de la transmisión por engranajes.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Transmite potencia entre ejes separados hasta 5 m.	Coste relativamente elevado de sus componentes.
Alta eficiencia, llegando hasta el 95 %.	Irregularidad, oscilaciones o choques durante el funcionamiento.
No existe tensión previa, por lo que la carga en los árboles es menor que en el caso de sistemas de transmisión por correas.	Necesidad de mantenimiento periódico. Se requieren prácticas de mantenimiento minuciosas y procesos de lubricación.
Larga duración debido a que el desgaste se ve reducido a través de la distribución de la carga sobre el número de dientes de las ruedas.	
Permite la transmisión de mayor potencia si se emplean múltiples hileras de cadenas.	
Se puede transmitir rotación a varios árboles o ejes con una misma cadena.	

Tabla 19. Ventajas e inconvenientes de la transmisión por cadena.

La transmisión por cadena podría utilizarse para este caso, ya que es capaz de transmitir altas potencias con una eficiencia elevada. El sistema por poleas se utiliza en transmisiones de menor potencia, ya que se ven limitadas por el deslizamiento de las bandas o correas sobre las poleas. Sería necesario utilizar

correas especiales en forma de V, trapezoidales o dentadas para aumentar el área de contacto entre la polea y la correa, y así aumentar la capacidad de transmisión.

Sin embargo, se utilizará la transmisión por engranajes. Con ella se obtiene una reducción más precisa en un reducido volumen, y es capaz de transmitir altas potencias, necesarias en este diseño. Se dispondrá un motor eléctrico acoplado a un reductor ortogonal de engranajes helicoidales (motorreductor) para que el tambor motriz se mueva según los parámetros diseñados.



Figura 37. Motorreductor.

Se descarta la opción de disponer un mototambor como componente motriz principal. Su coste es elevado y pueden suponer un problema en caso de avería, ya que si falla cualquier elemento, no se puede sustituir únicamente una pieza, sino que es necesario cambiar el mototambor íntegro, lo que supone un alto coste de mantenimiento. Además, el tambor debería ser de gran tamaño para poder albergar los trenes de engranajes necesarios para suministrar grandes potencias.

8. RESULTADOS FINALES

8.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS. LONGITUDES

Para el cálculo y diseño de la banda transportadora es necesario definir la trayectoria del recorrido de la cinta desde el lugar de alimentación hasta el punto de descarga del mismo. Para ello se deben definir los siguientes parámetros:

- **Altura (H):** Diferencia de elevaciones entre los puntos de carga del material sobre la banda y de descarga. Esta longitud es requerida para calcular la tensión necesaria para bajar o levantar dicha carga. Para una banda transportadora con varios tramos de elevación se debe especificar la altura correspondiente a cada tramo a lo largo de la trayectoria de la banda, siendo este valor negativo en el caso de que el recorrido sea descendente. El valor de este parámetro es 14.63 m.
- **Longitud de los tramos inclinados (L_i):** La longitud de los tramos inclinados es la distancia en metros de todos los tramos inclinados de la banda medida a lo largo de la trayectoria de la misma, banda y se calcula de la siguiente manera:

$$L_i = \sqrt{H^2 + L_p^2} \quad (1)$$

Donde:

H: Altura entre ejes tambores (m)

L_p: Proyección horizontal de los tramos inclinados (m). Su valor es 51.02 m.

De la ecuación 1 se obtiene que L_i = 53.08 m.

- **Proyección horizontal de la longitud total de la banda (L):** Es la distancia en metros medida a lo largo de la cinta entre los centros del tambor de reenvío y motriz en su proyección horizontal. Se define como el sumatorio de todos los tramos horizontales más el sumatorio de la proyección horizontal de todos los tramos inclinados. El valor de este parámetro es 59.52 m.

$$L = \sum L_h + \sum L_p \quad (2)$$

Donde:

L_h: Longitud de los tramos horizontales (m), cuyo valor es 8.5 m.

L_p: Proyección horizontal de los tramos inclinados (m)

- **Longitud total de la trayectoria de la banda (L_T):** La longitud total de la trayectoria de la banda es la distancia total de la banda transportadora desde el punto de alimentación hasta el punto de descarga medida a lo largo de la trayectoria de la banda. Se puede calcular mediante la ecuación 3, obteniendo un valor de 61.58 m:

$$L_T = \sum L_h + L_i \quad (3)$$

Donde:

L_h: Longitud de los tramos horizontales (m)

L_i: Longitud de los tramos inclinados (m)

- **Radio convexo (R_e):** El radio de curvatura convexo es aquel formado entre el tramo horizontal y el tramo inclinado de la banda. Es importante calcular una serie de parámetros para determinar el radio de la curva, la posición de los rodillos y el número necesario de los mismos. Las siguientes ecuaciones determinan su valor:

$$R_e = x s \sin \lambda \quad (4)$$

Donde:

x: Factor de carcasa. Se obtiene un valor de 125 de la Tabla 20.

s: Porción de la cinta en contacto con los rodillos inclinados (m)

λ : Ángulo de artesa, cuyo valor es 30° .

FACTOR DE CARCASA x	
Bandas textiles	125
Bandas con refuerzo de cable de acero	400

Tabla 20. Factor de carcasa.

El valor de s se obtiene de la ecuación 5, de la que se obtiene que $s = 0.243$ m:

$$s = 0.5 (B - l_3) \quad (5)$$

Donde:

B: Ancho de banda (m). Según los requisitos del cliente, 800 mm.

l_3 : Longitud de los rodillos superiores (m). Su valor es 315 mm.

De la ecuación 4 se obtiene un radio de curvatura de 15.156 m.

- **Longitud de la curva convexa (L_{R_e}):** Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L_{R_e} = \frac{R_e \pi \delta}{180} \quad (6)$$

Donde:

R_e : Radio convexo (m)

δ : Ángulo de inclinación máxima de la cinta, 16° .

Obteniendo un valor de longitud de 4.232 m.

- **Número de rodillos (Z):** El número de rodillos que habrá en la curva será 8. Este número se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{\delta}{\alpha_d} \quad (7)$$

Donde:

δ : Ángulo de inclinación máxima de la cinta ($^\circ$)

α_d : Ángulo de desvío ($^\circ$). Se obtiene un valor de 2° de la Tabla 21, ya que $\lambda = 30^\circ$.

ÁNGULO DE DESVÍO ($^\circ$)	
ÁNGULO DE ARTESA ($^\circ$)	ÁNGULO DE DESVÍO ($^\circ$)
20	3
30	2

Tabla 21. Valores del ángulo de desvío.

- **Distancia entre rodillos (a_i):** Se calcula dividiendo la longitud de la curva entre el número de rodillos:

$$a_i = \frac{L_{Re}}{Z} \quad (8)$$

Donde:

L_{Re} : Longitud de la curva convexa (m)

Z: Número de rodillos en la curva convexa.

Así se obtiene que las estaciones de rodillos deben estar separadas 0.53 m en la curva convexa.

8.2. ANCHO Y VELOCIDAD DE BANDA

Conocidas las características del material, el primer paso será determinar el ancho de la banda. La banda debe ser lo suficientemente ancha para evitar caídas del material.

Para una misma capacidad de carga a transportar, un material de granulometría reducida requerirá una banda más estrecha que otro que esté constituido por granos de mayor tamaño. Por ello, el tamaño influye en la anchura de la banda. En el caso de un material con granulometría elevada, la guía de carga debe ser lo suficientemente ancha para permitir el paso de cualquier combinación de granos gruesos y finos, lo que restringe el ancho de la banda a un mínimo, independientemente de la capacidad requerida.

Por lo tanto, para decidir un valor orientativo del ancho mínimo de banda se debe considerar el tipo de material y el tamaño de grano del mismo. En este caso, la anchura de la banda es un requisito expuesto por el cliente, que solicita una anchura de 800 mm.

Una vez establecido el ancho de banda, se verificará la siguiente relación, en la que el ancho de banda no debe ser menor de tres veces la dimensión más grande del mayor grano de material a transportar:

$$B \geq 3 \cdot t_{max} \quad (9)$$

Se verifica el cumplimiento de la anterior expresión:

$$\left. \begin{array}{l} B = 800 \text{ mm} \\ t_{max} = 150 \text{ mm} \end{array} \right\} \rightarrow 800 \geq 3 \cdot 150 \rightarrow 800 \geq 450 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

En cuanto a la velocidad, se debe intentar seleccionar una velocidad de banda de forma que la cinta se encuentre lo más ocupada posible, produciendo de esta forma un mejor patrón de desgaste del recubrimiento de la banda y que los anchos de banda sean más pequeños y por ello más económicos. Sin embargo, a veces es necesario llegar a un compromiso en favor de la tensión de la banda. Esto se logra incrementando la velocidad de la banda, lo cual reduce la sección transversal de la carga y en consecuencia se reduce la tensión, permitiendo una banda menos cargada, y generando estructuras más ligeras, y por tanto, más económicas.

Para determinar la velocidad de la banda transportadora, es necesario tener en cuenta las características físicas del material. Estas son:

- **Tamaño:** Cuanto mayor es el tamaño del material, más pesados son, y su impacto con la banda debilitará el tejido de la misma.
- **Inclinación de la banda en el punto de carga:** Cuanto mayor es la inclinación mayor es el tiempo de turbulencia del material antes de que se asiente en la banda. Este fenómeno es un factor que limita la velocidad máxima de funcionamiento del transportador, ya que produce el desgaste prematuro del recubrimiento.
- **Fluidez:** En la mayoría de los casos los materiales que son fluidos son polvorientos, por lo que no es recomendable utilizar altas velocidades.
- **Potencia requerida:** Con una carga másica constante, la potencia requerida disminuye a medida que la velocidad decrece. Esto se debe a que la potencia para hacer funcionar la banda varía con la velocidad.

- **Abrasividad:** Los materiales abrasivos suelen tener sus aristas afiladas, por ello es aconsejable no utilizar una velocidad elevada con estos materiales, pues pueden provocar cortes en la banda durante las transferencias.

Según la norma DIN 22101, la velocidad máxima de la banda teniendo en cuenta el tamaño del material y el ancho de banda es de 2.62 m/s. Esta velocidad no deberá ser superada, ya que se pueden producir pérdidas de material o fallos en el funcionamiento de los elementos mecánicos.

Sin embargo, la velocidad escogida para el buen funcionamiento de la cinta es de 1.31 m/s. Velocidades elevadas aumentan proporcionalmente la potencia necesaria, incrementando la potencia del motor y por lo tanto, su coste.

8.3. CAPACIDAD DE TRANSPORTE

8.3.1. DEFINICIONES

A continuación, se definen varios términos necesarios para la comprensión de este apartado:

- **Capacidad requerida:** Expresada en kilogramos por hora (kg/h), es el valor de carga de proceso de acuerdo con las condiciones del usuario. Este valor será utilizado para calcular las tensiones en la banda y la potencia requerida por el motor.
- **Capacidad máxima de transporte:** Esta capacidad dependerá del ancho de banda que se seleccione y de su velocidad, del ángulo de inclinación de los rodillos transportadores y de la densidad del material transportado. La capacidad máxima calculada deberá ser mayor que la capacidad requerida para que la banda opere sin problemas.
- **Capacidad volumétrica:** Es expresada en m^3/s . Está determinada por el área de la sección transversal de la carga que puede situarse en la banda y su densidad.

En el cálculo de la capacidad real de la banda deben tenerse en cuenta varios criterios:

- La forma y ubicación del encauzador y la tolva de alimentación debe ser correctamente diseñada para permitir que éste ocupe el mayor espacio posible en el ancho de la banda, y que el punto de carga del material se ubique en el centro de la misma.
- El espaciamiento de los rodillos superiores debe ser apropiado de acuerdo a la tensión de la banda para minimizar la vibración de la misma. Esto evitará un posible derrame del material.

Teniendo en cuenta los comentarios anteriores, a continuación se detallan las operaciones necesarias para calcular los parámetros de la banda transportadora.

8.3.2. ÁREA DE TRANSPORTE

En primer lugar, para obtener el valor de la capacidad de carga, es necesario determinar el área de la sección transversal del material. Esta área dependerá de factores como:

- La forma de descarga de la tolva.
- El tamaño de grano máximo del material ($t_{m\acute{a}x}$).
- El ángulo de reposo (α).
- La velocidad de la banda (v).
- De la anchura útil b de la banda, que a su vez depende de la anchura real B .
- El ángulo de artesa, es decir, la disposición de los rodillos.
- La longitud de los rodillos.

El ángulo de artesa (λ), depende principalmente de la flexibilidad de la banda empleada. Si se transporta un material de tamaño mayor, el ángulo de artesa deberá aumentar su valor para impedir un posible vertido del material.

Según la configuración de los rodillos, la sección transversal será diferente. La norma UNE 58204 en su apartado 6 contempla el cálculo del área para las siguientes configuraciones:

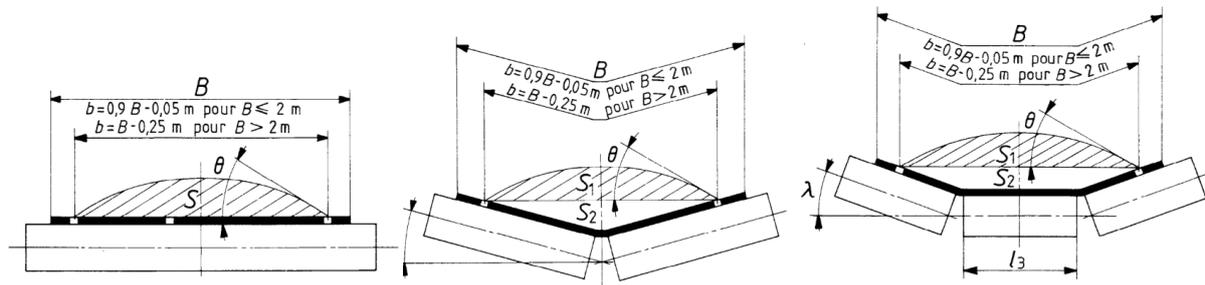


Figura 38. Rodillo plano, en V y en artesa.

La anchura de banda ocupada por el material b , se calcula a través de las siguientes ecuaciones y en función de la anchura B :

- Para $B \leq 2$ m:

$$b = 0.9 B - 0.05 \quad (10)$$

- Para $B > 2$ m:

$$b = B - 0.25 \quad (11)$$

Donde B es la anchura de la banda en m. En este caso, como $B \leq 2$ m, el valor de $b = 0.67$ m.

Para las configuraciones descritas en la Figura 38, la sección total del material sobre la cinta S se puede determinar utilizando el ángulo θ y haciendo la suma de las secciones S_1 (superior) y S_2 (inferior), con ayuda de las ecuaciones 12, 13 y 14:

$$S_1 = (l_3 + (b - l_3) \cdot \cos \lambda)^2 \cdot \frac{\tan \theta}{6} \quad (12)$$

$$S_2 = \left(l_3 + \frac{(b - l_3)}{2} \cdot \cos \lambda \right) \left(\frac{(b - l_3)}{2} \cdot \sin \lambda \right) \quad (13)$$

$$S = S_1 + S_2 \quad (14)$$

Donde:

S_1 : Sección transversal del material, zona superior (m)

S_2 : Sección transversal del material, zona inferior (m)

S : Sección transversal total del material sobre la banda (m)

b : Anchura de banda ocupada por el material (m)

l_3 : Longitud de los rodillos superiores (m)

λ : Ángulo de artesa ($^\circ$)

θ : Ángulo de sobrecarga ($^\circ$). Tabla 31, en Anexos. Este ángulo toma un valor de 20° .

Los valores obtenidos son los siguientes:

$$S_1 = 0.023 \text{ m}^2$$

$$S_2 = 0.0415 \text{ m}^2$$

$$S = 0.065 \text{ m}^2$$

8.3.3. CAPACIDAD A TRANSPORTAR

La capacidad de transporte viene definida por el área transversal que puede ocupar el material en la cinta sin que se derrame material cuando esté en funcionamiento. Así, la capacidad volumétrica de transporte I_v , se calcula según el apartado 6 de la norma UNE 58204:

$$I_v = S v k \quad (15)$$

Donde:

I_v : Caudal volumétrico transportado (m^3/s)

v : Velocidad de la banda (m/s). Ver apartado 1.2. *Parámetros de la banda* en Anexos.

k : Factor de inclinación.

Así, la cinta transporta un caudal volumétrico de $0.072 m^3/s$.

- FACTOR DE INCLINACIÓN (k)**

Para calcular de forma más aproximada el caudal volumétrico, se debe tener en cuenta una reducción de la sección del material transportado por la banda en el caso de la alimentación en una zona de transporte inclinado. Según la norma UNE 58204, el factor de inclinación se calcula a través de la ecuación 16:

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} \cdot (1 - k_1) \quad (16)$$

Donde:

S_1 : Sección transversal del material, zona superior (m)

S : Sección transversal total del material sobre la banda (m)

k_1 : Factor de inclinación ideal.

El factor de inclinación se determina teniendo en cuenta la reducción de la sección S_1 . Cuando se consideren instalaciones transportadoras de materiales de granulometría media y no muy dispersa, con un funcionamiento ideal, k_1 se puede calcular:

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \theta}{1 - \cos^2 \theta}} \quad (17)$$

Otra forma de determinar este factor según la norma DIN 22101 se encuentra en la Tabla 22:

δ (°)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
k	1	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.85	0.81

Tabla 22. Valores del factor de inclinación.

El factor de inclinación también puede determinarse con la Figura 39. En la gráfica se observa que a medida que la inclinación decrece, el factor k aumenta. Los valores de k y k_1 son:

$$k_1 = 0.592$$

$$k = 0.853$$

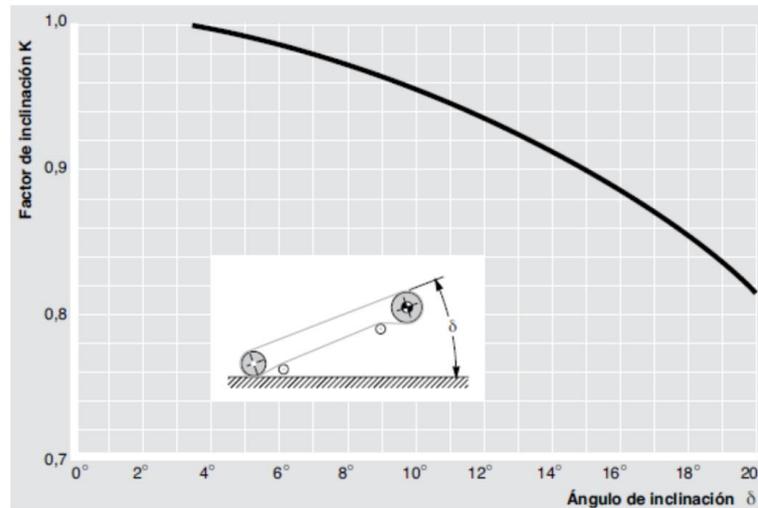


Figura 39. Factor de inclinación k.

Para calcular el caudal másico transportado, hay que multiplicar el caudal volumétrico calculado anteriormente por el peso específico del material, como muestra la ecuación 18:

$$I_m = I_v \rho \quad (18)$$

Donde:

I_m : Caudal másico transportado (kg/s)

I_v : Caudal volumétrico transportado (m^3/s)

ρ : Peso específico (kg/m^3). Ver Tabla 30 en el apartado 1.1. *Material a transportar*, en Anexos. Dicho valor es de $1400 kg/m^3$.

Así, el caudal másico que transporta la banda es de 101.811 kg por segundo.

8.4. DIÁMETRO DE RODILLOS Y TAMBORES. SEPARACIÓN DE ESTACIONES

La selección de los rodillos es importante ya que influyen en la capacidad de transporte. Su diámetro y longitud determinan gran parte del funcionamiento de la cinta. Muchos fabricantes facilitan información sobre el tipo de rodillo a utilizar en función del tipo de instalación. En este caso, se ha utilizado el catálogo de rodillos, estaciones y tambores Rochman. En él, el fabricante recomienda diferentes diámetros de rodillos para un mismo ancho de banda, y en nuestro caso, para una anchura de 800 mm, se pueden escoger rodillos de diámetro 89, 108 y 133 mm. Se escoge el valor de 89 mm debido a que su coste será inferior a las demás posibilidades.



Figura 40. Variedad de rodillos.

También, según la anchura de la banda, el catálogo indica el diámetro que deben tener los tambores, obteniendo un diámetro de 630 mm para el tambor motriz, de 500 para el tambor de reenvío y de 400 mm para los tambores desviadores.

Normalmente, las estaciones de rodillos se encuentran equidistantes a lo largo del recorrido de la cinta. Entre dos estaciones superiores consecutivas, la distancia debe ser tal que la flecha de flexión de la banda no tiene que superar el 2% del paso. Una flecha de flexión mayor genera salidas de material y excesivos rozamientos debidos a las deformaciones de la carga transportada. Esto genera mayor consumo de potencia y esfuerzos anómalos de los rodillos, así como un desgaste prematuro del recubrimiento de la banda.

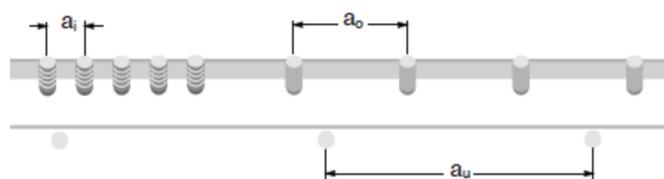


Figura 41. Paso entre estaciones.

Así, se elige una distancia entre rodillos de 1.35 m entre las estaciones de ida y 3 m entre las estaciones de retorno. Estos valores han sido escogidos en función del ancho de banda y del peso específico, teniendo en cuenta los límites de flecha, de la Tabla 38 en el apartado 1.3. *Separación de las estaciones de los rodillos*, en el Anexo a la presente Memoria.

- **LONGITUD DE TRANSICIÓN**

La longitud de transición es el espacio en el que la banda pasa de forma plana al salir del tambor, a la disposición en artesa. Es decir, es la distancia entre el eje del tambor y la primera

estación de rodillos. En este tramo, los bordes de la banda sufren un alargamiento adicional que afecta a las partes centrales de la misma.

En las zonas de transición correspondientes al tambor motriz, las tensiones en los bordes pueden exceder las toleradas, produciendo un alargamiento permanente que puede afectar a su funcionamiento y la aparición de grietas que den origen a roturas. Por el contrario, en la zona de transición del tambor de reenvío, al ser las tensiones más pequeñas, no existe un alargamiento excesivo, pero la diferencia de tensiones puede originar bucles en el centro de la banda.

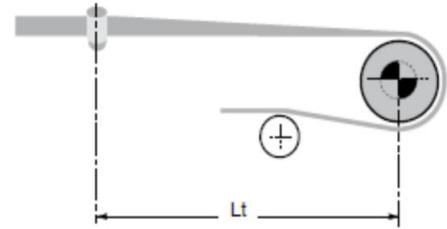


Figura 42. Distancia de transición.

Es por ello necesario el cálculo de las distancias a las que se debe ajustar los rodillos principales respecto al tambor motriz para evitar problemas. Normalmente, la transición es gradual y se disponen estaciones de menor a mayor ángulo de artesa a medida que se alejan del tambor, con el fin de suavizar las tensiones.

Esta distancia se calcula a través de:

$$L_t = x' s \sin \lambda \quad (19)$$

Donde:

L_t : Longitud de transición (m)

x' : Factor de carcasa. Se obtiene de la Tabla 23, $x = 8$.

s : Porción de la cinta en contacto con los rodillos inclinados (m).

λ : Ángulo de artesa ($^\circ$)

FACTOR DE CARCASA x'	
Bandas textiles	8
Bandas con refuerzo de cable de acero	16

Tabla 23. Factor de carcasa.

Como ya se ha mostrado en la ecuación 5, el valor de s es:

$$s = 0.5 (B - l_3) \quad (20)$$

Donde:

B : Ancho de banda (m)

l_3 : Longitud de los rodillos superiores (m)

La distancia entre el tambor de reenvío y la primera estación de rodillos es según la ecuación 19, de 0.97 m.

8.5. SELECCIÓN DE LA BANDA

Como ya se ha descrito en el apartado 3.3.2. *Banda transportadora*, la banda es el elemento fundamental en este tipo de instalaciones. La banda debe adaptarse al material que transporta y debe ofrecer una buena resistencia para soportar los esfuerzos a tracción, así como resistir a las condiciones ambientales en las que trabajará.

En primer lugar, se seleccionará el espesor y el tipo de recubrimiento de la carcasa, y posteriormente se calculará el número de capas que son necesarias para constituir la carcasa.

• CÁLCULO DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

La Tabla 36, situada en el *apartado 1.2* de Anexos, recoge los valores que debe tener el espesor del recubrimiento superior para resistir el ataque abrasivo del material. Por ello, los valores se encuentran en función del tiempo que tarda el material en recorrer la cinta, de su tamaño y del grado de abrasividad. Cuanto mayor sea el nivel abrasivo y mayor sea el tiempo de recorrido, mayor sufrirá la banda, y por tanto, mayor deberá ser el espesor del recubrimiento. El tiempo de recorrido se calcula a través de la ecuación 21, obteniendo un valor de 47 s:

$$t_R = \frac{L_T}{v} \quad (21)$$

Donde:

- t_R : Tiempo de recorrido del material (s)
- L_T : Longitud total de la trayectoria de la banda (m)
- v : Velocidad de la banda (m/s)

• TIPO DEL RECUBRIMIENTO

Una vez conocido el espesor, se elige el tipo de recubrimiento, según las características que se necesiten. No se necesita ningún recubrimiento en especial, por lo que se escogerá el recubrimiento estándar tipo Y.

• NÚMERO DE CAPAS DE LA CARCASA

La carcasa puede estar formada de numerosas lonas o capas de tejido, con el fin de dar mayor resistencia a la banda. La ecuación 22 muestra el número mínimo de capas que debe tener la carcasa para poder soportar la máxima tensión a la que está sometida. El número mínimo de capas que puede tener una banda son 3.

$$z = \frac{\sigma_1 T_{m\acute{a}x}}{B N} \quad (22)$$

Donde:

- z : Número de capas de la carcasa de la banda
- σ_1 : Coeficiente de seguridad para bandas de carcasa textil. Tabla 24, $\sigma_1 = 11$.
- $T_{m\acute{a}x}$: Tensión máxima calculada que soporta la banda (N)
- B : Ancho de banda (m)
- N : Carga teórica de rotura de la banda (N/m). Se elige un valor de 630 N/mm.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD PARA BANDAS DE CARCASA TEXTIL (DIN 22101)			
z	De 3 a 5	De 6 a 9	Más de 9
σ_1	11	12	13

Tabla 24. Coeficientes de seguridad.

También, es necesario elegir el tipo de tejido que constituirá la banda. Se elige de poliéster y poliamida, por ser uno de los más comerciales.

- **SELECCIÓN DE LA BANDA**

Finalmente, la banda escogida es 800 EP 630/3 4+2 Y, seleccionada en el catálogo Refort Belt. Los datos técnicos de la banda se encuentran en el capítulo Anexos. Estos datos permitirán realizar los cálculos de las resistencias que se oponen al movimiento con mayor exactitud, y también servirán para el cálculo de la estructura soportante.

- **RESISTENCIA MÍNIMA A TRACCIÓN**

Las resistencias de las bandas, al igual que los anchos, se encuentran normalizadas para simplificar la variedad que se puede generar. La banda debe ser capaz de resistir los esfuerzos a tracción, por lo que es necesario hacer una comprobación de que lo va a cumplir. Para ello, se establece un valor de resistencia normalizado N , y posteriormente, cuando se haya realizado el cálculo de las tensiones, se comprobará si dicho valor cumple con los esfuerzos que se producen. El valor calculado N' debe ser inferior al valor escogido, y si no se cumple esta condición, se seleccionará un valor superior.

$$N' = \frac{\sigma T_{max}}{B} \quad (23)$$

$$N > N' \quad (24)$$

Donde:

N' : Carga de rotura de la banda (N/m)

N : Carga teórica de rotura de la banda (N/m)

σ : Coeficiente de seguridad. Se obtiene de la Tabla 25, $\sigma = 10$.

T_{max} : Tensión máxima calculada que soporta la banda (N). Se obtiene de la ecuación 53. Su valor se corresponde con la tensión en el lado tenso durante el arranque, siendo éste de 38855.05 N.

B : Ancho de la banda (m)

COEFICIENTE DE SEGURIDAD (σ)	
Para bandas con cable de acero	8
Para el resto de bandas	10

Tabla 25. Coeficiente de seguridad.

De la ecuación 23 se obtiene que:

$$N' = 485.7 \text{ N/mm} < 600 \text{ N/mm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

8.6. RESISTENCIAS AL MOVIMIENTO DE LA CINTA

El movimiento de la banda debe superar una serie de resistencias para su correcto funcionamiento. Estas resistencias son principalmente los rozamientos y la gravedad para acelerar el material en la zona inclinada del trazado. Para calcularlas, se ha utilizado el apartado 4 de la norma UNE 58204, *Resistencia al movimiento de las cintas transportadoras*.

• PESOS A TENER EN CUENTA

En las siguientes expresiones, se van a tener en cuenta los pesos de los elementos que se encargan de transportar el material, al igual que el peso del material transportado. Las siguientes ecuaciones expresan el modo de calcularlas o de obtenerlas:

- **Masa de los rodillos por unidad de longitud:** Las ecuaciones 25 y 26 muestran el cálculo del peso de los rodillos superiores e inferiores por metro lineal del recorrido de la banda, los cuales adquieren un valor de 7.862 y 3.253 kg/m, respectivamente:

$$q_{R_o} = \frac{m_{R_o}}{a_o} \quad (25)$$

$$q_{R_u} = \frac{m_{R_u}}{a_u} \quad (26)$$

Donde:

q_{R_o} : Masa de los rodillos superiores por unidad de longitud (kg/m)

m_{R_o} : Masa de los rodillos superiores (kg). Del catálogo se obtiene 10.614 kg.

a_o : Distancia entre trenes de rodillos ramal superior (m)

q_{R_u} : Masa de los rodillos inferiores por unidad de longitud (kg/m)

m_{R_u} : Masa de los rodillos inferiores (kg). Del catálogo se obtiene 9.76 kg.

a_u : Distancia entre trenes de rodillos ramal inferior (kg)

- **Masa de la banda por unidad de longitud (q_B):** Se trata del peso de la carcasa y el recubrimiento de la banda por metro lineal de recorrido. Este valor es obtenido del catálogo donde se ha seleccionado la cinta, con un valor de 9.92 kg/m.
- **Masa de material por unidad de longitud (q_G):** Se corresponde con el peso del material que transporta la cinta por metro lineal.

$$q_G = \frac{I_m}{v} \quad (27)$$

Donde:

q_G : Masa de la carga a transportar por unidad de longitud (kg/m)

I_m : Caudal másico transportado (kg/s)

v : Velocidad de la banda (m/s)

De la ecuación 27 se obtiene un valor de 77.183 kg/m.

8.6.1. RESISTENCIAS PRINCIPALES (F_H)

Las resistencias principales son las siguientes:

- Resistencia al giro de los rodillos portadores del ramal cargado y del ramal de retorno, debido al rozamiento en los rodamientos y juntas de los rodillos.
- Resistencia al avance de la banda debida a la rodadura de la misma sobre los rodillos y de las flexiones alternativas de la banda y el material.

Aplicando la ley de rozamiento de Coulomb, la resistencia principal total es igual al producto del coeficiente ficticio de rozamiento f , por la longitud de transporte L_T y por la suma de las fuerzas verticales por metro lineal resultante de todas las fuerzas en movimiento. La fuerza calculada es de 1267.33 N:

$$F_H = f L_T g (q_{R_o} + q_{R_u} + (2 q_B + q_G) \cdot \cos \delta) \quad (28)$$

Donde:

F_H : Resistencias principales (N)

f : Coeficiente ficticio de rozamiento. Se obtiene de la Tabla 26 y su valor es de 0.02.

L_T : Longitud total de la trayectoria de la banda (m)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

q_{R_o} : Masa de los rodillos superiores por unidad de longitud (kg/m)

q_{R_u} : Masa de los rodillos inferiores por unidad de longitud (kg/m)

q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m)

q_G : Masa de la carga a transportar por unidad de longitud (kg/m)

δ : Ángulo de inclinación máxima de la cinta ($^\circ$)

• COEFICIENTE FICTICIO DE ROZAMIENTO (f)

Las resistencias principales se deben básicamente a la fricción generada por el avance y el peso de la banda con los rodillos. El coeficiente ficticio de rozamiento pretende aproximar el valor de la fricción, y varía en función del tipo de rodillos empleados, la estructura de la banda y el mantenimiento del sistema. El valor estándar de este coeficiente es de 0.02, pero puede incrementarse según las siguientes condiciones:

- Alta fricción interna del material.
- Utilización de rodillos superiores de longitud menor a 108 mm.
- Velocidad de la banda es mayor a 5 m/s.
- Temperatura de operación es menor a 20°C.
- Tensiones en la banda son bajas.

La Tabla 26 recoge los valores recomendados de f en función de las condiciones de operación, mantenimiento y estanqueidad.

COEFICIENTE FICTICIO DE ROZAMIENTO	
CONDICIONES DE OPERACIÓN	f
Bandas transportadoras descendentes que requieren frenado mediante motor.	0.12
Condiciones favorables con buenas bandas transportadoras con rodillos de marcha suave y pequeña fricción en el material.	0.017
Condiciones con ambiente normal de trabajo.	0.02
Condiciones de marcha desfavorables con ambientes polvorientos y sobrecargas periódicas.	0.023 – 0.03

Tabla 26. Coeficiente ficticio de rozamiento.

8.6.2. RESISTENCIAS SECUNDARIAS (F_N)

Las resistencias secundarias pueden calcularse como suma de:

$$F_N = F_{bA} + F_t + F_1 \quad (29)$$

Las resistencias que componen las resistencias secundarias son:

- Resistencias de inercia y rozamiento sobre el punto de carga en la zona de aceleración entre material transportado y banda (F_{bA}). De la ecuación 30 se obtiene un valor de 113.01 N.

$$F_{bA} = I_m (v - v_0) \quad (30)$$

Donde:

I_m : Caudal másico transportado (kg/s)

v : Velocidad de la banda (m/s)

v_0 : Componente de la velocidad de alimentación del material en el sentido de transporte (m/s). Se escoge un valor de 0.2 m/s.

- Resistencia debido al rozamiento entre el material transportado y las paredes laterales de las canales de alimentación en la zona de aceleración (F_t).

$$F_t = \frac{\mu_2 \cdot I_m \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v - v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2} \quad (31)$$

Donde:

μ_2 : Coeficiente de rozamiento entre el material transportado y la guía. Tiene un valor de 0.5.

I_m : Caudal másico transportado (kg/s)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

l_b : Longitud de aceleración (m). En el diseño, se elige un valor de 5 m.

v : Velocidad de la banda (m/s)

v_0 : Componente de la velocidad de alimentación del material en el sentido de transporte (m/s)

b_1 : Anchura de la banda entre guías (m). Este parámetro es de 1.16 m

- Resistencia de enrollamiento de la banda en su paso sobre los tambores (F_1). De la ecuación 32 se obtiene un valor de 66.92 N.

$$F_1 = \frac{9 B d}{D} \cdot \left(140 + 0.01 \cdot \frac{F}{B}\right) \quad (32)$$

Donde:

B : Ancho de banda (m)

d : Espesor total de la banda (m). Se obtiene del catálogo, siendo 9.3 mm.

D : Diámetro del tambor motriz (m). Obtenido de la Tabla 39 un valor de 630 mm.

F : Tensión media en la banda (N). Se calcula a través de la ecuación 33, obteniendo un valor de 39171.52 N.

$$F = \frac{a_o g (q_B + q_G)}{\frac{8 q}{a_o}} \quad (33)$$

Donde:

- a_0 : Distancia entre trenes de rodillos ramal superior (m)
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)
- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m)
- q_G : Masa de la carga a transportar por unidad de longitud (kg/m)
- q : Flecha entre estaciones de rodillos (m). Decisión de diseño, cuyo valor es de 5 mm.

- Resistencia de los cojinetes de todos los tambores excepción hecho del/los tambor/es de accionamiento.

8.6.3. RESISTENCIAS ESPECIALES (F_S)

- **RESISTENCIAS PRINCIPALES ESPECIALES (F_{St})**

Las resistencias principales especiales son las siguientes:

- Resistencia de convergencia debida a la posición oblicua o inclinada de los rodillos portantes en el sentido de la marcha de la cinta (F_E). De la ecuación 34 se obtiene un valor de 425.9 N. Esta disposición influye en el centrado de la banda, y que consiste en adelantar los frentes exteriores de los rodillos laterales respecto del central, con lo cual se logra la inclinación de los ejes de los mismos.

$$F_E = C_E \mu_0 L_E (q_B + q_G) g \cos \delta \sin \epsilon \quad (34)$$

Donde:

- C_E : Factor de artesa. Tabla 27, como $\lambda = 30^\circ$, $C_E = 0.4$.
- μ_0 : Coeficiente de rozamiento entre la banda y los rodillos portantes. Valor de 0.3.
- L_E : Longitud de la instalación con rodillos portantes convergentes (m)
- q_B : Masa de la banda por unidad de longitud (kg/m)
- q_G : Masa de la carga a transportar por unidad de longitud (kg/m)
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)
- δ : Ángulo de inclinación máxima de la cinta ($^\circ$)
- ϵ : Ángulo de convergencia ($^\circ$). Valor de diseño de 4° .

FACTOR DE ARTESA	
ÁNGULO DE ARTESA	C_E
30	0.4
45	0.5

Tabla 27. Factor de artesa.

- Resistencia debida al rozamiento contra los faldones de las canaletas de alimentación, o contra las guías longitudinales, cuando éstas actúan sobre la totalidad de la longitud de la banda (F_{gL}). Esta resistencia adquiere un valor de 78.63 N.

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 I_v^2 \rho g l}{v^2 \cdot b_1^2} \quad (35)$$

Donde:

- μ_2 : Coeficiente de rozamiento entre el material transportado y la guía.

- l_v : Caudal volumétrico transportado (m^3/s)
- ρ : Peso específico (kg/m^3)
- g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)
- l : Longitud de transporte entre guías (m). Según diseño, valor de 5 m.
- v : Velocidad de la banda (m/s)
- b_1 : Anchura de la banda entre guías (m)

• RESISTENCIAS SECUNDARIAS ESPECIALES (F_{S2})

Son las siguientes:

- Resistencia debida al rozamiento de lo de los dispositivos de limpieza de tambores y banda (F_r). De la ecuación 36, la resistencia toma un valor de 180 N.

$$F_r = A p \mu_3 \quad (36)$$

Donde:

- A: Superficie de contacto entre banda y limpiador de banda (m^2). Se obtiene un valor de $0.01 m^2$.
- p: Presión entre el rascador y la banda (N/m^2). Valor de $3 \cdot 10^4 N/m^2$.
- μ_3 : Coeficiente de rozamiento entre el rascador y la banda. Valor de 0.6.

- Resistencia debida al rozamiento contra los faldones de canaletas o contra las guías cuando actúan únicamente sobre una parte de la longitud de la cinta (F_a). La ecuación 37 se obtiene un valor 1200 N.

$$F_a = B k_a \quad (37)$$

Donde:

- B: Ancho de banda (m)
- k_a : Factor de raspado (N/m). Su valor es 1500 N/m.

- Resistencia debida al retorno del ramal inferior de la banda.
- Resistencia debida a las rejillas de derrame de los materiales.
- Resistencia debida a los carros vertedores.

Finalmente, las resistencias especiales (F_S) se calculan a través de la ecuación 38, siendo la suma de las resistencias nombradas anteriormente. El valor de las resistencia especiales es de 188463 N.

$$F_S = F_E + F_{gL} + F_r + F_a \quad (38)$$

8.6.4. RESISTENCIAS DEBIDAS A LA INCLINACIÓN (F_{St})

La resistencia debida a la inclinación F_{St} puede tener valores positivos, nulos o negativos, en función de la pendiente a lo largo del trazado del transportador. Igualmente puede actuar de modo continuo sobre todo el trazado, o manifestarse únicamente de modo local sobre tramos de longitud variable.

Esta resistencia es debida a la desnivelación del material transportado sobre recorridos inclinados. La inclinación puede quedar determinada físicamente, según la ecuación 39:

$$F_{St} = q_G H g \quad (39)$$

Donde:

- q_G: Masa de la carga a transportar por unidad de longitud (kg/m)
- H: Altura entre ejes tambores (m)
- g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

La altura de elevación H será positiva cuando las instalaciones son ascendentes y negativa si fueran descendentes. En este caso, al ser una instalación ascendente, el valor de la resistencia debida a la inclinación es positivo y con una magnitud de 11154.67 N.

8.6.5. ESFUERZO TANGENCIAL EN EL TAMBOR MOTRIZ (F_U)

El esfuerzo tangencial total de la periferia del tambor motriz es el esfuerzo tangencial total necesario para poder vencer todas las resistencias que se oponen al movimiento constituidas por las resistencias anteriormente calculadas. El esfuerzo tangencial total vendrá dado por la ecuación 40:

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St} \quad (40)$$

Donde:

- F_H: Resistencias principales (N)
- F_N: Resistencias secundarias (N)
- F_{S1}: Resistencias principales especiales (N)
- F_{S2}: Resistencias secundarias especiales (N)
- F_{St}: Resistencias debidas a la inclinación (N)

La suma mostrada en la ecuación 40 resulta un valor de 20725.94 N.

8.7. TENSIONES

Las tensiones que se ejercen sobre la banda varían en toda su longitud. Su magnitud depende de:

- La disposición de la banda transportadora.
- Del número y disposición de los tambores de accionamiento.
- Las características del accionamiento y de los frenos.
- Del tipo y disposición de los dispositivos de tensión de la banda.
- La fase de funcionamiento (arranque, marcha normal, frenado, etc.).

En función de las tensiones en la banda y de los esfuerzos en los otros órganos de la instalación debidos a las sollicitaciones de la banda, los esfuerzos de tracción aplicados a la banda deberán ser lo más pequeños posibles. Para la buena marcha de la instalación es indispensable que la banda cumpla las dos condiciones siguientes:

- No se produzca deslizamiento, es decir, se tiene que cumplir la condición:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \varphi} \quad (41)$$

Donde:

T_1 : Tensión en el ramal tenso (N)

T_2 : Tensión en el ramal flojo (N)

μ : Coeficiente de adherencia entre el tambor motriz y la banda. Tabla 28.

φ : Ángulo de abrazamiento entre la banda y el tambor motriz (°)

SUPERFICIE DEL TAMBOR	RECUBRIMIENTO	
	SIN	CON
Alta adherencia	0.35	0.45
Seca	0.35	0.4
Húmeda	0.2	0.35
Mojada	0.1	0.3

Tabla 28. Valores del coeficiente de rozamiento μ .

- La tensión debe ser la adecuada para impedir que se produzcan flechas importantes entre dos estaciones de rodillos portantes.

La Figura 43 muestra las distribuciones de fuerzas y tensiones que se desarrollan en el tambor motriz cuando está en funcionamiento:

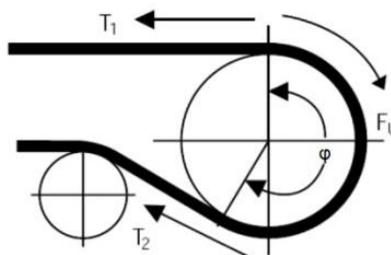


Figura 43. Distribución de fuerza y tensión en un tambor motriz.

La tensión mayor es llamada tensión del lado tenso T_1 , y la tensión más pequeña es llamada tensión del lado flojo T_2 , de forma que sin la tensión del lado flojo (para prevenir el deslizamiento), la banda no puede transmitir el movimiento. Por tanto, la diferencia entre la tensión del lado tenso y la tensión del lado flojo es la fuerza tangencial F_U .

$$F_U = T_1 - T_2 \quad (42)$$

Para calcular las tensiones T_1 y T_2 , se forma un sistema con dos ecuaciones (ecuación 41 y ecuación 42) y con dos incógnitas. De manera simplificada, este sistema puede calcularse a través de los coeficientes c_1 y c_2 .

$$c_1 = 1 + \frac{1}{e^{\mu \varphi} - 1} \quad (43)$$

$$c_2 = \frac{1}{e^{\mu \varphi} - 1} \quad (44)$$

$$T_1 = F_U c_1 \quad (45)$$

$$T_2 = F_U c_2 \quad (46)$$

Donde:

c_1 : Coeficiente de transmisión superior

c_2 : Coeficiente de transmisión inferior

μ : Coeficiente de adherencia entre el tambor motriz y la banda. Tabla 28.

φ : Ángulo de abrazamiento entre la banda y el tambor motriz ($^\circ$)

T_1 : Tensión en el ramal tenso (N)

T_2 : Tensión en el ramal flojo (N)

F_U : Esfuerzo tangencial necesario en el tambor motriz (N)

Los valores calculados son los siguientes:

$$\begin{array}{ll} c_1 = 1.314 & T_1 = 27236.18 \text{ N} \\ c_2 = 0.314 & T_2 = 6510.24 \text{ N} \end{array}$$

Para poner en funcionamiento este sistema de transporte, se necesita una tensión previa introducida por el tambor de tensión, para que la fuerza tangencial del tambor motriz pueda accionar la cinta.

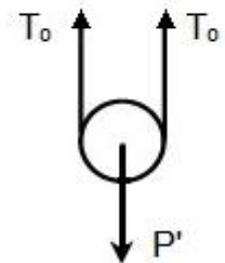


Figura 44. Esquema de tensiones.

En el momento de arranque, se produce en el motor un par motriz superior al nominal, por lo que hay una gran fuerza tangencial en la periferia del tambor motriz. Para que la fuerza tangencial se trasmita a la cinta y se ponga en marcha, es necesaria una cierta tensión para evitar que se produzca deslizamiento de la cinta sobre el tambor.

Esta tensión previa o pretensión T_o se consigue con la colocación de una carga P' sobre el tambor tensor, en el sistema de contrapeso. El valor de la carga se obtiene a través de las ecuaciones 47 y 48:

$$P' = 2 T_o \quad (47)$$

$$P' = T_1 + T_2 \quad (48)$$

Donde:

P' : Carga del sistema tensor (N)

T_o : Pretensión de la banda (N)

T_1 : Tensión en el ramal tenso (N)

T_2 : Tensión en el ramal flojo (N)

De estas dos ecuaciones se obtienen las magnitudes de 16873.21 N para la pretensión de la banda y 33746.43 N para la carga del sistema tensor, que se corresponden con 3440 kg.

• TENSIONES EN EL ARRANQUE

En el arranque, la banda necesita un aporte de fuerza o par suplementario respecto al estado de funcionamiento en continuo para así poder acelerar todas las masas de la banda. La aceleración debe ser suficiente para vencer el par resistente pero debe mantenerse por debajo de un cierto valor para evitar el deslizamiento.

Una de las condiciones que se debe cumplir es que la fuerza tangencial en el arranque máxima no debe ser mayor de 1.5 el valor de la fuerza tangencial máxima en estado estacionario. Por tanto, para el cálculo, se estimará este valor:

$$F_A = 1.5 \cdot F_U \quad (49)$$

Donde:

F_A : Fuerza tangencial máxima en el arranque (N)

F_U : Esfuerzo tangencial necesario en el tambor motriz (N)

La fuerza de arranque será de 31088.92 N. Para el cálculo de las tensiones T_{1A} y T_{2A} , se debe estimar un valor mayor del coeficiente de fricción para evitar el deslizamiento, ya que en el arranque las tensiones incrementan. Este incremento se obtiene mediante la ecuación 50:

$$\mu_A = \mu + 0.05 \quad (50)$$

Donde:

μ_A : Coeficiente de adherencia entre el tambor motriz y la banda en el arranque.

μ : Coeficiente de adherencia entre el tambor motriz y la banda. Tabla 28.

Su valor será de 0.45. Al igual que en el cálculo de las tensiones en estado estacionario, se crea un sistema con dos ecuaciones y dos incógnitas, del que se deduce:

$$c_{1A} = 1 + \frac{1}{e^{\mu_A \varphi} - 1} \quad (51)$$

$$c_{2A} = \frac{1}{e^{\mu_A \varphi} - 1} \quad (52)$$

$$T_{1A} = F_A c_{1A} \quad (53)$$

$$T_{2A} = F_A c_{2A} \quad (54)$$

Donde:

c_{1A} : Coeficiente de transmisión superior en el arranque.

c_{2A} : Coeficiente de transmisión inferior en el arranque.

μ_A : Coeficiente de adherencia entre el tambor motriz y la banda en el arranque.

φ : Ángulo de abrazamiento entre la banda y el tambor motriz ($^\circ$)

T_{1A} : Tensión en el arranque en el ramal tenso (N)

T_{2A} : Tensión en el arranque en el ramal flojo (N)

F_A : Fuerza tangencial máxima en el arranque (N)

Los valores obtenidos de las ecuaciones anteriores, por orden, son: 1.25, 0.25, 38855.05 N (que se corresponde con el valor máximo de tensión T_{max}) y 7766.13 N.

8.8. POTENCIA, PAR MOTOR Y VELOCIDAD

Una vez se conoce el valor de la fuerza tangencial para un estado normal de trabajo F_U , se puede determinar fácilmente la potencia necesaria que debe ser transmitida al tambor motriz, según la ecuación 55:

$$P = F_U v \quad (55)$$

Donde:

- P: Potencia necesaria en el tambor motriz (W)
- F_U : Esfuerzo tangencial necesario en el tambor motriz (N)
- v: Velocidad de la banda (m/s)

Esta potencia es de 27.15 kW. La potencia mínima que necesita el motor para accionar el tambor, depende de la eficiencia mecánica de su reductor y de su propio rendimiento. Así, este valor se obtiene:

$$P_M = \frac{P}{\eta \cdot \varepsilon_M} \quad (56)$$

Donde:

- P_M : Potencia del motor (W)
- P: Potencia necesaria en el tambor motriz (W)
- η : Rendimiento del motor (%). Se escoge un valor de 0.95 según diseño.
- ε_M : Eficiencia mecánica de reductores (%). Tabla 29, reductor de engranajes helicoidales con triple reducción.

TIPO DE MECANISMO REDUCTOR	ε_M (%)
Poleas y bandas en V	94
Cadena de rodillos	93
Cadena de rodillos lubricados en aceite	95
Reductor de engranajes helicoidales, una reducción	95
Reductor de engranajes helicoidales, doble reducción	94
Reductor de engranajes helicoidales, triple reducción	93
Reductor de tornillo sinfín (relación 20:1)	90
Reductor de tornillo sinfín (relación 20:1 a 60:1)	70
Reductor de tornillo sinfín (relación 60:1 a 100:1)	50
Reductor de engranajes rectos (mecanizados)	90
Reductor de engranajes rectos (fundidos)	85

Tabla 29. Valores de la eficiencia mecánica de los reductores.

La potencia mínima que deberá tener el motor para conseguir el accionamiento de la cinta será de 30.73 kW.

El par motor que debe producir en el tambor motriz se calcula mediante la ecuación 57:

$$M_m = \frac{F_U D}{2} \rightarrow M_m = \frac{(T_1 - T_2) D}{2} \quad (57)$$

Donde:

- M_m : Par motor necesario para accionar el tambor motriz (N·m)
- F_U : Esfuerzo tangencial necesario en el tambor motriz (N)
- D: Diámetro del tambor motriz (m)
- T_1 : Tensión en el ramal tenso (N)
- T_2 : Tensión en el ramal flojo (N)

Se obtiene un valor de 6528.67 N·m, mientras que en el arranque, el par motor será superior, llegando a un valor de 9793.01 N·m, calculado a través de la ecuación 58:

$$M_{mA} = \frac{F_A D}{2} \rightarrow M_{mA} = \frac{(T_{1A} - T_{2A}) D}{2} \quad (58)$$

Donde:

- M_{mA}: Par motor máximo en el arranque (N·m)
- F_A: Fuerza tangencial máxima en el arranque (N)
- D: Diámetro del tambor motriz (m)
- T_{1A}: Tensión en el arranque en el ramal tenso (N)
- T_{2A}: Tensión en el arranque en el ramal flojo (N)

La velocidad a la que giran los tambores se calcula en función de la velocidad a la que se desplaza la cinta y a su diámetro. La ecuación 59 muestra el cálculo de la velocidad en revoluciones por minuto del tambor motriz:

$$n = \frac{60 v}{\pi D} \quad (59)$$

Donde:

- n: Velocidad de giro del tambor motriz (rpm)
- v: Velocidad de la banda (m/s)
- D: Diámetro del tambor motriz (m)

La velocidad a la que girará el tambor motriz es de 4.15 rad/s (39.7 rpm). Una vez que se ha calculado los parámetros motrices requeridos para el funcionamiento de la cinta, se escoge el motor cuyas características se adecúen más a las calculadas.

• DIMENSIONAMIENTO DE LOS EJES DEL TAMBOR

El eje del tambor motriz está sujeto a flexiones con fatiga alterna y a torsión. Para calcular el diámetro, hay que determinar los momentos de flexión M_f y el momento de torsión M_T . Por un lado, el momento torsor se obtiene por medio de la ecuación 60:

$$M_T = \frac{P}{n} \quad (60)$$

Donde:

- M_T: Momento torsor del tambor motriz (N·m)
- P: Potencia necesaria en el tambor motriz (W)
- n: Velocidad de giro del tambor motriz (rad/s)

Por otro lado, el momento de flexión es generado por la resultante de la suma vectorial de las tensiones T_1 y T_2 y del peso del tambor q_D . Así:

$$M_f = \frac{q_f a_g}{2} \quad (61)$$

Donde:

- M_f: Momento de flexión del tambor motriz (N·m)
- a_g: Distancia entre apoyos del tambor motriz (m)
- q_f: Carga que resulta de las fuerzas que actúan sobre el eje del tambor motriz (N).

El valor de q_f se calcula a través de la ecuación 62:

$$q_f = \sqrt{(T_1 + T_2)^2 + q_D^2} \quad (62)$$

Donde:

T_1 : Tensión en el ramal tenso (N)

T_2 : Tensión en el ramal flojo (N)

q_D : Peso del tambor motriz (N)

Finalmente, el diámetro del eje del tambor motriz d_o se obtiene:

$$M_{if} = \sqrt{M_f^2 + 0.75 M_T^2} \quad (63)$$

$$W = \frac{M_{if}}{\sigma_{adm}} \quad (64)$$

$$d_o = \sqrt[3]{\frac{32 W}{\pi}} \quad (65)$$

Donde:

d_o : Diámetro del eje de accionamiento del tambor motriz

M_{if} : Momento ideal de flexión del tambor motriz (N·m)

M_f : Momento de flexión del tambor motriz (N·m)

M_T : Momento torsor del tambor motriz (N·m)

W : Módulo de resistencia (m^3)

σ_{adm} : Esfuerzo admisible (N/m^2)

Los valores de los anteriores parámetros son:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_T = 7389.55 \text{ N} \cdot \text{m} \\ M_f = 1874.42 \text{ N} \cdot \text{m} \\ q_f = 34080.48 \text{ N} \\ a_g = 0.11 \text{ m} \\ q_D = 4760 \text{ N} \\ M_{if} = 6668.4 \text{ N} \cdot \text{m} \\ W = 5.46 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \\ \sigma_{adm} = 12.2 \cdot 10^7 \\ d_o = 0.082 \text{ m} \end{array} \right.$$

8.9. DESCRIPCIÓN DE LA CINTA

La cinta se constituirá por dos tramos. El primero, consistirá en un tramo con una inclinación de 16° y el segundo, será un tramo horizontal, situado a la altura de descarga. Para enlazar ambos tramos, se describe una curva convexa. La forma que se ha descrito es llamada cuello de cisne.

La estructura será la encargada de soportar todos los elementos que componen la cinta. Por ello, debe ser un elemento resistente, rígido, que sea fácil de montar y cuyo mantenimiento sea mínimo. La estructura estará formada por perfiles metálicos de acero S275 JR soldados en forma de celosías para asegurar las características anteriores. Los pilares serán perfiles HEB, mientras que los bastidores estarán formados por perfiles UPN y perfiles en L de ambos lados iguales.

La estructura se dividirá en 8 subestructuras, todas ellas soldadas, cuyo orden de montaje es el siguiente:

- **Soportes superior e inferior:** Su función es la de aguantar el bastidor inclinado. Están compuestos por 3 pilares HEB, el central con posición completamente vertical, y los laterales con inclinación de 6° , para evitar que el bastidor inclinado se mueva horizontalmente cuando la cinta esté en funcionamiento. Las vigas horizontales sirven de unión de los pilares y las conforman perfiles IPE. Por último, se disponen perfiles en L de ambos lados iguales como tirantes para distribuir las cargas en los nudos.
- **Escalera:** Conecta el nivel del suelo de la parcela con la pasarela adjunta a la cinta, destinada al mantenimiento de la misma. Está formada por perfiles metálicos UPN y 16 peldaños de seguridad que serán soldados a las mismas. La inclinación de la escalera es de 35° y poseerá una barandilla en el lado exterior de la estructura, para reducir el riesgo de caídas.
- **Estructura del contrapeso:** Se encuentra apoyada en la estructura del tromel de lavado de la grava. En su interior, se encuentran dos guías por las que el tambor con el contrapeso se desplazará con movimiento vertical para cumplir con su función de tensado.
- **Bastidor del tambor de reenvío:** Consta de la parte inicial del bastidor inclinado y conecta con el rellano de la escalera. Se compone de dos pilares con perfiles HEB, y vigas con perfil UPN para el alojamiento de los soportes del tambor de reenvío y del tambor de presión.
- **Bastidor del tramo inclinado:** Está compuesto por 11 celosías compuestas por perfiles UPN y L de 4 m cada una, que se colocan una tras otra, formando el cuerpo de la cinta. Será colocado con una inclinación de 16° con respecto a la horizontal.
- **Bastidor en curva:** Conecta el bastidor inclinado con el tramo horizontal correspondiente con el bastidor del tambor motriz. Será colocado con una inclinación de 9.95° con la horizontal.
- **Bastidor del tambor motriz:** Se encontrará apoyado sobre la estructura del contrapeso. Será el encargado de soportar el tambor motriz junto con el motorreductor, el tambor de presión, los tambores desviadores y el tambor tensor.



Figura 45. Estructura soportante de una cinta transportadora.

La pasarela será rodeada por barandillas de 90 cm de altura con rodapié de 15 cm para evitar caídas, y en su base se dispondrán trámex de seguridad, al igual que en el rellano de la escalera de acceso.

La banda se deslizará por una serie de rodillos que se dispondrán en forma de artesa, con un ángulo de 30°. En la zona de carga se producen impactos sobre la banda, por lo que se dispondrán 10 rodillos amortiguadores consecutivos para absorber la energía del impacto. También, con el fin de reducir las tensiones en los bordes de la banda, se dispondrán al inicio y al final del recorrido, una estación de rodillos con un ángulo de artesa de 20° para favorecer su transición a la forma plana.

Posteriormente al montaje de la estructura, se instalarán las estaciones de rodillos superiores e inferiores, con unas separaciones de 1.35 m y 3 m, respectivamente. La primera estación de rodillos superiores se colocará a una distancia de 1 m del eje del tambor de reenvío, y posteriormente se colocarán 21 estaciones a una distancia de 360 mm. En la curva, se dispondrán 8 estaciones, separadas a una distancia de 0.5 m.

La cinta contará con varios tambores. El principal, el tambor motriz, de 630 mm de diámetro, será situado en cabeza en la zona de descarga de material, y el tambor de reenvío, de 500 mm de diámetro, se localizará en el otro extremo en cola. Por otro lado, se dispondrán tambores de presión de 400 mm de diámetro antes del tambor de reenvío y después del tambor motriz, con el fin de aumentar el ángulo de abrazamiento entre el tambor y la banda, para la reducción de las tensiones. También, se dispondrán dos tambores desviadores que conducirán a la banda hacia el tambor tensor, que se localiza en el contrapeso.

El material, tras ser triturado, será depositado en una tolva, la cual descarga en una cinta transportadora reversible. En función del fin al que se destine la grava producida, dicha cinta funcionará hacia un sentido o hacia el otro. Si la grava tuviera que ser lavada, la cinta reversible funcionará en la dirección correspondiente a la cinta transportadora objeto de este Trabajo. El material caerá hacia banda, y con la ayuda de un encauzador, se depositará adecuadamente en el centro, evitando el desprendimiento fuera de la misma. El encauzador se encuentra unido al bastidor de carga mediante unos perfiles metálicos que lo sujetan y en la zona inferior de las chapas se encuentran unas láminas de goma para evitar que la parte metálica dañe la banda.



Figura 46. Encauzador.

El material será conducido por la banda hasta la zona de descarga, que se encuentra en la cabeza de la cinta, en la parte alta. Al terminar la cinta, el material caerá sobre una pequeña tolva que lo dirige hacia el tromel de lavado.

En cuanto a los sistemas de limpieza de la banda, se dispondrán dos rascadores. Se situará un rascador primario en cabeza, en el arco del tambor motriz para eliminar la mayor suciedad de la banda. De esta forma, se evita que la suciedad pueda dañar o desgastar de forma prematura cualquier elemento de la cinta.

Se colocará un segundo rascador entre el tambor motriz y el sistema de contrapeso, a 1 m de distancia del eje del tambor, con el fin de conseguir una mejor limpieza de la banda, y eliminar los posibles fragmentos de material que se hayan quedado adheridos a la banda.

El sistema tensor escogido es el gravitatorio, y se localizará en el tramo horizontal superior, en el ramal inferior. Este sistema consiste en la colocación de un peso sobre el tambor tensor, que irá desplazándose con un movimiento vertical en función de las tensiones que se desarrollen en la cinta, pero que asegurará una pretensión mínima para que en ningún momento la banda se arrugue o se pliegue. Se colocará una masa de 3440 kg.

El tambor motriz se acoplará al motorreductor con la inserción de su eje en el reductor, a través de una chaveta. El motorreductor será eléctrico, ortogonal, y de una potencia de 45 kW. Contendrá 3 etapas de reducción con engranajes helicoidales, que proporcionarán el par y la velocidad adecuados.

Finalmente, la cinta transportadora será controlada mediante un mando desde una cabina de control. El mando dispondrá de botones que permitirán arrancar la maquinaria y detenerla, así como botones de parada de emergencia en situaciones de peligro. A su vez, se dispondrán tres botones de parada de emergencia en la cinta localizados en la zona de carga, de descarga y en la mitad del recorrido de la cinta. Los botones de parada de emergencia estarán dispuestos al alcance de los operarios, ya que la cinta cuenta con un pasillo adjunto al recorrido de la banda, con el fin de facilitar el mantenimiento y la accesibilidad a cualquier elemento. A su vez, el motor y los elementos rotativos estarán protegidos para evitar atrapamientos o accidentes, y únicamente podrán ser abiertos si la cinta se encuentra parada.



Figura 47. Cinta transportadora.

9. PLANIFICACIÓN

Para la creación de la cinta transportadora se ha calculado un periodo total de 58 días. Esta planificación cuenta con 3 fases principales: diseño, fabricación y montaje. Los recursos utilizados son 4 operarios, que se distribuyen las tareas de las dos últimas fases nombradas.

1. Fase de diseño: 12 Marzo 2018 – 20 Abril 2018

Es la fase en la que se diseña la máquina en su totalidad. Se trata de un periodo de 30 días y el único recurso utilizado es el Ingeniero encargado del Proyecto.

2. Fase de fabricación: 23 Abril 2018 – 9 Mayo 2018

En ella se fabrican los elementos no comerciales y se manipula la materia prima comprada para la formación de piezas que posteriormente serán montadas (subestructuras). Se trata de un proceso de duración de 13 días que será desarrollado por los 4 operarios de taller. Al finalizar esta fase, todos los elementos que componen la cinta deben estar fabricados y ensamblados (unicamente serán ensambladas aquellas piezas que ensambladas, puedan ser transportadas).

3. Fase de montaje: 10 Mayo 2018 – 30 Mayo

Tiene una duración de 15 días. Comienza con el transporte de todos los elementos que conforman la cinta hacia el lugar donde será instalada. En esta fase se montan e instalan todos los componentes constituyentes de la máquina y se procede a las revisiones tanto estructurales como de funcionamiento.

La Figura 48 muestra el diagrama de Gantt y el listado de tareas a realizar para la obtención de la cinta transportadora de áridos:

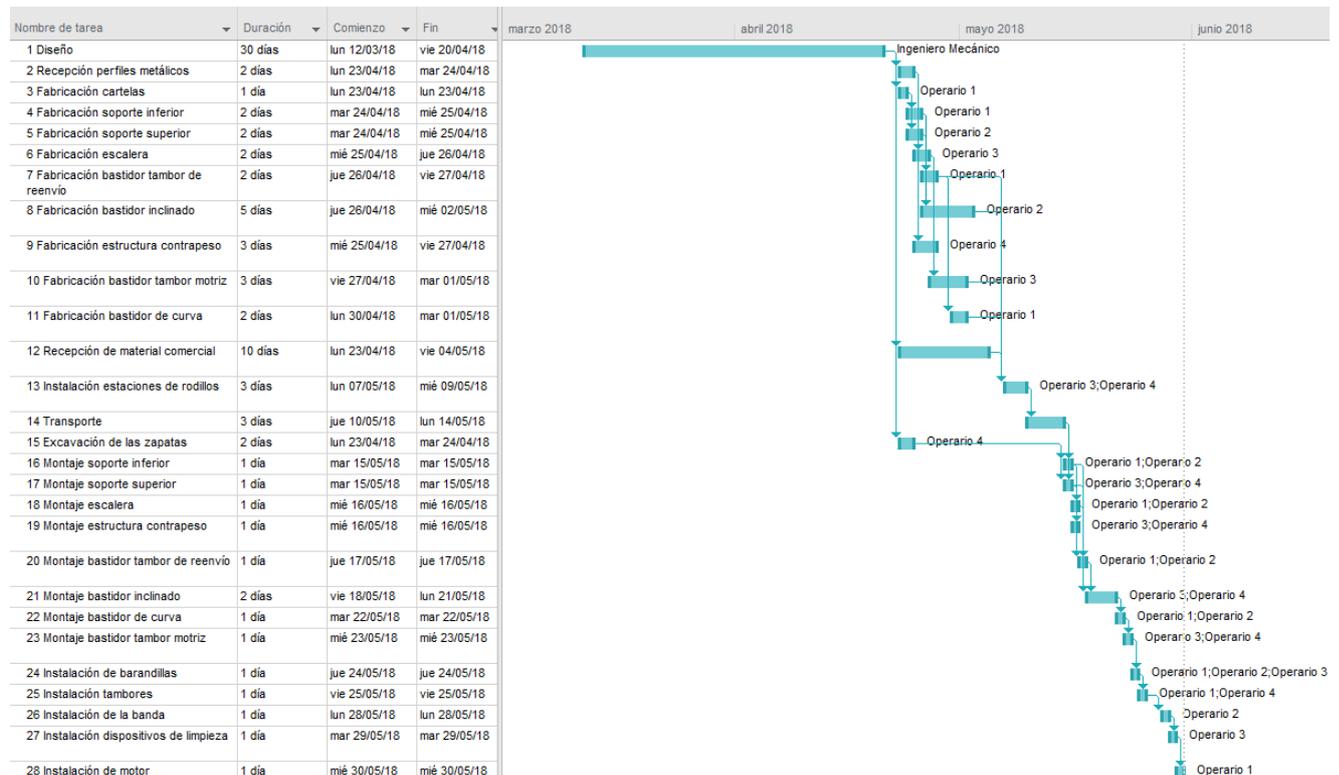


Figura 48. Diagrama de Gantt.

10. ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS

El presente proyecto está formado por 6 documentos, que se desarrollan en el siguiente orden:

CAPÍTULO 1. MEMORIA

El primer capítulo describe de forma introductoria el objeto a diseñar, una cinta transportadora. La Memoria se encarga de crear una idea general de la máquina y de presentar los elementos que la componen. También, se desarrolla el proceso de cálculo de los esfuerzos que soporta la banda y las acciones que afectan a la estructura que soporta la cinta. Por último, se analizan las posibles soluciones de diseño, se propone la planificación de la fabricación y montaje de la cinta y se aportan las fuentes de información utilizadas para redactar el proyecto, así como la legislación vigente.

CAPÍTULO 2. ANEXOS

Se trata de un documento que complementa y aclara determinados apartados de la memoria o de otros documentos del proyecto. Este capítulo contiene el desarrollo numérico de los cálculos presentados en la memoria y los estudios con entidad propia, como el Estudio Básico de Seguridad y Salud o el de Impacto ambiental. También se adjunta en este capítulo un catálogo comercial con información técnica utilizada para el cálculo de los elementos.

CAPÍTULO 3. PLANOS

El tercer capítulo contiene la documentación gráfica del proyecto. Los planos representan de forma clara e unívoca el objeto de diseño y el despiece del mismo, convirtiéndose en uno de los documentos más importantes de un proyecto. Interpretación del proyecto.

CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

El Pliego de condiciones recoge las condiciones técnicas y legales para que la máquina a diseñar pueda materializarse. Indica las condiciones generales de trabajo, la descripción y características de los materiales a utilizar, así como también señala los derechos, obligaciones y responsabilidades de las partes que lo suscriben.

CAPÍTULO 5. ESTADO DE MEDICIONES

Este documento muestra las principales características técnicas de los elementos que conforman la cinta transportadora. En él, se realiza la descripción y cuantificación de todas las unidades utilizadas en el proceso de fabricación de la cinta.

CAPÍTULO 6. PRESUPUESTO

El último capítulo del presente proyecto, es el encargado de realizar una estimación aproximada del coste económico que suponen los materiales utilizados, la fabricación y el montaje de la cinta transportadora.

Una vez descritos los capítulos que integran el trabajo, se establece el orden de prioridad que se debe seguir para la correcta comprensión del proyecto:

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

CAPÍTULO 2. ANEXOS

ÍNDICE

1. DESARROLLO DE LOS PARÁMETROS DE CÁLCULO.....	74
1.1. MATERIAL A TRANSPORTAR.....	74
1.2. PARÁMETROS DE LA BANDA	76
1.3. SEPARACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RODILLOS	78
1.4. TAMBORES.....	79
2. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE CYPE	80
2.1. BARRAS.....	80
2.1.1. DESCRIPCIÓN	80
2.1.2. RESUMEN DE MEDICIÓN.....	80
2.1.3. CARGAS	81
2.1.4. RESULTADOS	82
2.2. UNIONES	85
2.2.1. ESPECIFICACIONES	85
2.2.2. MEMORIA DE CÁLCULO.....	87
2.2.3. MEDICIÓN	101
2.3. CIMENTACIÓN.....	102
2.3.1. DESCRIPCIÓN	102
2.3.2. RESUMEN DE MEDICIÓN.....	103
2.3.4. COMPROBACIÓN.....	103
3. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA	119
3.1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	119
3.1.1. GENERALIDADES	119
3.1.2. RIESGOS Y PREVENCIÓN	119
3.1.3. COMPROBACIONES.....	120
3.1.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs).....	121
4. CATÁLOGOS.....	122

1. DESARROLLO DE LOS PARÁMETROS DE CÁLCULO

1.1. MATERIAL A TRANSPORTAR

En este apartado se va a mostrar las fuentes de los parámetros utilizados en la Memoria para el cálculo de los elementos mecánicos de la cinta transportadora, como son la potencia del motor o el diámetro de los ejes de los tambores.

La base sobre la que se fundamenta el cálculo de una cinta transportadora es el material que va a transportar. Las características de este material, en este caso, la grava, como son su peso o su abrasividad, serán claves para el correcto proceso del diseño de la cinta y la selección de sus componentes.

La Tabla 30 recoge algunos materiales utilizados en la industria junto con las características descritas. Se trata de valores recomendados, pudiendo variar según las condiciones ambientales. En verde, se selecciona los valores correspondientes con el actual Proyecto.

MATERIAL	TAMAÑO (mm)	PESO ESPECÍFICO (kg/m ³)	ÁNGULOS		ABRASIVIDAD	CORROSIVIDAD
			REPOSO (°)	INCLINACIÓN MÁXIMA (°)		
Arcilla fina	3	1000 - 1600	-	15	C	A
Arena seca	3	1500 - 1800	35	16-18	A	A
Asfalto	15	750	30 - 45	16-18	A	A
Basalto	75 - 150	1400 - 1700	27 - 35	18	A	B
Caliza	3 - 15	1300 - 1500	38	18	B	A
Cal	3	600	40	21	A	A
Cemento	2.5 - 40	1300 - 1500	30 - 40	18 - 21	B	A
Cenizas carbón	10 - 75	700 - 800	45	20	B	A
Cuarzo	15	1300 - 1450	20 - 29	18	C	A
Escoria	3 - 10	1300 - 1400	30	10	C	A
Granito	10 - 150	1400 - 1500	35	18	C	A
Grava	10 - 150	1400 - 1600	32	16	B	A
Harina	0 - 2.5	600 - 900	0 - 10	10	-	A
Tierra	2.5 - 10	1200 - 1300	35	17	A	A
Coque	3 - 15	500 - 1000	30 - 45	18	C	B
Lignito	15	700 - 1000	40	18 - 22	A	B
Fosfatos	3	1000	26	11	B	B
Nitratos de sodio	75	1100 - 1400	24	11	A	-
Cobre	75	1900 -2200	30 - 45	20	B	A

Tabla 30. Características de algunos materiales.

Otro parámetro importante es el ángulo de sobrecarga. Se trata del ángulo que forma con la horizontal, la tangente a la sección del material en su intersección con la cinta, estando ésta en movimiento. El ángulo de sobrecarga también es denominado como ángulo de talud dinámico. Este ángulo normalmente adquiere valores de 5-20° menos que el ángulo de reposo.

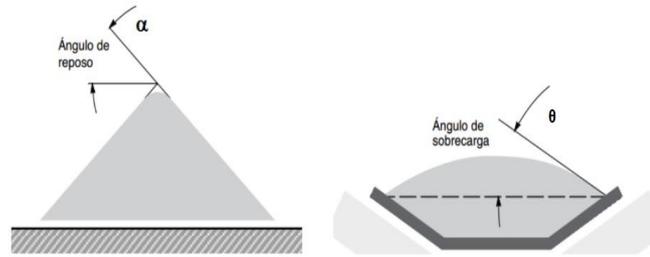


Figura 49. Ángulo de reposo y de sobrecarga.

La Tabla 31 muestra los valores de los ángulos de reposo y sobrecarga en función de las características del material. El ángulo de sobrecarga depende del grado de fluidez del material, a mayor fluidez, menor ángulo de sobrecarga. Esta fluidez también limita la inclinación de la banda.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL					
Dimensión uniforme, partículas redondas muy pequeñas, muy húmedas, o muy secas como arena silíceica seca, cemento y hormigón húmedo, etc.	Partículas redondeadas, secas y lisas, con peso medio como por ejemplo, semillas de cereales, trigo y judías.	Material irregular, granular en tamaño de peso medio, como por ejemplo, carbón de antracita, grava, etc.	Materiales típicos comunes, como por ejemplo, carbón bituminoso, etc.	Material irregular, viscoso, fibroso y que tiende a entrelazarse (virutas de madera, arena etc).	Pueden incluir material con cualquier característica.
FLUIDEZ					BANDA PLANA
Muy elevada	Elevada	Media	Baja		
ÁNGULO DE REPOSO (°)					
0 - 19	20 - 29	30 - 34	35 - 39	40 y más	Otros
ÁNGULO DE SOBRECARGA (°)					
5	10	20	25	30	B

Tabla 31. Valores del ángulo de reposo y sobrecarga en función del material.

1.2. PARÁMETROS DE LA BANDA

La banda es el elemento principal de la cinta, y su correcto diseño influye en su funcionamiento. El principal parámetro, la anchura, ha sido definido por el cliente, con un valor de 800 mm.

El material escogido para la carcasa textil de la misma es una mezcla formada por poliéster y poliamida, muy común en la industria cuando no se necesitan materiales especiales concretos. La Tabla 32 muestra según la norma DIN 22102 los distintos tipos de tejidos más utilizados en la actualidad, y su designación:

NOMBRE	DESIGNACIÓN
Algodón	B
Aramida	D
Viscosilla	Z
Fibra de vidrio	G
Rayón	R
Poliéster	E
Poliamida	P
Cables de acero	ST

Tabla 32. Tejidos de las bandas y su designación.

La Tabla 33 muestra las designaciones de los recubrimientos y las propiedades mecánicas de resistencia, abrasión y alargamiento, según las normas DIN 22102 y 22131. Se ha escogido el tipo Y.

LETRA	CARGA DE ROTURA (N/mm ²)	% ALARGAMIENTO ROTURA	ABRASIÓN (mm ³)
W	18	400	90
X	25	450	120
Y	20	400	150
Z	15	350	250

Tabla 33. Propiedades de los recubrimientos.

En la Tabla 34 se muestran las velocidades máximas de la banda en función del ancho de banda y del tamaño de grano. De ella, se obtiene un valor de 2.62 m/s.

VELOCIDAD MÁXIMA DE LA BANDA (m/s)			
ANCHO DE BANDA (mm)	TAMAÑO DEL GRANO (mm)		
	< 30	30 – 300	> 300
400	2.09	1.68	1.31
500	3.35	2.09	1.68
650	3.35	2.09	1.68
800	3.35	2.62	2.09
1000	4.19	2.62	2.09
1200	4.19	2.62	2.09
1400	4.19	3.35	2.09
1600	4.19	3.35	2.62
1800	4.19	3.35	2.62
2000	5.24	3.35	2.62
2200	5.24	3.35	2.62

Tabla 34. Velocidades máximas admisibles.

Sin embargo, el diseño de la cinta no se va a corresponder con el de su velocidad máxima, por lo que se escoge otro valor inferior, para que el funcionamiento no suponga grandes potencias y posibilidades de pérdida de material. La Tabla 35, muestra los valores normalizados de las velocidades de funcionamiento, según la norma DIN 22101. Se escoge un valor de velocidad de 1.31 m/s.

VALORES NORMALIZADOS DE VELOCIDAD (m/s)									
0.66	0.84	1.05	1.31	1.68	2.09	2.62	3.35	4.19	5.24

Tabla 35. Valores normalizados de velocidad.

El espesor de la banda depende del número de capas que posee la carcasa, y del grosor de los recubrimientos que se utilicen. Todo ello será en función de las características del material, como por ejemplo su peso específico o su grado de abrasividad. Los pesos, también variarán, y el peso total se corresponderá con la suma del peso de la carcasa más el peso de los recubrimientos.

Para la selección del espesor del recubrimiento superior es necesario el cálculo del tiempo que tarda el material en recorrer la trayectoria de la banda, es decir, desde que es cargada hasta que es descargada en el tromel de lavado. La Ecuación 21, mostrada en el apartado 8.5. *Selección de la banda*, nos permite calcular el valor de dicho tiempo en segundos. El tiempo obtenido es de 47 s, que, en minutos, son 0.7 min. Como el grado de abrasividad de la grava es de tipo B y el tamaño se encuentra entre 50 – 150 mm, se obtiene de la Tabla 36 un espesor de 4 – 5 mm.

ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO SUPERIOR (mm)										
Grado de abrasividad	A			B			C			
Tamaño máximo de grano (mm)	0 - 50	50 - 150	>150	0 - 50	50 - 150	> 150	0 - 50	50 - 150	> 150	
Tiempo de recorrido (min)	< 0.2	5 - 6	6 - 8	8 - 10	3 - 5	5 - 6	6 - 8	2 - 3	3 - 4	4 - 6
	0.2 - 0.4	4 - 5	5 - 6	6 - 8	3 - 4.5	> 5	> 6	2 - 2.5	2.5 - 4	4 - 5
	0.4 - 1	4 - 5	> 6	> 8	3 - 4	4 - 5	5 - 6	2 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 4
	1 - 5	3 - 5	5 - 6	7 - 8	3 - 5	4 - 5	5 - 6	2 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 4
	> 5	3 - 5	5 - 6	7 - 8	3 - 5	4 - 5	5 - 6	2 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 4

Tabla 36. Valores del espesor del recubrimiento superior.

De la Tabla 37, obtenemos el valor del espesor inferior, que está relacionado con el superior.

ESPESOR SUPERIOR (mm)	ESPESOR INFERIOR (mm)
2 - 3	1.5
4 - 5	2
6	1.5 - 3
8 - 10	2 - 3

Tabla 37. Valores del espesor del recubrimiento inferior.

Una vez ya definidos todos los parámetros, se obtiene por completo el tipo de banda que transportará la grava. El código denominativo es 800 EP 630/3 4+2 Y. En este caso, la banda ha sido escogida según el catálogo Refort Belt, el cual se adjunta simplificado en el apartado 4 de Anexos. De él, obtenemos los siguientes datos de la banda:

$$e = 3.3 \text{ mm}$$

$$d = 9.3 \text{ mm}$$

$$m_G = 12.4 \text{ kg/m}^2$$

1.3. SEPARACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RODILLOS

La separación entre las estaciones que producen el deslizamiento de la banda se selecciona de la Tabla 38. El paso depende del peso específico de la grava, el cual tiene un valor de 1400 kg/m^3 (Tabla 30) y del ancho de banda, ya nombrado.

PASO DE LAS ESTACIONES (m)				
ANCHO DE BANDA (mm)	IDA			VUELTA
	PESO ESPECÍFICO (t/m^3)			
	< 1.2	1.2 - 2	> 2	
300	1.65	1.5	1.4	3
400				
500				
650				
800	1.5	1.35	1.25	3
1000	1.35	1.2	1.1	3
1200	1.2	1	0.8	3
1400				
1600				
1800				
2000	1	0.8	0.7	3
2200				

Tabla 38. Paso entre estaciones.

1.4. TAMBORES

Los tambores son los encargados de hacer cambiar la trayectoria de la banda. Las dimensiones de los mismos se muestran en la Tabla 39 en función de la carga de rotura de la banda y de la composición de la carcasa.

DIÁMETRO DE LOS TAMBORES (mm)						
CARGA DE ROTURA DE LA BANDA (N/mm)	BANDAS REFORZADAS CON PRODUCTOS TEXTILES (DIN 22102)			BANDAS REFORZADAS CON ELEMENTOS METÁLICOS (DIN 22131)		
	TAMBOR MOTRIZ	TAMBOR LOCO	DESVIADOR	TAMBOR MOTRIZ	TAMBOR LOCO	DESVIADOR
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315
1250	1250	1000	800	800	630	400
1600	1400	1250	1000	1000	800	500
2000	-	-	-	1000	800	500
2500	-	-	-	1250	1000	630
3150	-	-	-	1250	1000	630

Tabla 39. Valores de los diámetros de los tambores.

El ancho del tambor, se obtiene de la Tabla 40:

B (mm)	400	500	630	800	1000	1200	1400	1600	1800	2200
Ancho tambor (mm)	500	600	750	950	1150	1400	1600	1800	2000	2200

Tabla 40. Anchos del tambor.

2. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE CYPE

2.1. BARRAS

2.1.1. DESCRIPCIÓN

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil (Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.} (m)	Lb _{Inf.} (m)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	N82/N434	N82/N162	L 65 x 65 x 7 (L)	0.450	0.99	0.90	-	-
		N103/N202	N103/N202	L 50 x 50 x 4 (L)	1.256	0.82	0.68	-	-
		N10/N64	N10/N64	L 100 x 100 x 6 (L)	1.532	0.60	0.55	-	-
		N78/N520	N25/N520	UPN 80 (UPN)	1.000	0.71	0.81	-	-
		N548/N98	N541/N98	HE 180 B (HEB)	6.242	0.87	0.90	-	-
		N567/N569	N563/N244	HE 100 B (HEB)	1.000	0.97	0.99	-	-
		N549/N98	N549/N98	L 180 x 180 x 15 (L)	6.452	0.89	0.88	-	-
		N555/N556	N555/N556	IPE 120 (IPE)	1.474	0.79	0.67	-	-
		N502/N511	N505/N511	UPN 160 (UPN)	2.500	0.73	1.00	-	-
		N552/N555	N550/N76	HE 140 B (HEB)	3.182	0.83	0.98	-	-
		N604/N504	N604/N504	UPN 120 (UPN)	4.109	0.64	0.65	-	-

Notación:
 Ni: Nudo inicial
 Nf: Nudo final
 β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
 β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
 Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior
 Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior

2.1.2. RESUMEN DE MEDICIÓN

Resumen de medición													
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)	
Acero laminado	S275	L	L 65 x 65 x 7	0.760			0.001			5.19			
			L 50 x 50 x 4	1.256			0.000			3.84			
			L 100 x 100 x 6	1.532			0.002			14.19			
			L 180 x 180 x 15	6.452			0.034			263.89			
					10.000			0.037			287.11		
		UPN	UPN 80	2.160			0.002			18.65			
			UPN 160	5.000			0.012			94.20			
			UPN 120	4.109			0.007			54.84			
					11.269			0.021			167.69		
			HEB	HE 180 B	14.003			0.091			717.78		

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
			HE 100 B	4.250			0.011			86.74		
			HE 140 B	7.938			0.034			267.96		
					26.191			0.137			1072.48	
		IPE	IPE 120	1.474			0.002			15.27		
					1.474			0.002			15.27	
						48.934			0.197			1542.55

2.1.3. CARGAS

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N82/N434	Peso propio	Uniforme	0.067	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N103/N202	Peso propio	Uniforme	0.030	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N103/N202	V 1	Uniforme	0.121	-	-	-	Globales	-1.000	0.000	0.000
N10/N64	Peso propio	Uniforme	0.091	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N78/N520	Peso propio	Uniforme	0.085	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N548/N98	Peso propio	Uniforme	0.503	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N548/N98	V F	Triangular Der.	0.245	-	0.000	3.540	Globales	-0.000	1.000	0.000
N548/N98	V F	Faja	0.254	-	3.540	3.790	Globales	-0.000	1.000	0.000
N548/N98	V F	Faja	0.261	-	3.790	3.872	Globales	-0.000	1.000	0.000
N548/N98	V F	Triangular Izq.	0.260	-	3.872	6.242	Globales	-0.000	1.000	0.000
N567/N569	Peso propio	Uniforme	0.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N567/N569	V 1	Triangular Izq.	0.200	-	0.000	1.000	Globales	-1.000	0.000	0.000
N567/N569	V F	Triangular Izq.	0.232	-	0.000	1.000	Globales	0.000	1.000	-0.000
N549/N98	Peso propio	Uniforme	0.401	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N549/N98	V F	Trapezoidal	0.316	0.137	0.000	3.659	Globales	-0.000	1.000	0.000
N549/N98	V F	Faja	0.130	-	3.659	3.918	Globales	-0.000	1.000	0.000
N549/N98	V F	Trapezoidal	0.119	0.193	3.918	6.452	Globales	-0.000	1.000	0.000
N555/N556	Peso propio	Uniforme	0.102	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N502/N511	Peso propio	Uniforme	0.185	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N502/N511	Peso propio	Uniforme	0.246	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N502/N511	Q1 EscaleraPasillo	Uniforme	0.024	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N502/N511	Q2 Barandilla	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	-1.000	0.000	0.000
N552/N555	Peso propio	Uniforme	0.331	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N552/N555	V F	Triangular Der.	0.283	-	0.000	1.487	Globales	0.000	1.000	0.000
N552/N555	V F	Faja	0.308	-	1.487	1.745	Globales	0.000	1.000	0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N552/N555	V F	Faja	0.332	-	1.745	1.780	Globales	0.000	1.000	0.000
N552/N555	V F	Triangular Izq.	0.332	-	1.780	3.182	Globales	0.000	1.000	0.000
N604/N504	Peso propio	Uniforme	0.131	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N604/N504	Q1 EscaleraPasillo	Uniforme	0.085	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N604/N504	Q2 Barandilla	Uniforme	0.005	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

2.1.4. RESULTADOS

• RESISTENCIA

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Comprobación de resistencia											
Barra	η (%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado	
			N (kN)	V_y (kN)	V_z (kN)	M_t (kN·m)	M_y (kN·m)	M_z (kN·m)			
N82/N434	11.72	0.000	0.565	-0.374	-0.547	0.00	-0.22	-0.18	GV	Cumple	
N103/N202	16.09	0.000	13.622	-0.017	-0.031	0.00	-0.01	-0.02	G	Cumple	
N10/N64	5.75	0.000	-0.535	0.077	-0.094	0.00	-0.11	0.06	G	Cumple	
N78/N520	8.89	0.000	0.116	-0.320	0.188	0.00	0.27	-0.18	GV	Cumple	
N548/N98	9.36	0.000	-19.594	-0.282	0.037	0.00	0.00	-3.57	GV	Cumple	
N567/N569	6.13	0.000	-20.735	-0.467	-0.135	0.00	-0.05	-0.34	G	Cumple	
N549/N98	20.51	0.645	-13.461	-0.121	0.038	-0.03	1.61	2.66	GV	Cumple	
N555/N556	8.02	1.474	-13.168	-0.018	-0.452	0.00	0.54	0.00	GV	Cumple	
N502/N511	9.79	2.083	15.032	0.116	0.431	0.01	2.28	-0.10	GV	Cumple	
N552/N555	11.09	3.182	-25.874	0.562	0.024	0.00	-0.04	-2.24	GV	Cumple	
N604/N504	2.29	4.109	0.452	0.010	-0.488	0.00	0.28	-0.04	G	Cumple	

Referencias:
N: Esfuerzo axial (kN)
 V_y : Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)
 V_z : Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)
 M_t : Momento torsor (kN·m)
 M_y : Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)
 M_z : Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

• FLECHAS

Referencias:

- Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
- L : Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N82/N162	0.450	0.04	0.605	0.03	0.450	0.01	0.225	0.00
	0.450	L(>1000)	0.605	L(>1000)	0.450	L(>1000)	0.225	L(>1000)
N103/N202	0.628	0.09	0.628	0.04	0.628	0.09	0.628	0.05
	0.628	L(>1000)	0.628	L(>1000)	0.628	L(>1000)	0.628	L(>1000)
N10/N64	0.574	0.08	0.766	0.12	0.766	0.03	0.766	0.05
	0.574	L(>1000)	0.766	L(>1000)	0.766	L(>1000)	0.766	L(>1000)
N25/N520	1.160	0.30	1.160	0.27	1.160	0.31	1.160	0.27
	1.160	L(>1000)	1.160	L(>1000)	1.160	L(>1000)	1.160	L(>1000)
N541/N98	7.163	15.51	3.582	4.13	7.163	14.36	3.582	4.24
	7.163	L/902.7	3.582	L(>1000)	7.163	L/982.0	3.582	L(>1000)
N563/N244	1.250	0.42	1.500	0.33	1.250	0.47	1.500	0.31
	1.250	L(>1000)	1.500	L(>1000)	1.250	L(>1000)	1.500	L(>1000)
N549/N98	2.581	1.73	2.904	0.17	2.581	1.43	4.194	0.21
	2.581	L(>1000)	5.162	L(>1000)	2.581	L(>1000)	5.485	L(>1000)
N552/N555	1.989	0.78	1.193	0.22	1.790	0.84	1.193	0.22
	1.989	L(>1000)	1.193	L(>1000)	1.989	L(>1000)	1.193	L(>1000)
N555/N556	0.553	0.27	0.921	0.06	0.553	0.25	0.921	0.05
	0.553	L(>1000)	0.921	L(>1000)	0.553	L(>1000)	0.921	L(>1000)
N505/N511	2.917	0.09	2.708	2.44	2.917	0.13	2.708	0.36
	2.917	L(>1000)	2.708	L(>1000)	2.917	L(>1000)	2.708	L(>1000)
N604/N504	2.568	0.48	2.055	0.27	2.568	0.22	2.055	0.11
	2.568	L(>1000)	2.055	L(>1000)	2.568	L(>1000)	2.055	L(>1000)

• COMPROBACIONES ELU (RESUMIDO)

Notación:

- λ : Limitación de esbeltez
- N_t : Resistencia a tracción
- N_c : Resistencia a compresión
- M_Y : Resistencia a flexión eje Y
- M_Z : Resistencia a flexión eje Z
- V_Z : Resistencia a corte Z
- V_Y : Resistencia a corte Y
- $M_Y V_Z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- $M_Z V_Y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- $N M_Y M_Z$: Resistencia a flexión y axil combinados
- $N M_Y M_Z V_Y V_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M_t : Resistencia a torsión
- $M_t V_Z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- $M_t V_Y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida

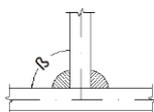
Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	λ	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N M_Y M_Z$	$N M_Y M_Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	
N82/N434	$\lambda \leq 3.0$ Cumple	x: 0.45 m $\eta = 0.3$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 0.8$	$\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 11.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 11.7$
N103/N202	$\lambda \leq 3.0$ Cumple	x: 1.256 m $\eta = 13.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 16.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 16.1$
N10/N64	$\lambda \leq 2.0$ Cumple	x: 1.532 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 5.8$
N549/N98	$\lambda \leq 2.0$ Cumple	x: 6.452 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 6.452 m $\eta = 3.8$	x: 0.968 m $\eta = 10.9$	x: 6.452 m $\eta = 0.2$	x: 6.452 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.645 m $\eta = 20.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.9$	x: 6.452 m $\eta = 0.2$	x: 6.452 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 20.5$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N M_Y M_Z$	$N M_Y M_Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$		$M_t V_Y$
N78/N520	$\lambda \leq 3.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 1 m $\eta = 7.0$	x: 1 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 8.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.2$	x: 1 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 8.9$
N548/N98	$\lambda \leq 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 0 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 5.9$	$\eta = 0.1$	x: 6.242 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 9.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 9.4$
N567/N569	$\lambda \leq 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1 m $\eta = 0.6$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 1 m $\eta = 0.7$	x: 1 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 6.1$
N555/N556	$\lambda \leq 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 0.9$	$\eta = 5.9$	x: 1.474 m $\eta = 3.4$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 0 m $\eta = 0.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.474 m $\eta = 8.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 8.0$
N502/N511	$\lambda \leq 3.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.5 m $\eta = 2.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 1.25 m $\eta = 6.9$	x: 2.5 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.083 m $\eta = 9.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 9.8$
N552/N555	$\lambda \leq 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 3.182 m $\eta = 7.2$	$\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.182 m $\eta = 11.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 11.1$
N604/N504	$\lambda \leq 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 4.109 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 1.5$	x: 4.109 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 4.109 m $\eta = 2.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.	N.P.	N.P.	CUMPLE $\eta = 2.3$

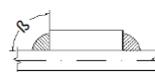
2.2. UNIONES

2.2.1. ESPECIFICACIONES

- **Norma:** CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.
- **Materiales:**
 - Perfiles (Material base): S275.
 - Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)
- **Disposiciones constructivas:**
 1. Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.
 2. Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.
 3. Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.
 4. En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.
 5. Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo β deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:
 - Si se cumple que $\beta > 120$ (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.
 - Si se cumple que $\beta < 60$ (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.



Unión en 'T'



Unión en solape

- **Comprobaciones:**
 - a) Cordones de soldadura a tope con penetración total: En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.
 - b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes: Se comprueban como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A).
 - c) Cordones de soldadura en ángulo: Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A. Se comprueban los siguientes tipos de tensión:

Tensión de Von Mises

Tensión normal

Donde $K = 1$.

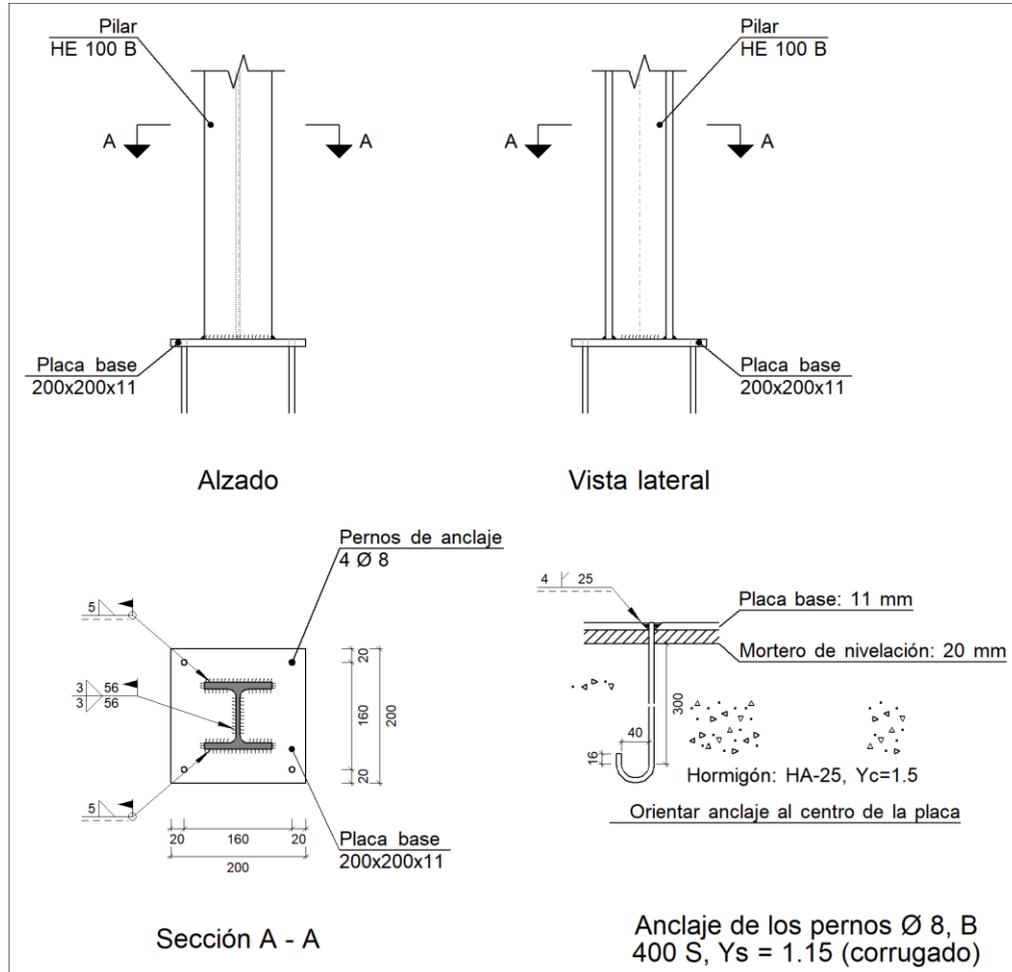
Los valores que se muestran en las tablas de comprobación resultan de las combinaciones de esfuerzos que hacen máximo el aprovechamiento tensional para ambas comprobaciones, por lo que es posible que aparezcan dos valores distintos de la tensión normal si cada aprovechamiento máximo resulta en combinaciones distintas.

- **Comprobaciones en placas de anclaje:** En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):
 1. Hormigón sobre el que apoya la placa. Se comprueba que la tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje-hormigón es menor a la tensión admisible del hormigón según la naturaleza de cada combinación.
 2. Pernos de anclaje:
 - a) *Resistencia del material de los pernos:* Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiles y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.
 - b) *Anclaje de los pernos:* Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).
 - c) *Aplastamiento:* Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.
 3. Placa de anclaje:
 - a) *Tensiones globales:* En placas con vuelo, se analizan cuatro secciones en el perímetro del perfil, y se comprueba en todas ellas que las tensiones de Von Mises sean menores que la tensión límite según la norma.
 - b) *Flechas globales relativas:* Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que 1/250 del vuelo.
 - c) *Tensiones locales:* Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los esfuerzos en cada una de las subplacas se obtienen a partir de las tensiones de contacto con el hormigón y los axiles de los pernos. El modelo generado se resuelve por diferencias finitas.

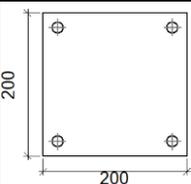
2.2.2. MEMORIA DE CÁLCULO

2.2.2.1. TIPO 1

- Detalle:



- Descripción de los componentes de la unión:

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		200	200	11	4	16	10	4	S275	275.0	410.0

- Comprobación:

1) Pilar HE 100 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	100	10.0	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	3	56	6.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	100	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	ω_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	98.1	98.1	3.9	196.4	50.89	98.1	29.91	410.0	0.85
Soldadura del alma	41.4	41.4	27.5	95.6	24.76	41.4	12.63	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	131.0	131.0	3.9	262.1	67.91	131.0	39.94	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 160 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 6.86 kN	Cumple
-Cortante:	Máximo: 18.67 kN Calculado: 2.88 kN	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 10.98 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 16.1 kN Calculado: 6.08 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 154.439 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 46.1 kN Calculado: 2.52 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
-Derecha:	Calculado: 75.7384 MPa	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 111.494 MPa	Cumple
-Arriba:	Calculado: 229.844 MPa	Cumple
-Abajo:	Calculado: 92.475 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
-Derecha:	Calculado: 1321.06	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Izquierda:	Calculado: 1018.43	Cumple
- Arriba:	Calculado: 624.841	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1287.4	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

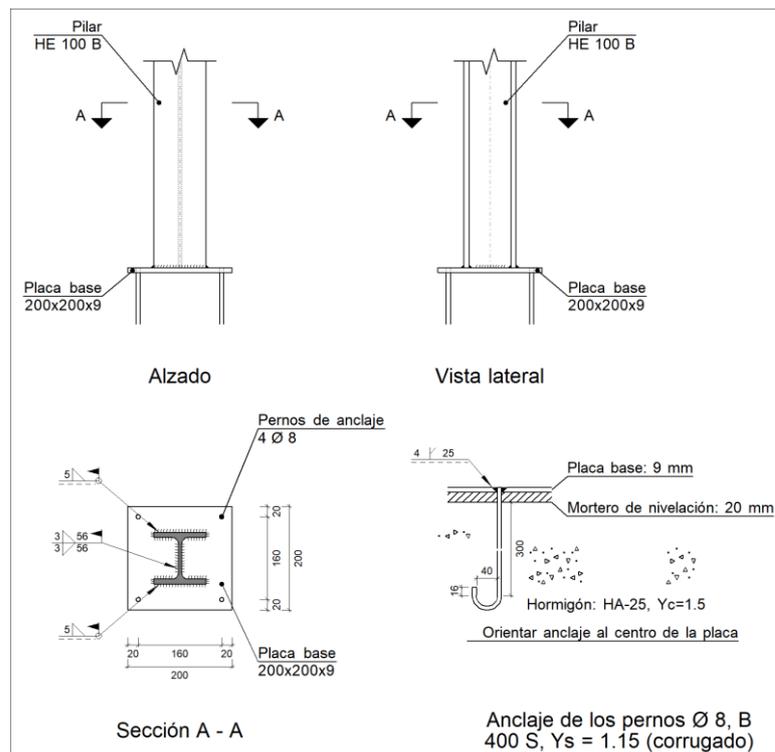
- **Medición:**

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	4	101
			3	112
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	380

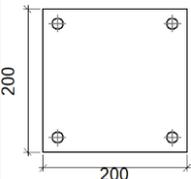
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	200x200x11	3.45
	Total			3.45
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 8 - L = 339 + 91$	0.68
	Total			0.68

2.2.2.2. TIPO 2

- **Detalle:**



– **Descripción de los componentes de la unión:**

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		200	200	9	4	16	10	4	S275	275.0	410.0

– **Comprobación:**

1) Pilar HE 100 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	100	9.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	56	6.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	100	9.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	107.1	107.1	2.5	214.2	55.52	107.1	32.65	410.0	0.85
Soldadura del alma	37.6	37.6	5.2	75.7	19.62	37.6	11.46	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	104.9	104.9	2.5	209.9	54.40	104.9	31.99	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 160 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 8.31 kN	Cumple
-Cortante:	Máximo: 18.67 kN Calculado: 0.96 kN	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción + Cortante:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 9.68 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 16.1 kN Calculado: 8.39 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 169.184 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 37.71 kN Calculado: 0.89 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 240.301 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 142.319 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 173.572 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 220.8 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 442.805	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 569.019	Cumple
- Arriba:	Calculado: 484.355	Cumple
- Abajo:	Calculado: 389.811	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

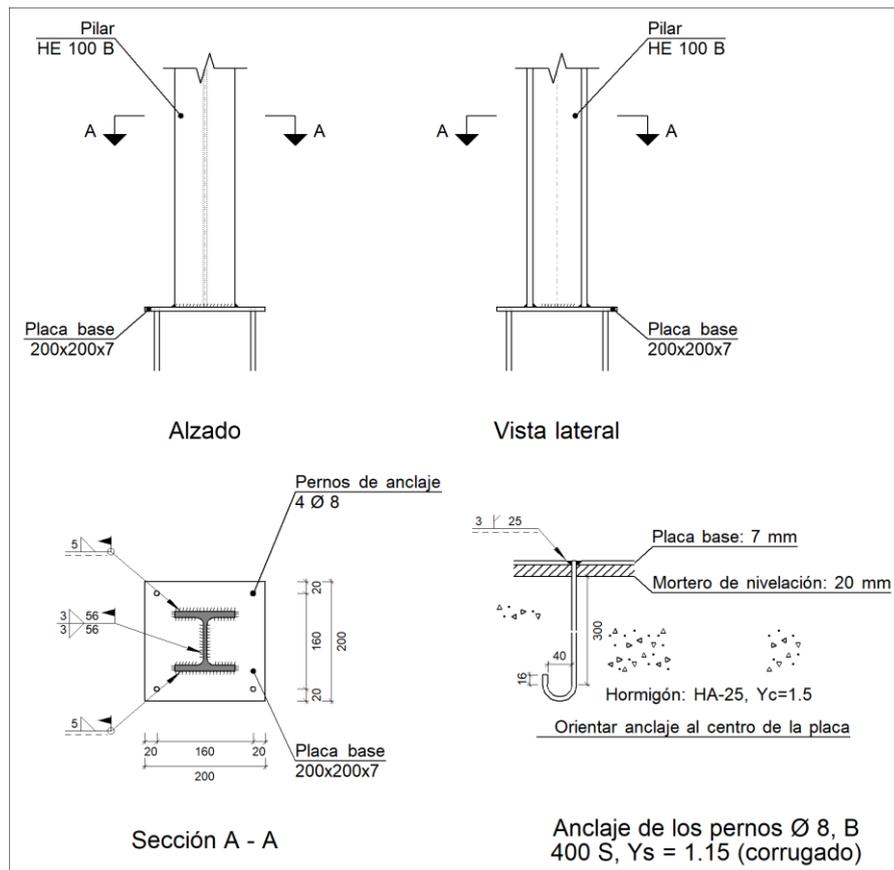
- **Medición:**

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	4	101
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	112
			5	380

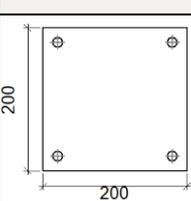
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	200x200x9	2.83
	Total			2.83
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 8 - L = 337 + 91$	0.68
	Total			0.68

2.2.2.3. TIPO 3

- **Detalle:**



– **Descripción de los componentes de la unión:**

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		200	200	7	4	14	10	3	S275	275.0	410.0

– **Comprobación:**

1) Pilar HE 100 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	100	7.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	3	56	6.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	100	7.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	38.5	38.5	1.0	77.0	19.95	38.5	11.73	410.0	0.85
Soldadura del alma	10.5	10.5	1.6	21.2	5.50	10.5	3.21	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	40.2	40.2	0.6	80.3	20.81	40.2	12.24	410.0	0.85

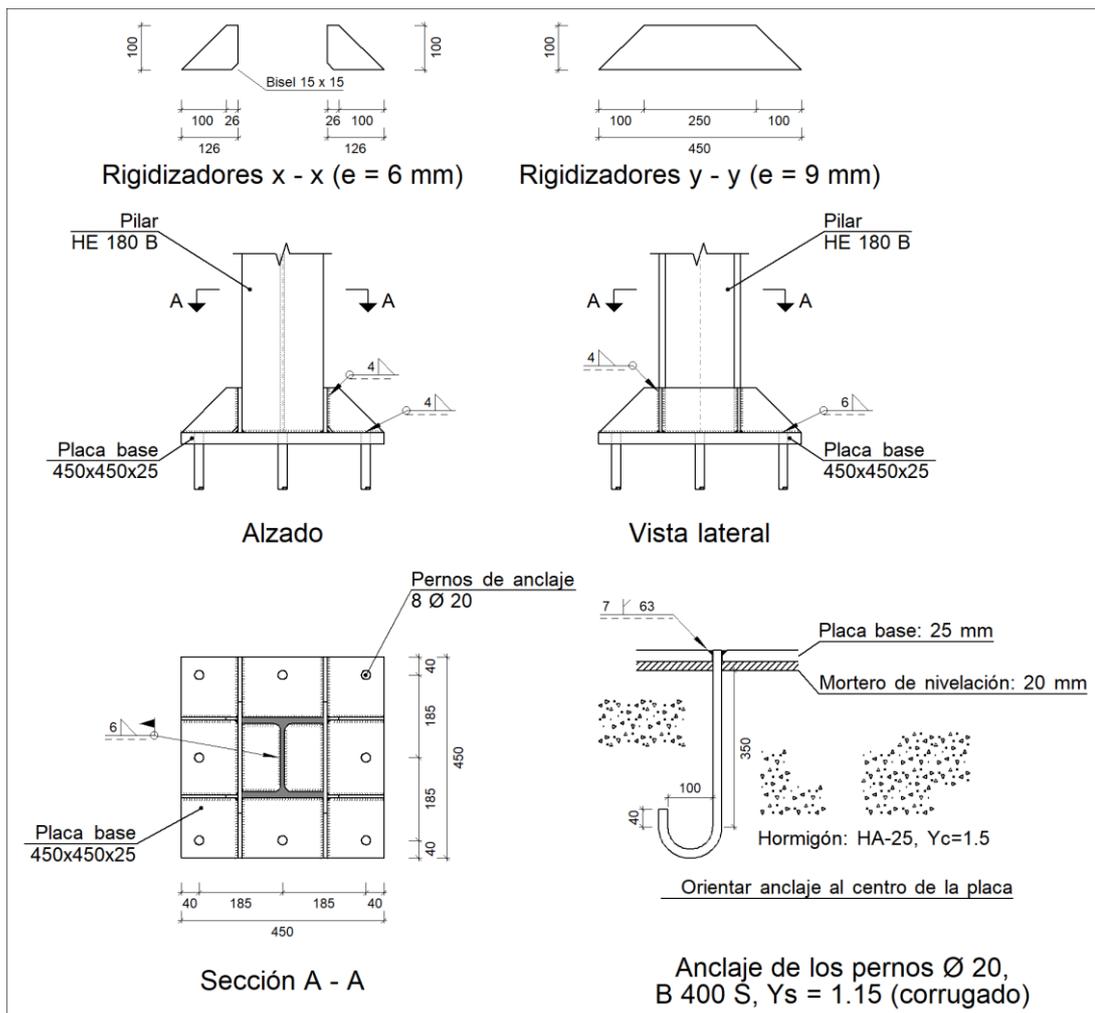
2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 160 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 3.35 kN	Cumple
-Cortante:	Máximo: 18.67 kN Calculado: 0.27 kN	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 3.74 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 16.1 kN Calculado: 3.04 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 61.1581 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 29.33 kN Calculado: 0.25 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
-Derecha:	Calculado: 114.172 MPa	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 100.176 MPa	Cumple
-Arriba:	Calculado: 100.607 MPa	Cumple
-Abajo:	Calculado: 44.6431 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
-Derecha:	Calculado: 578.849	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 605.69	Cumple
-Arriba:	Calculado: 1191.8	Cumple
-Abajo:	Calculado: 4106.13	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

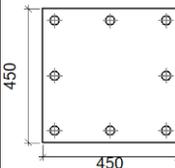
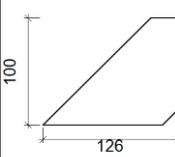
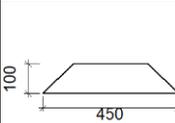
- Medición:

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	3	101
			3	112
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	380

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	200x200x7	2.20
	Total			2.20
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 8 - L = 335 + 91$	0.67
	Total			0.67

2.2.2.4. TIPO 4
- Detalle:


– Descripción de los componentes de la unión:

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		450	450	25	8	34	22	7	S275	275.0	410.0
Rigidizador		126	100	6	-	-	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		450	100	9	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

– Comprobación:

- 1) Pilar HE 180 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	887	8.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	$\square\square$ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

- 2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
-Paralelos a X:	Calculado: 48.5	Cumple
-Paralelos a Y:	Calculado: 32.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
-Tracción:	Máximo: 77.78 kN Calculado: 62.31 kN	Cumple
-Cortante:	Máximo: 54.45 kN Calculado: 6 kN	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 77.78 kN Calculado: 70.87 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 189.826 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 261.9 kN Calculado: 5.62 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 117.689 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 119.54 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 215.512 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 217.282 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 5002.79	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 4935.68	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2775.45	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3251.76	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 196.321 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

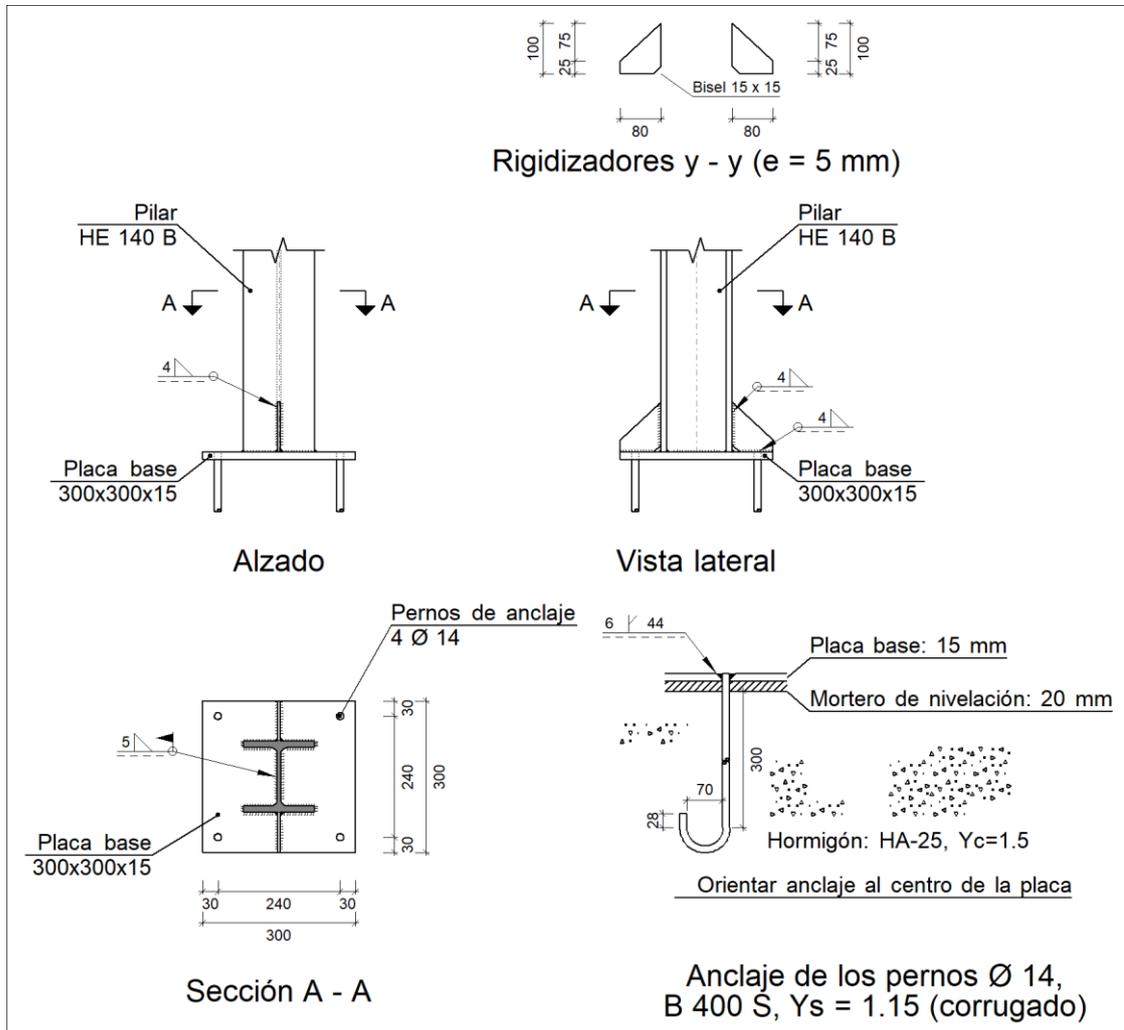
- **Medición:**

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1228
			6	1744
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	503
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	887

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x450x25	39.74
	Rigidizadores pasantes	2	450/250x100/0x9	4.95
	Rigidizadores no pasantes	4	126/26x100/0x6	1.43
	Total			46.12
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 20 - L = 415 + 228$	12.70
	Total			12.70

2.2.2.5. TIPO 5

- Detalle:



- Descripción de los componentes de la unión:

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Díámetro exterior (mm)	Díámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Placa base		300	300	15	4	26	16	6	S275	275.0	410.0
Rigidizador		80	100	5	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

- Comprobación:

1) Pilar HE 140 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	682	7.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 46.67 kN Calculado: 34.85 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 32.67 kN Calculado: 4.64 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 46.67 kN Calculado: 41.48 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 49.28 kN Calculado: 33.22 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 219.623 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 110 kN Calculado: 4.35 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 138.335 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 136.895 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 172.007 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 170.071 MPa	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 689.109	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1502.36	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6244.04	Cumple
- Abajo:	Calculado: 7336.87	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

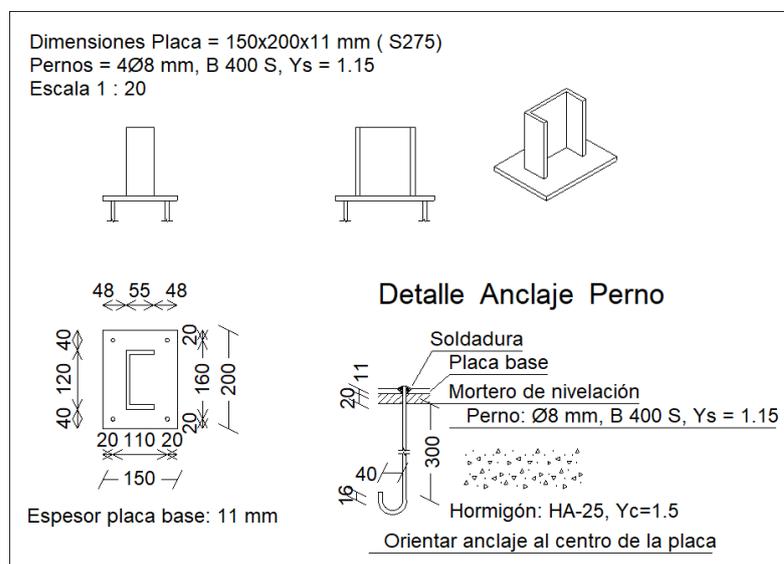
- **Medición:**

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	430
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	6	176
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	682

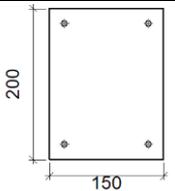
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x300x15	10.60
	Rigidizadores no pasantes	2	80/0x100/25x5	0.39
	Total			10.99
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 14 - L = 349 + 160$	2.46
	Total			2.46

2.2.2.6. TIPO 6

- **Detalle:**



- Descripción de los componentes de la unión:

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		150	200	11	4	8	S275	275.0	410.0

- Comprobación:

1) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 111 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 12.72 kN	Cumple
-Cortante:	Máximo: 18.67 kN Calculado: 5.01 kN	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 26.67 kN Calculado: 19.88 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 16.1 kN Calculado: 11.49 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 285.08 MPa	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
-Derecha:	Calculado: 33.7538 MPa	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 33.5815 MPa	Cumple
-Arriba:	Calculado: 159.024 MPa	Cumple
-Abajo:	Calculado: 258.895 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
-Derecha:	Calculado: 100000	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 100000	Cumple
-Arriba:	Calculado: 921.383	Cumple
-Abajo:	Calculado: 514.472	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

- Medición:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	150x200x11	2.59
	Total			2.59
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 8 - L = 339 + 91	0.68
	Total			0.68

2.2.3. MEDICIÓN

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	4974
			6	5232
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	3	302
			4	603
			6	528
			7	1508
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	1008
			5	5466
			6	2661

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	3	200x200x7	6.59
		4	200x200x9	11.30
		2	200x200x11	6.91
		2	150x200x11	5.18
		3	300x300x15	31.79
		3	450x450x25	119.22
	Rigidizadores pasantes	6	450/250x100/0x9	14.84
	Rigidizadores no pasantes	6	80/0x100/25x5	1.18
		12	126/26x100/0x6	4.30
	Total			201.31
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 8 - L = 339 + 91	2.72
		16	Ø 8 - L = 337 + 91	2.70
		12	Ø 8 - L = 335 + 91	2.02
		12	Ø 14 - L = 349 + 160	7.38
		24	Ø 20 - L = 415 + 228	38.09
	Total			52.91

2.3. CIMENTACIÓN

2.3.1. DESCRIPCIÓN

Referencias	Geometría	Armado
N591, N603, N599 y N54	Zapata cuadrada Ancho: 90.0 cm Canto: 40.0 cm	X: 3Ø12c/30 Y: 3Ø12c/30
N543	Zapata cuadrada Ancho: 135.0 cm Canto: 45.0 cm	Sup X: 5Ø12c/27 Sup Y: 5Ø12c/27 Inf X: 5Ø12c/27 Inf Y: 5Ø12c/27
N601	Zapata cuadrada Ancho: 110.0 cm Canto: 40.0 cm	Sup X: 4Ø12c/30 Sup Y: 4Ø12c/30 Inf X: 4Ø12c/30 Inf Y: 4Ø12c/30
N600, N598 y N1	Zapata cuadrada Ancho: 70.0 cm Canto: 40.0 cm	X: 2Ø12c/30 Y: 2Ø12c/30
N541	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 47.5 cm Ancho inicial Y: 77.5 cm Ancho final X: 227.5 cm Ancho final Y: 77.5 cm Ancho zapata X: 275.0 cm Ancho zapata Y: 155.0 cm Canto: 105.0 cm	Sup X: 7Ø16c/21 Sup Y: 13Ø16c/21 Inf X: 7Ø16c/21 Inf Y: 13Ø16c/21
N542	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 47.5 cm Ancho inicial Y: 97.5 cm Ancho final X: 327.5 cm Ancho final Y: 97.5 cm Ancho zapata X: 375.0 cm Ancho zapata Y: 195.0 cm Canto: 155.0 cm	Sup X: 9Ø20c/22 Sup Y: 17Ø20c/22 Inf X: 9Ø20c/22 Inf Y: 17Ø20c/22
N550	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 40.0 cm Ancho inicial Y: 50.0 cm Ancho final X: 120.0 cm Ancho final Y: 50.0 cm Ancho zapata X: 160.0 cm Ancho zapata Y: 100.0 cm Canto: 55.0 cm	Sup X: 4Ø12c/22 Sup Y: 7Ø12c/22 Inf X: 4Ø12c/22 Inf Y: 7Ø12c/22
N592	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 40.0 cm Ancho inicial Y: 70.0 cm Ancho final X: 210.0 cm Ancho final Y: 70.0 cm Ancho zapata X: 250.0 cm Ancho zapata Y: 140.0 cm Canto: 100.0 cm	Sup X: 11Ø12c/12.5 Sup Y: 19Ø12c/12.5 Inf X: 11Ø12c/12.5 Inf Y: 19Ø12c/12.5

2.3.2. RESUMEN DE MEDICIÓN

Elemento	B 500 S, Y _s =1.15 (kg)				Hormigón (m ³)	
	Ø12	Ø16	Ø20	Total	HA-25, Y _c =1.5	Limpieza
Referencias: N591, N603, N599 y N54	4x6.38			25.52	4x0.32	4x0.08
Referencia: N543	28.91			28.91	0.82	0.18
Referencia: N601	19.23			19.23	0.48	0.12
Referencias: N600, N598 y N1	3x3.48			10.44	3x0.20	3x0.05
Referencia: N541		152.79		152.79	4.48	0.43
Referencia: N542			413.75	413.75	11.33	0.73
Referencia: N550	30.27			30.27	0.88	0.16
Referencia: N592	116.80			116.80	3.50	0.35
Totales	231.17	152.79	413.75	797.71	23.38	2.44

2.3.4. COMPROBACIÓN

Referencia: N591		
Dimensiones: 90 x 90 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0913311 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0417906 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.183741 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 122.7 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 222.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 12.27 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 6.27 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 274 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N591:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple

Referencia: N591		
Dimensiones: 90 x 90 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje:	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N543		
Dimensiones: 135 x 135 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.100651 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0271737 MPa	Cumple

Referencia: N543		
Dimensiones: 135 x 135 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.202675 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 105.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 115.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 46.24 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 21.73 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 50.03 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 21.09 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 356.8 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N543:	Mínimo: 35 cm Calculado: 38 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0008	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple

Referencia: N543		
Dimensiones: 135 x 135 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud de anclaje:	Mínimo: 22 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N601		
Dimensiones: 110 x 110 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30 Xs:Ø12c/30 Ys:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0354141 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0290376 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0717111 MPa	Cumple

Referencia: N601		
Dimensiones: 110 x 110 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30 Xs:Ø12c/30 Ys:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 10841.4 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 24.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 2.09 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 8.87 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 2.75 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 16.58 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 87 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N601:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
	Mínimo: 0.0009	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
	Calculado: 0.001	
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:		
	Mínimo: 10 cm	

Referencia: N601		
Dimensiones: 110 x 110 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30 Xs:Ø12c/30 Ys:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N600		
Dimensiones: 70 x 70 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0110853 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0146169 MPa	Cumple

Referencia: N600		
Dimensiones: 70 x 70 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0135378 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 10207.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 621.6 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 4 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N600:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje:	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple

Referencia: N600		
Dimensiones: 70 x 70 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N541		
Dimensiones: 275 x 155 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0577809 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0487557 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.139008 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 536.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 2.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 23.19 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 70.62 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 10.69 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 34.9 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm Calculado: 105 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N541:	Mínimo: 35 cm Calculado: 97 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple

Referencia: N541		
Dimensiones: 275 x 155 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:	Mínimo: 0.0001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 21 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 137 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 140 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple

Referencia: N541		
Dimensiones: 275 x 155 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: N542		
Dimensiones: 375 x 195 x 155		
Armados: Xi:Ø20c/22 Yi:Ø20c/22 Xs:Ø20c/22 Ys:Ø20c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0415944 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.050031 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0928026 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 15.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 9.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 18.81 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -62.70 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 17.85 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 64.4 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 155 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N542:	Mínimo: 35 cm Calculado: 146 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
	Mínimo: 0.0009	

Referencia: N541		
Dimensiones: 275 x 155 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:	Mínimo: 0.0001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 20 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 201 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 209 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple

Referencia: N541		
Dimensiones: 275 x 155 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/21 Yi:Ø16c/21 Xs:Ø16c/21 Ys:Ø16c/21		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 28 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N550		
Dimensiones: 160 x 100 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.053955 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0528759 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.145286 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 252.2 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 5.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 8.91 kN-m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 15.46 kN-m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 8.14 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 79.7 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N550:	Mínimo: 30 cm Calculado: 48 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 0.0009	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
	Calculado: 0.001	
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple

Referencia: N550		
Dimensiones: 160 x 100 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje:	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 74 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 74 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N592		
Dimensiones: 250 x 140 x 100		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0291357 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0386514 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0550341 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 17.3 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 5.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 5.08 kN·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: -13.93 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 3.53 kN	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 48.8 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm Calculado: 100 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N592:	Mínimo: 30 cm Calculado: 93 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
-Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple

Referencia: N592		
Dimensiones: 250 x 140 x 100		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
Longitud de anclaje:	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 128 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 128 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

3.1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

3.1.1. GENERALIDADES

Este documento muestra únicamente las normas específicas de seguridad que deberá seguir el operador para poder utilizarla de un modo seguro. El estudio de los riesgos en cintas transportadoras de material a granel verifica que se trata de maquinaria con moderados índices de accidentalidad y casi nulos índices de mortalidad. Esto se debe a la poca presencia de operarios sobre ellas durante su funcionamiento, ya que son máquinas automáticas a las que únicamente se debe acceder en caso de avería o mantenimiento. Sin embargo, también se constata que la mayoría de accidentes se producen por la manipulación directa de los operarios sobre partes de las cintas al intentar solucionar, sobre la marcha y sin parar, alguna anomalía en el funcionamiento (atascos, deslizamientos).

La máquina sólo deberá emplearse para transportar áridos y siempre deberá ser utilizada por personal autorizado y formado. Las operaciones de mantenimiento, reparación o cualquier modificación de la máquina sólo podrán ser realizadas por personal especializado.

3.1.2. RIESGOS Y PREVENCIÓN

A continuación se describen algunas de las posibles prevenciones para los siguientes riesgos:

- **Caídas desde altura:** Cuando sea necesario acceder al extremo más elevado de la cinta para realizar tareas de desatascos, mantenimiento del motor o revisiones, no se deberá subir nunca directamente por la banda. Las cintas inclinadas hasta cierta altura, que ofrecen peligro de caída desde más de 2 metros de altura para el personal que debe circular por ellas, deberán disponer de plataformas adjuntas a los tambores elevados y de pasarelas a lo largo de los tramos elevados. Tanto las pasarelas como las plataformas, deben disponer de barandillas suficientemente resistentes de 90 cm de altura, con rodapié de 15 cm y el suelo, tanto si es continuo como si está formado por peldaños, debe ser de material antideslizante, ranurado o perforado y, en todo caso, debe permitir una fácil eliminación de las aguas y de las posibles acumulaciones de sedimentos, polvo, etc.
- **Caída de material desde la cinta:** Si la alimentación de la cinta es irregular y con aportaciones puntuales que determinan la formación de montones sobre la banda, debe instalarse a la salida de la tolva algún elemento capaz de distribuir el material para así evitar posibles derrames posteriores. En tramos de cinta que se encuentren por encima de vías de circulación, se deben adoptar medidas para evitar caída de materiales, especialmente si son de granulometría gruesa.
 - Instalar encauzadores para contener el material y evitar su desprendimiento.
 - Instalar protecciones en la base de la cinta para que los posibles derrames queden retenidos en el interior.
 - Disponer paneles de recogida en la parte inferior de la cinta o cintas transportadoras de pequeño tamaño que reconduzcan las pérdidas de nuevo al canal central o las encaucen hacia zonas no conflictivas.
- **Daños a la máquina:** La carga se deberá hacer lo más centrada posible y de forma regular para evitar impactos o acumulaciones excesivas de material sobre determinados puntos de la banda

transportadora, para evitar el prematuro desgaste de las estaciones de rodillos en la zona inicial. Deben revisarse todos los elementos que se observen desgastados o deformados. También, la cinta debe transportar únicamente aquel material para el que ha sido diseñada, o materiales con composición, humedad y granulometría dentro de los límites establecidos por el fabricante. Para transportar materiales húmedos, aceitosos, calientes o con aristas vivas se deberán emplear bandas especiales.

- **Golpes contra objetos:** Los soportes de la cinta deben estar correctamente señalizados y protegidos ante cualquier impacto. Su diseño tiene que evitar en la medida de lo posible el paso de vías de circulación de peatones o de vehículos en las cercanías de los mismos, especialmente cuando se transporten materiales de elevada granulometría.
- **Atrapamientos con partes móviles de la máquina:** No tocar nunca la cinta mientras el motor permanezca en funcionamiento. Las operaciones de limpieza de la cinta para eliminar materiales adheridos a la banda, rodillos o tambores se deberán realizar con el motor parado y con el cable eléctrico desconectado de la toma de corriente. Instalar distanciadores en los sistemas de contrapeso para evitar el golpeo del tambor tensor con los operarios y para evitar su entrada en el mismo.
- **Contacto eléctrico directo:** Mantener las siguientes distancias límites de aproximación a las líneas eléctricas aéreas: al menos 3 m para tensiones hasta 66 kV, un mínimo de 5 m para tensiones entre 66 kV y 220 kV y al menos 7 m para tensiones de 380 kV. No utilizar la máquina en lugares húmedos o mojados.
- **Contacto eléctrico indirecto:** Tanto el cuadro de control como el cuerpo metálico de la cinta deberán estar conectados a tierra. El interruptor diferencial podrá ser de baja sensibilidad (300 mA) siempre que todas las masas de la máquina estén puestas a tierra, siendo ésta inferior a 80 ohmios. En caso contrario, el interruptor diferencial deberá ser de alta sensibilidad (30 mA).
- **Incendio:** No utilizar nunca la máquina en atmósferas potencialmente explosivas como por ejemplo cerca de almacenamientos de materiales inflamables como pintura o combustible.

3.1.3. COMPROBACIONES

Las comprobaciones diarias recomendadas para que la cinta transportadora funcione de correctamente y de forma segura son las siguientes:

- Al comienzo de la jornada, se deberá poner la cinta en funcionamiento sin carga para verificar que:
 - El motor gira en el sentido correcto.
 - La tensión de la banda transportadora es la adecuada.
 - La banda está centrada en todo su recorrido y se desplaza sin producir ruidos o vibraciones extrañas.
 - La parada de emergencia funciona correctamente.
- Comprobar que la banda transportadora no presente desgarros, cortes o agujeros.
- Verificar que la máquina no posea daños estructurales evidentes y que se mantiene la estanqueidad del cuadro eléctrico.

- Verificar que la toma de tierra está en buen estado y se encuentra correctamente colocada en el terreno.
- Verificar que el resguardo del tambor de cola está en buen estado y se encuentra colocado correctamente.
- Comprobar que los rascadores se encuentran en perfecto estado y que los rodillos y tambores no presentan materiales adheridos o incrustados.
- Comprobar que las señales de información y advertencia permanecen limpias y en buen estado.

3.1.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)

Son cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que lo proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud. En el *Real Decreto 733/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*, se establecen los criterios de selección de los EPIs. Estos equipos no eliminan los riesgos a los que se expone el trabajador, sino que únicamente los protege de aquellos medios a los cuales la protección colectiva no es suficiente.

En relación con las cintas transportadoras, no es recomendable portar collares, pulseras o cadenas, para así reducir el riesgo de atrapamiento. A continuación, se indican los equipos de protección necesarios:

- **Calzado de seguridad:** Su uso es obligatorio en una obra y debe poseer una suela antideslizante.
- **Casco de protección:** Para choques o impactos, Su uso será obligatorio cuando se deba permanecer en las proximidades de la cinta.
- **Mascarilla con filtro mecánico:** Se utilizará cuando exista un riesgo de inhalación de polvo.
- **Gautes:** Se deberán utilizar durante las operaciones de manipulación de la carga.
- **Gafas de seguridad:** Se deberán utilizar cuando se hagan revisiones en marcha, observaciones del buen funcionamiento y trabajos bajo régimen de viento.
- **Vestimenta de seguridad:** Chaleco o mono con elementos reflectantes para una mejor visualización de la persona.



Figura 50. EPIs comunes.

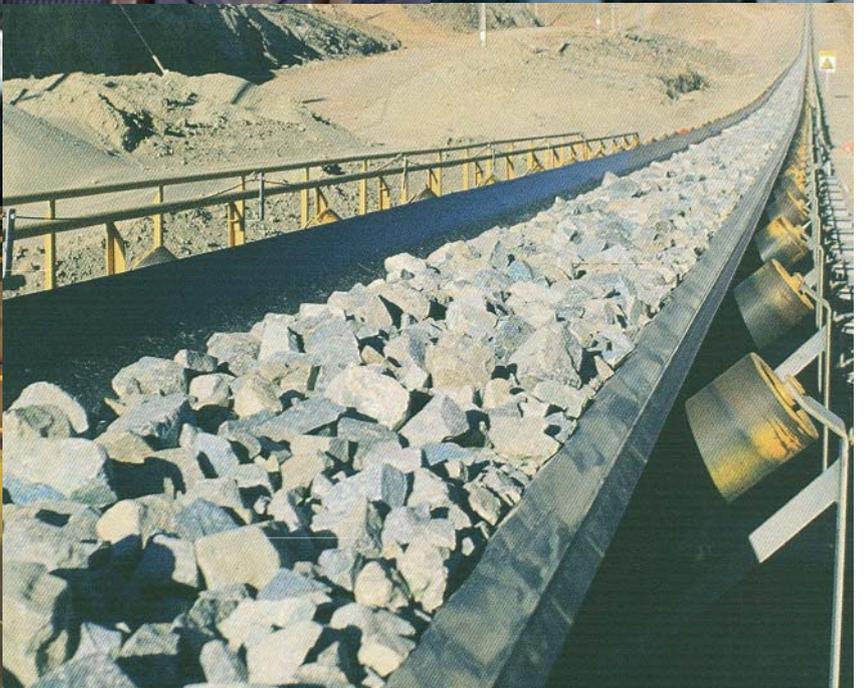
4. CATÁLOGOS

A continuación, se adjunta el catálogo comercial de bandas transportadoras Refort Belt. Se adjunta únicamente las páginas correspondientes a las bandas lisas, que son las utilizadas en este Proyecto, con el fin de no extender su contenido.



REFORTBELT[®]

CONVEYOR BELT SYSTEMS
made in Europe



INDÍCE

INTRODUCCIÓN

4

BANDA TRANSPORTADORA

BANDA LISA TEXTIL

6

BANDA LISA METÁLICA

8

BANDA LISA FLEXIMAT (IW / SW)

9

BANDA CHEVRON

BANDA CHEVRON 16 TEXTIL

10

BANDA CHEVRON 25 TEXTIL

12

BANDA CHEVRON 32 TEXTIL

13

BANDA CHEVRON ESPECIAL

14

BANDA ELEVADORA

BANDA ELEVADORA TEXTIL

16

BANDA ELEVADORA METÁLICA

17

ESPECIAL

BANDA FILTRANTE

15

BANDA MONOCAPA

18

BANDA PARA OVERBAND

19

BANDA BORD

20

BANDAS DE FABRICACIÓN ESPECIAL

21

ACCESORIOS

ACCESORIOS VARIOS

22

REFORTBELT fabrica según la Normativa DIN22102 en los siguientes parámetros:

Los tipos de tela. EP Poliester, Poliamida

Tabla 1: Tipos de bandas transportadoras con una, dos o más telas (Cargas de rotura).

Nº de telas	2	3	4	5
Tipo de tela	Tensiones de la banda			
EP125	250	400	500	630
EP160	315	500	630	800
EP200	400	600	800	1.000
EP250	500	750	1.000	1.250
EP315	630	1.000	1.250	1.600
EP400	800	1.200	1.600	2.000
EP500	1.000	1.500	2.000	2.500
EP800	1.600	2.400	3.200	4.000

Resistencia a la tracción, el alargamiento y la abrasión de la cobertura

Tabla 2: Resistencia a la tracción del alargamiento, y a la abrasión.

Tipo de placas de la cubierta	Resistencia a la tracción N / mm ² min	Alargamiento del caucho % min	Abrasión mm ³ max
N	17	400	160
Y	20	400	150
X	25	450	120
W	18	400	80
MOR	15	450	160
OR	12	300	200
HEAT	15	400	150
HI-HEAT	10	400	150
K	20	400	150
S	20	400	150

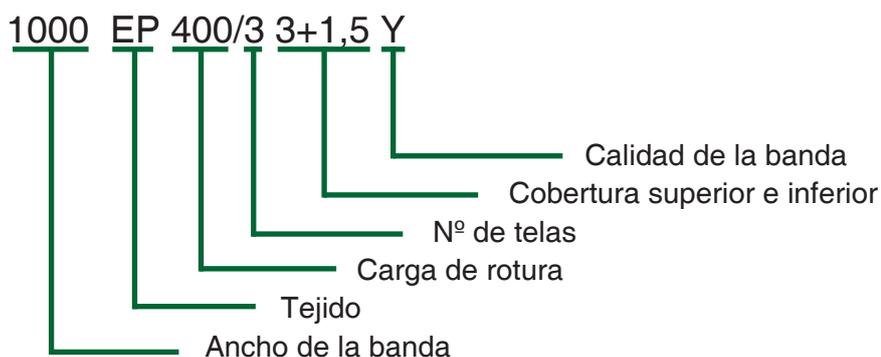
Diámetros de tambor recomendados:

Nº de telas		3	4	5
Tipo de banda	Tipo de tela	Diámetro de tambor motriz		
EP	EP125	250	315	400
	EP160	316	400	500
	EP200	500	630	800
	EP250	630	800	1.000
	EP315	800	1.000	1.250
	EP400	800	1.000	1.250

Bandas transportadoras

Tipos	Normas	Propiedades
REFORT N	DIN 22102 N	Resistente a la abrasión, apta para transportar materiales pesados bajo condiciones de trabajo normales. Abrasión 160 mm ³ .
REFORT Y	DIN 22102 Y	Resistente a la abrasión, apta para transportar materiales pesados bajo condiciones de trabajo normales. Abrasión 150 mm ³ .
REFORT X	DIN 22102 X ISO 10247 H	Alta resistencia a la abrasión, cortes y arañazos profundos. Apta para materiales pesados, cortantes, aterronados. Abrasión 120 mm ³ .
REFORT W	DIN 22102 W ISO 10247 D	Super-resistencia al desgaste. Graneles altamente abrasivos. Temperaturas de -60°C/+70°C. Abrasión 80 mm ³ .
REFORT MOR	DIN 22102 G	Banda transportadora moderadamente resistente a los aceites animales y vegetales. Abrasión 160 mm ³ .
REFORT OR	DIN 22102 G	Alta resistencia a aceites minerales. Abrasión 200 mm ³ .
REFORT HEAT	DIN 22102 ISO 4195	Apta para transportar cargas a una temperatura máxima de 150°C de manera continua. Abrasión 150 mm ³ .
REFORT HI-HEAT	DIN 22102	Apta para transportar cargas a temperatura de 200°C. Puede resistir, por un corto período de tiempo, temperaturas de más de 220°C. Abrasión 150 mm ³ .
REFORT YK	DIN 22102 K	Recomendada para aplicaciones donde se deba eliminar el riesgo de incendio o explosión. Abrasión 150 mm ³ .
REFORT YS	DIN 22102 S ISO 433 S	Apta para transporte de materiales con riesgo de incendio o explosión. Recomendada para trabajos en interiores de minas o túneles. Abrasión 150 mm ³ .

Denominación de las bandas transportadoras textiles



BANDA LISA TEXTIL

Las bandas textiles son las más utilizadas para el transporte de material a granel en posición horizontal y con inclinaciones no superiores a los 18-20° dependiendo del producto a transportar. Superando esas inclinaciones se recomienda la utilización de bandas con perfiles transversales como podrían ser las bandas nervadas, Chevron, etc.

La composición de las bandas lisas textiles consta de una o varias capas de tejidos engomados se-

parados por una capa de goma intermedia para la mejora de su flexibilidad, recubiertas por capas de goma con el espesor y la calidad deseada según su trabajo y el material que transporta.

Estos tejidos, denominados EP, son los encargados de dar una alta resistencia a la rotura y al impacto, gracias a las fibras de poliéster (E) en sentido longitudinal (urdimbre) y de poliamida o nylon (P) en sentido transversal (trama) de la banda.

Modelos estándar:

Tejido	Carga rotura	Nº de telas	Cobertura superior	Cobertura inferior	Calidad	Cantos	Anchos
EP	250	2	2	1,5	Y	moldeados	400, 500, 600, 650
EP	400	3	3	1,5	Y	moldeados	400, 500, 600, 650, 800, 1.000
EP	500	4	4	2	Y	moldeados	500, 600, 650, 800, 1.000, 1.200, 1.400, 1.600
EP	630	4	6	2	Y	moldeados	800, 1.000, 1.200, 1.400, 1.600
EP	400	3	4	2	HI-HEAT	moldeados	500, 600, 650, 800, 1.000, 1.200, 1.400
EP	500	4	4	2	HI-HEAT	moldeados	500, 600, 650, 800, 1.000, 1.200, 1.400
EP	400	3	4	2	MOR	moldeados	500, 600, 650, 800, 1.000, 1.200, 1.400, 1.600, 1.800
EP	400	3	3	0	MOR	moldeados	500, 600, 650, 800, 1.000, 1.200, 1.400, 1.600, 1.800

* Modelos bajo pedido:

Tejido	Carga rotura	Nº de telas	Cobertura superior	Cobertura inferior	Calidad	Cantos	Anchos
EP	250	2	2	0	Y	moldeados	400
PP	400	3	3	1,5	X	moldeados	500
EPP	500	4	4	2	W	moldeados	600
	630	5	5	3	MOR	moldeados	650
	800		6	4	OR	moldeados	800
	1000		8	6	HEAT	moldeados	1000
	1250		10	8	HI-HEAT	moldeados	1200
	1500			10	YK	moldeados	1400
	2000				YS	moldeados	1600
						moldeados	1800

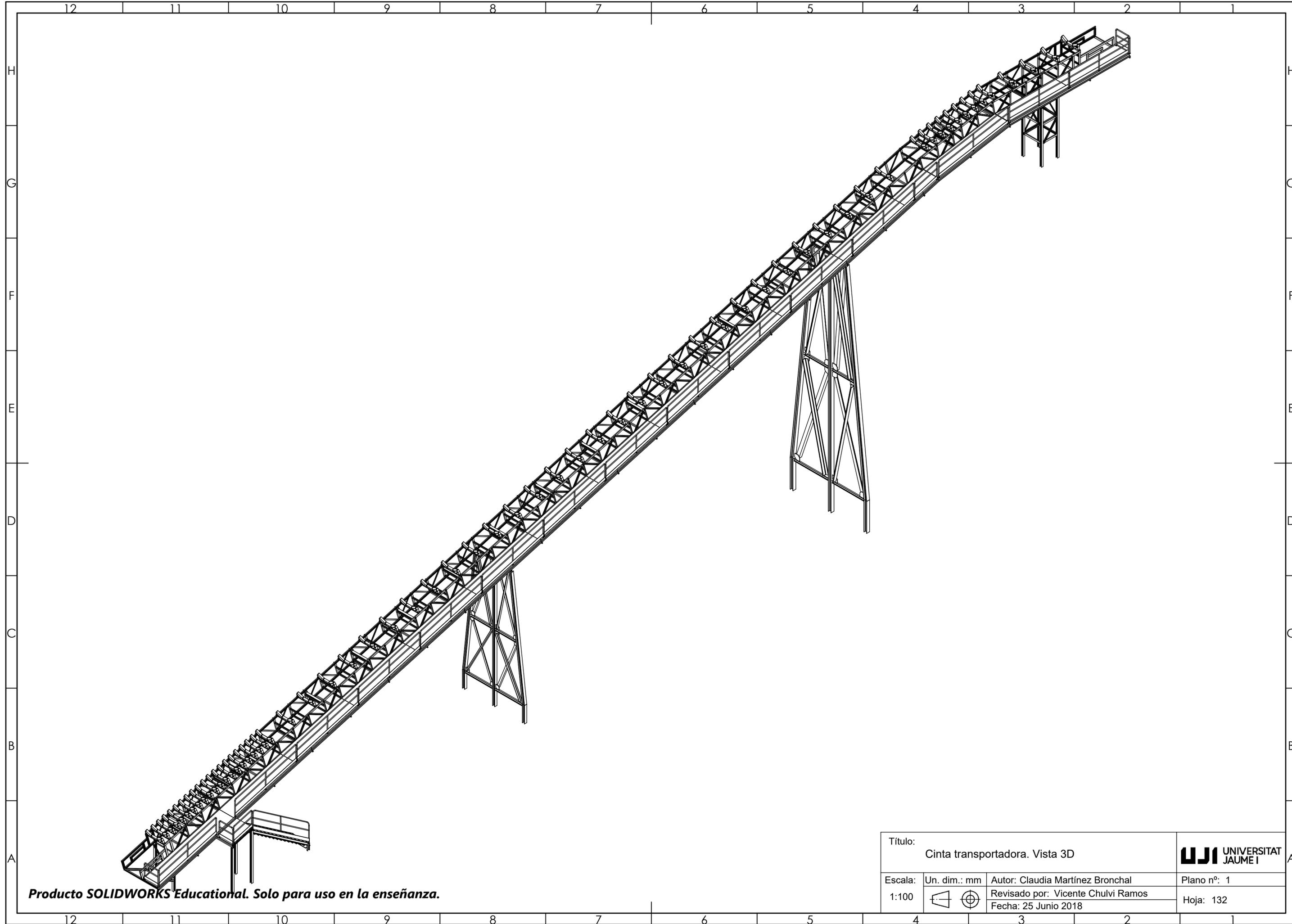
* Todas las combinaciones son posibles, por ejemplo: EP 800/4 8+3 W-ME, de ancho 1.200mm.



CAPÍTULO 3. PLANOS

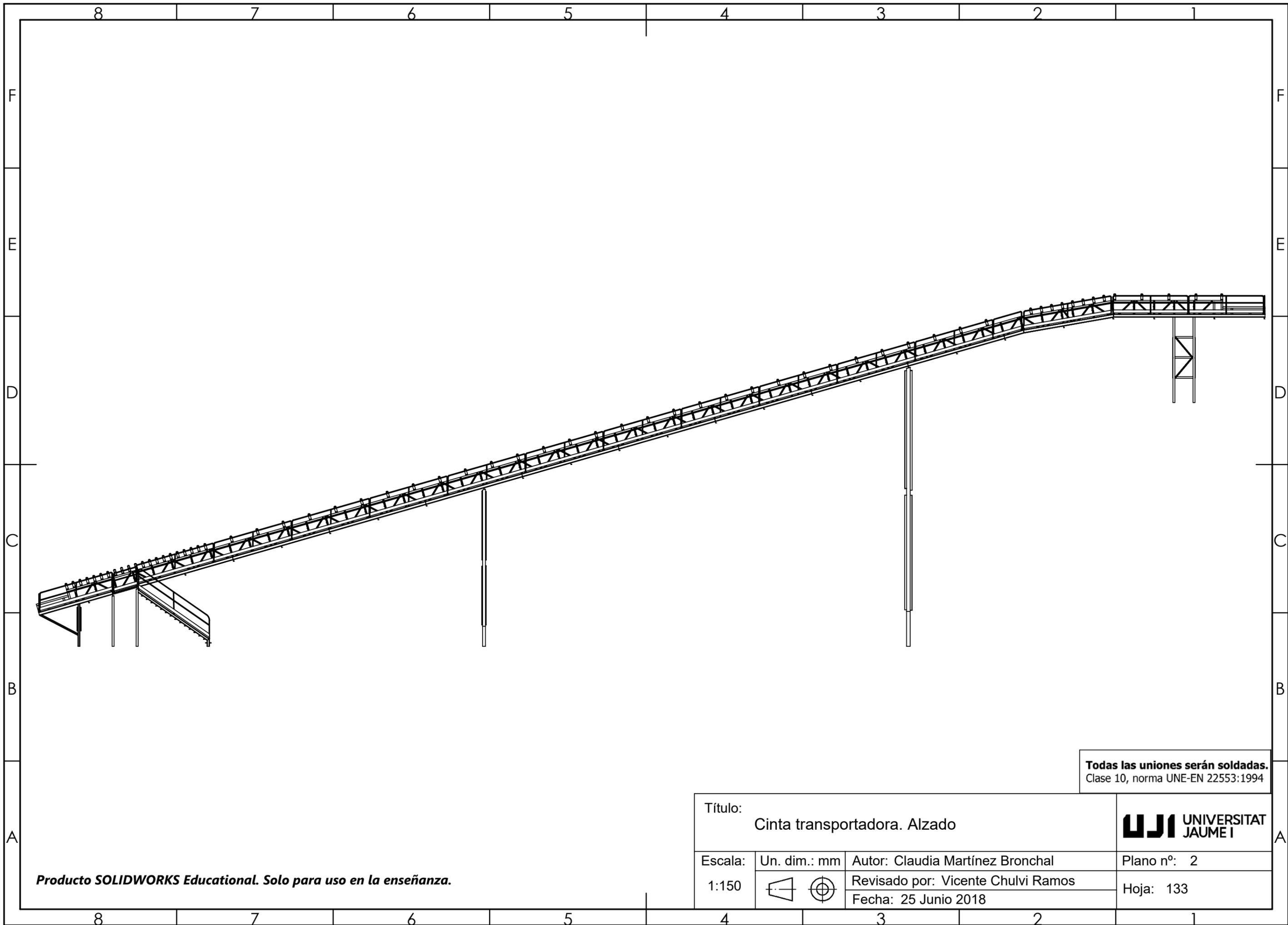
ÍNDICE

Nº PLANO	TÍTULO	PÁGINA
1	3D	132
2	Alzado	133
3	Plano de conjunto. Soporte inferior	134
4	Soporte inferior	135
5	Plano de conjunto. Soporte superior	136
6	Soporte superior	137
7	Plano de conjunto. Escalera y bastidor del tambor de reenvío	138
8	Escalera y bastidor del tambor de reenvío	139
9	Plano de conjunto. Bastidor inclinado	140
10	Bastidor inclinado	141
11	Plano de conjunto. Estructura del contrapeso	142
12	Contrapeso	143
13	Plano de conjunto. Bastidor en curva	144
14	Bastidor en curva	145
15	Plano de conjunto. Bastidor del tambor motriz	146
16	Bastidor motriz	147



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

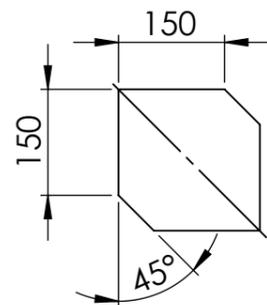
Título:		Cinta transportadora. Vista 3D		
Escala:	Un. dim.: mm	Autor: Claudia Martínez Bronchal	Plano nº: 1	
1:100	 	Revisado por: Vicente Chulvi Ramos	Hoja: 132	
		Fecha: 25 Junio 2018		



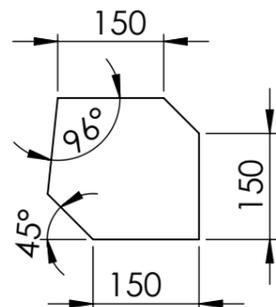
Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994

Título: Cinta transportadora. Alzado			
Escala: 1:150	Un. dim.: mm 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	Plano nº: 2 Hoja: 133

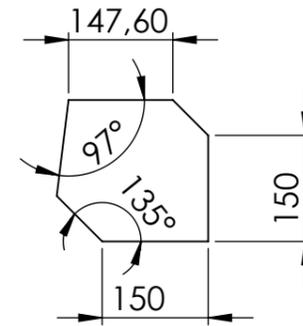
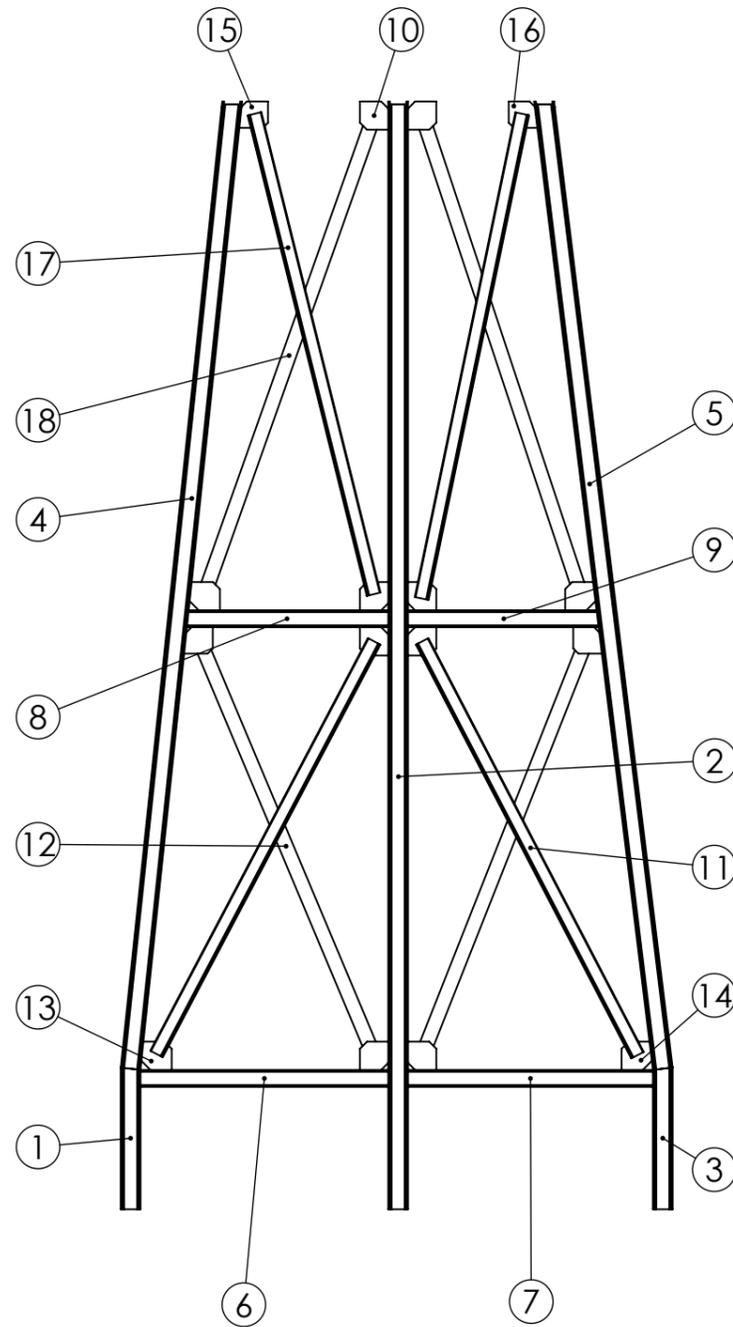
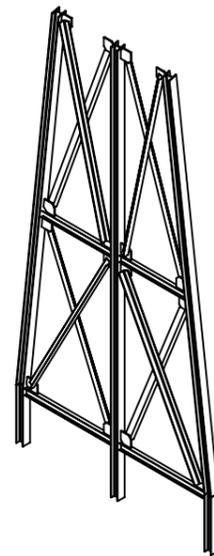
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



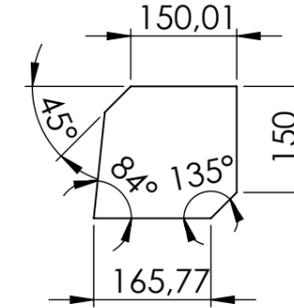
Marca 10
Escala 1:10
Espesor 15 mm



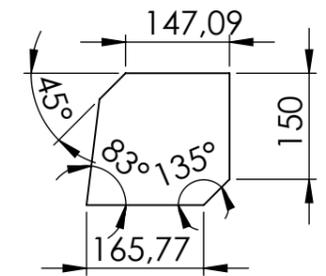
Marca 13
Escala 1:10
Espesor 15 mm



Marca 14
Escala 1:10
Espesor 15 mm



Marca 15
Escala 1:10
Espesor 15 mm



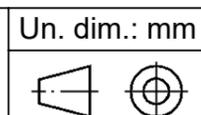
Marca 16
Escala 1:10
Espesor 15 mm

18	L 100x100x6 Diagonal superior 2	S 275 JR	2
17	L 100x100x6 Diagonal superior 1	S 275 JR	2
16	Cartela Lateral inferior 2	S 275 JR	2
15	Cartela Lateral inferior 1	S 275 JR	2
14	Cartela Lateral superior 2	S 275 JR	2
13	Cartela Lateral superior 1	S 275 JR	2
12	L 100x100x6 Diagonal inferior 2	S 275 JR	2
11	L 100x100x6 Diagonal inferior 1	S 275 JR	2
10	Cartela recta	S 275 JR	8
9	IPE 120 Superior 2	S 275 JR	1
8	IPE 120 Superior 1	S 275 JR	1
7	IPE 120 Inferior 2	S 275 JR	1
6	IPE 120 Inferior 1	S 275 JR	1
5	HEB 140 Lateral 2	S 275 JR	1
4	HEB 140 Lateral 1	S 275 JR	1
3	HEB 140 Inferior 2	S 275 JR	1
2	HEB 140 Central	S 275 JR	1
1	HEB 140 Inferior 1	S 275 JR	1
N.º DE MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

Título:
Vista de conjunto. Soporte inferior de bastidor inclinado

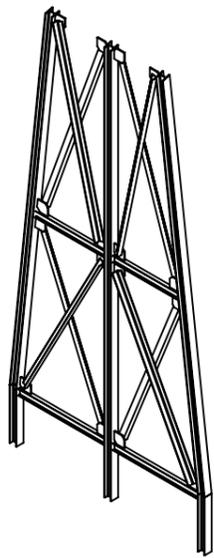
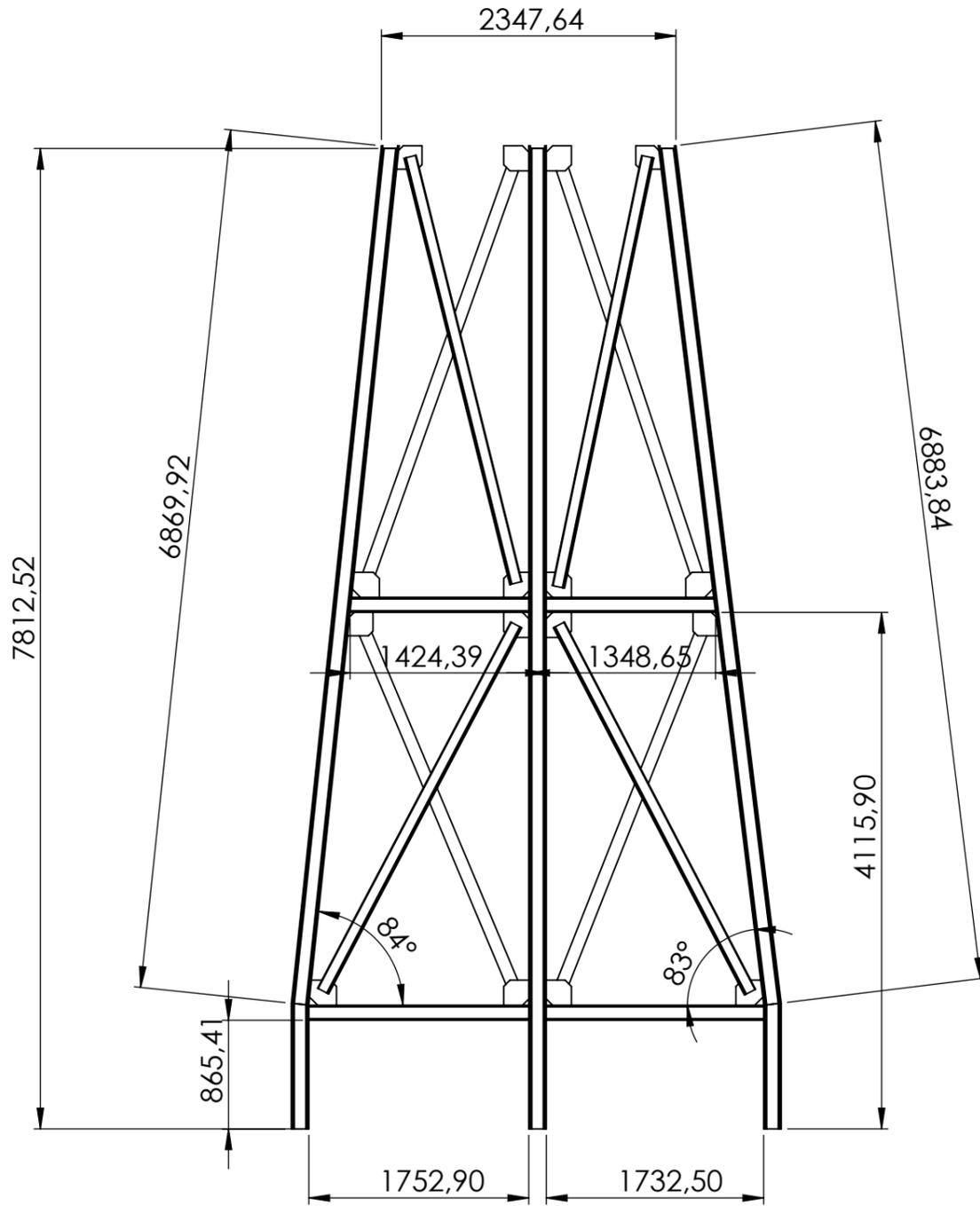


Escala:
1:50



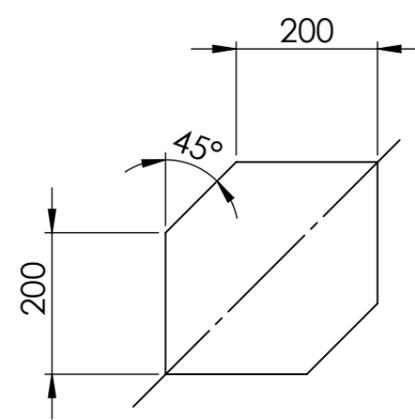
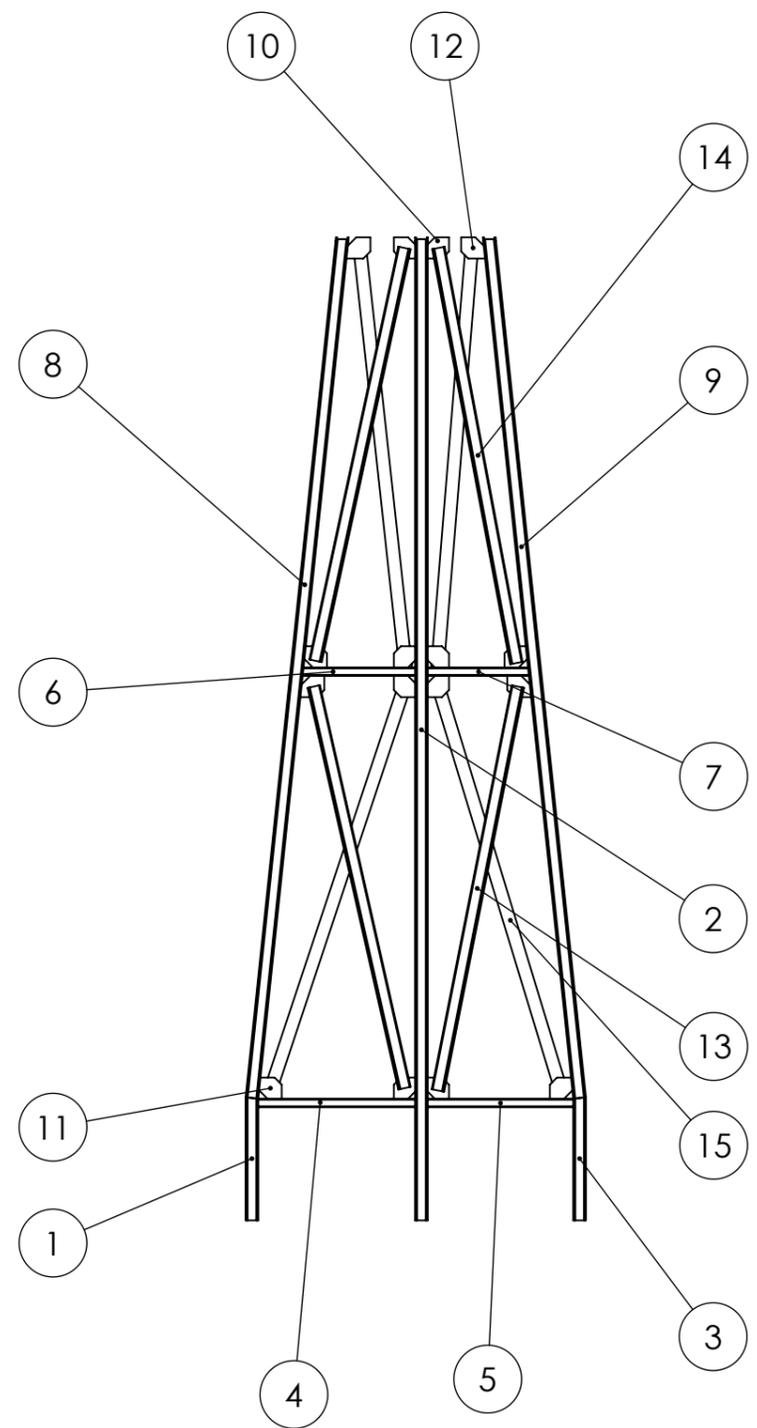
Autor: Claudia Martínez Bronchal
Revisado por: Vicente Chulvi Ramos
Fecha: 25 Junio 2018

Plano nº: 3
Hoja: 134

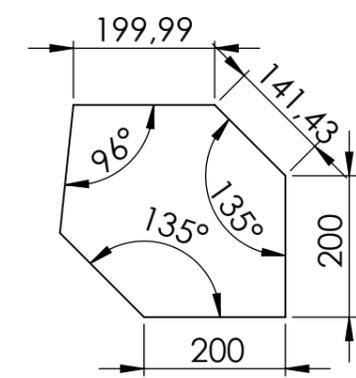


Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994

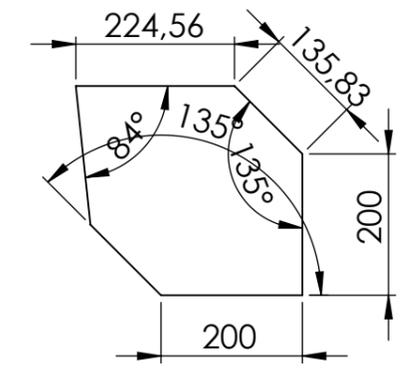
Título:		Soporte inferior de bastidor inclinado		
Escala:	Un. dim.: mm	Autor: Claudia Martínez Bronchal	Plano nº: 4	
1:50		Revisado por: Vicente Chulvi Ramos	Hoja: 135	
		Fecha: 25 Junio 2018		



Marca 10
Escala 1:10



Marca 11
Escala 1:10



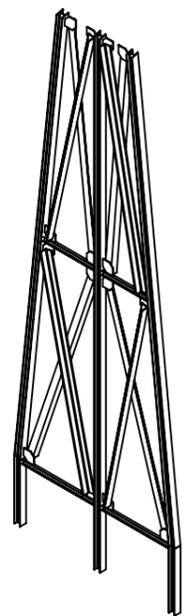
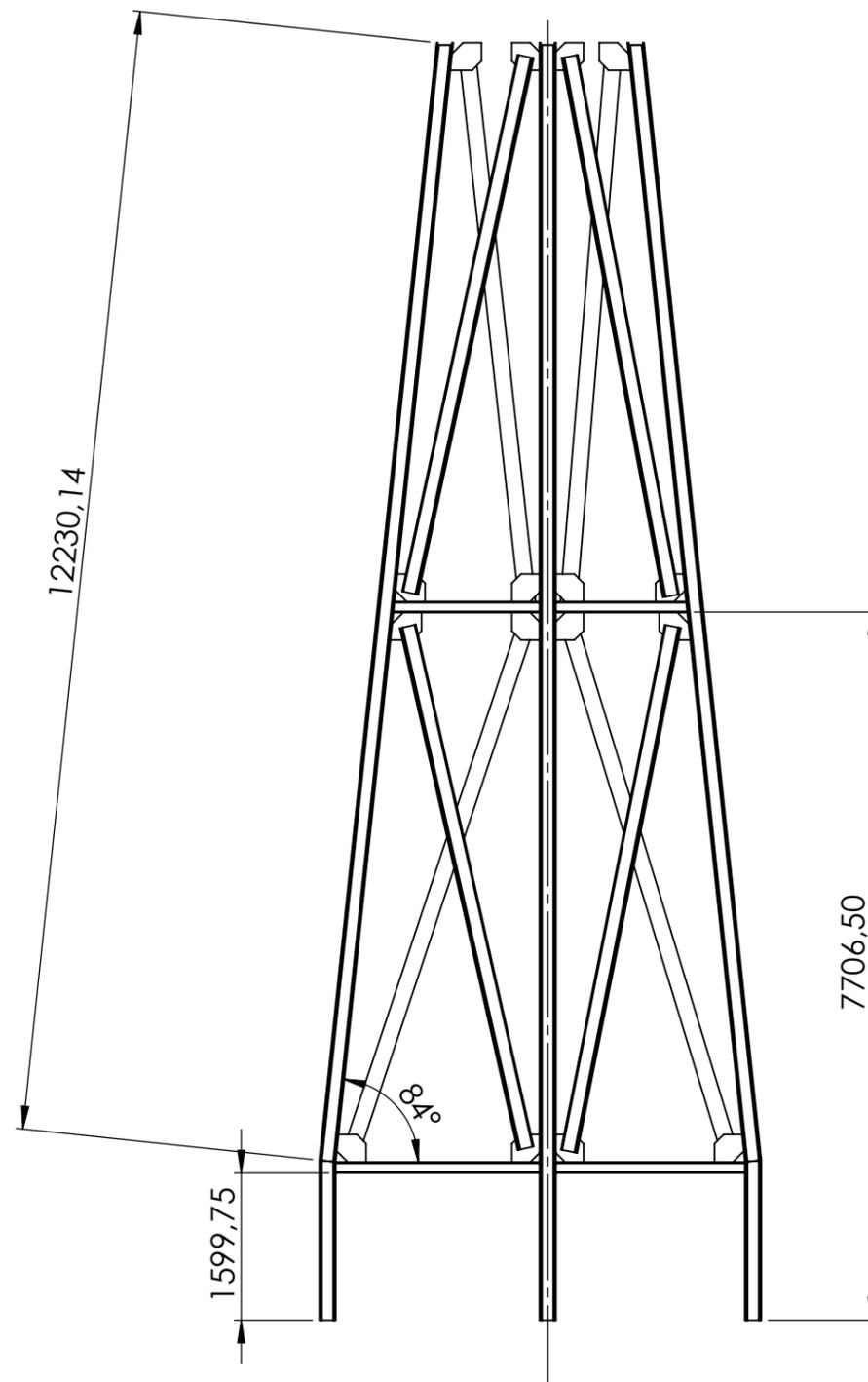
Marca 12
Escala 1:10

15	L 180x180x15 Diagonal inferior 2	S 275 JR	4
14	L 180x180x15 Diagonal superior	S 275 JR	2
13	L 180x180x15 Diagonal inferior 1	S 275 JR	2
12	Cartela lateral inferior	S 275 JR	4
11	Cartela lateral superior	S 275 JR	4
10	Cartela recta	S 275 JR	8
9	HEB 180 Lateral 2	S 275 JR	1
8	HEB 180 Lateral 1	S 275 JR	1
7	IPE 120 Superior 2	S 275 JR	1
6	IPE 120 Superior 1	S 275 JR	1
5	IPE 120 Inferior 2	S 275 JR	1
4	IPE 120 Inferior 1	S 275 JR	1
3	HEB 180 Inferior 2	S 275 JR	1
2	HEB 180 Central	S 275 JR	1
1	HEB 180 Inferior 1	S 275 JR	1
N.º DE MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

Título: Vista de conjunto. Soporte superior de bastidor inclinado			
Escala: 1:100 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	Plano nº: 5 Hoja: 136	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

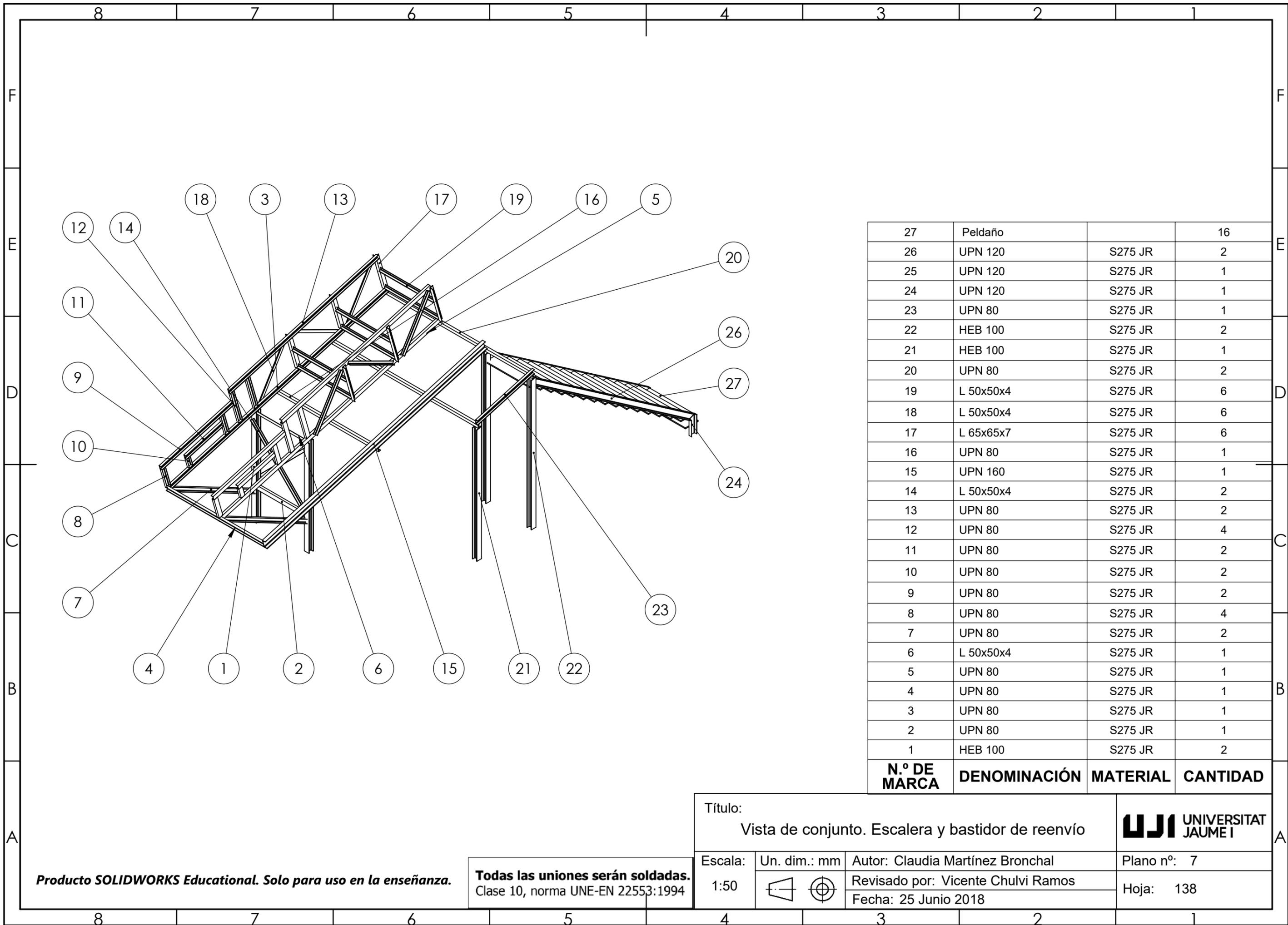
Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994



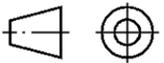
Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994

Título: Soporte superior de bastidor inclinado			
Escala: 1:100	Un. dim.: mm 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	Plano nº: 6 Hoja: 137

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

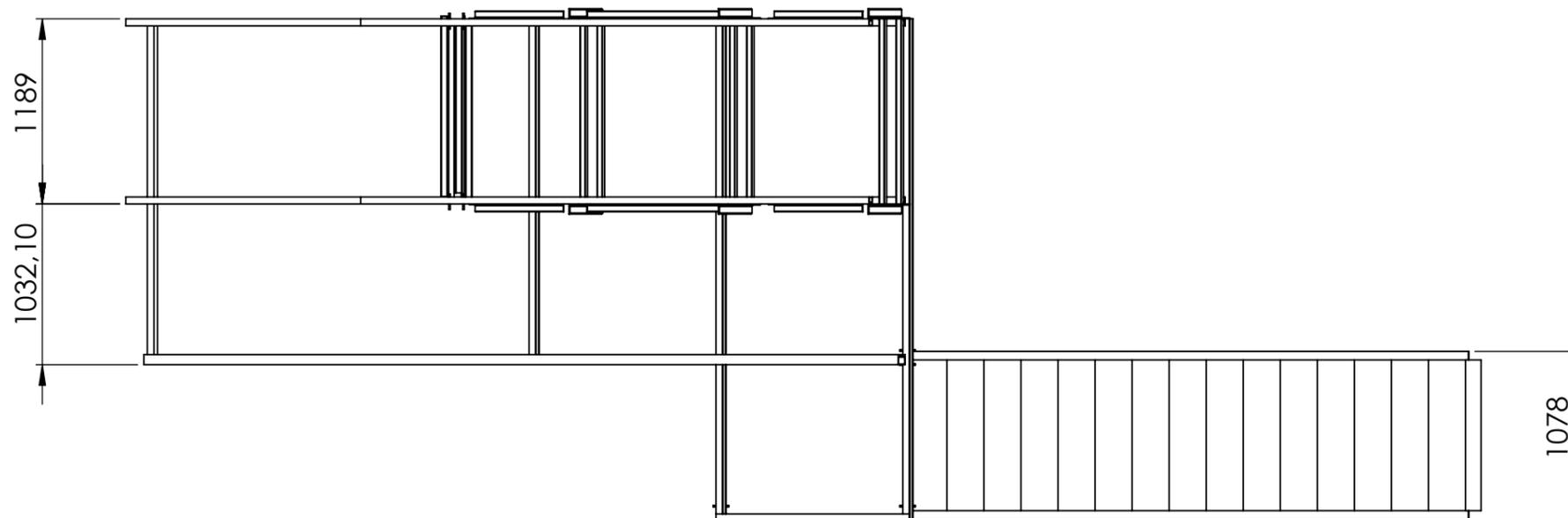
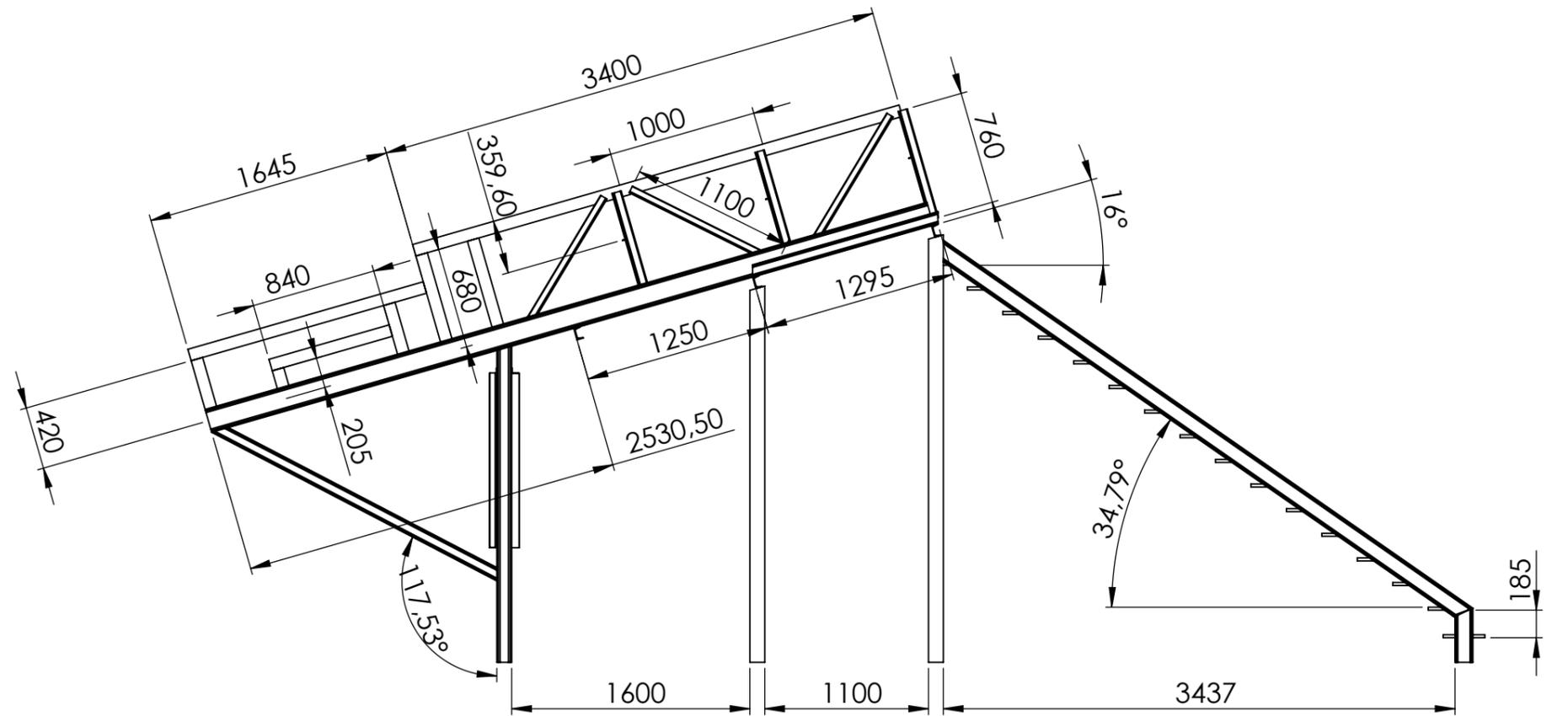


27	Peldaño		16
26	UPN 120	S275 JR	2
25	UPN 120	S275 JR	1
24	UPN 120	S275 JR	1
23	UPN 80	S275 JR	1
22	HEB 100	S275 JR	2
21	HEB 100	S275 JR	1
20	UPN 80	S275 JR	2
19	L 50x50x4	S275 JR	6
18	L 50x50x4	S275 JR	6
17	L 65x65x7	S275 JR	6
16	UPN 80	S275 JR	1
15	UPN 160	S275 JR	1
14	L 50x50x4	S275 JR	2
13	UPN 80	S275 JR	2
12	UPN 80	S275 JR	4
11	UPN 80	S275 JR	2
10	UPN 80	S275 JR	2
9	UPN 80	S275 JR	2
8	UPN 80	S275 JR	4
7	UPN 80	S275 JR	2
6	L 50x50x4	S275 JR	1
5	UPN 80	S275 JR	1
4	UPN 80	S275 JR	1
3	UPN 80	S275 JR	1
2	UPN 80	S275 JR	1
1	HEB 100	S275 JR	2
N.º DE MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

Título: Vista de conjunto. Escalera y bastidor de reenvío			 UNIVERSITAT JAUME I
Escala: 1:50	Un. dim.: mm 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	

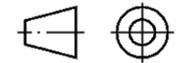
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

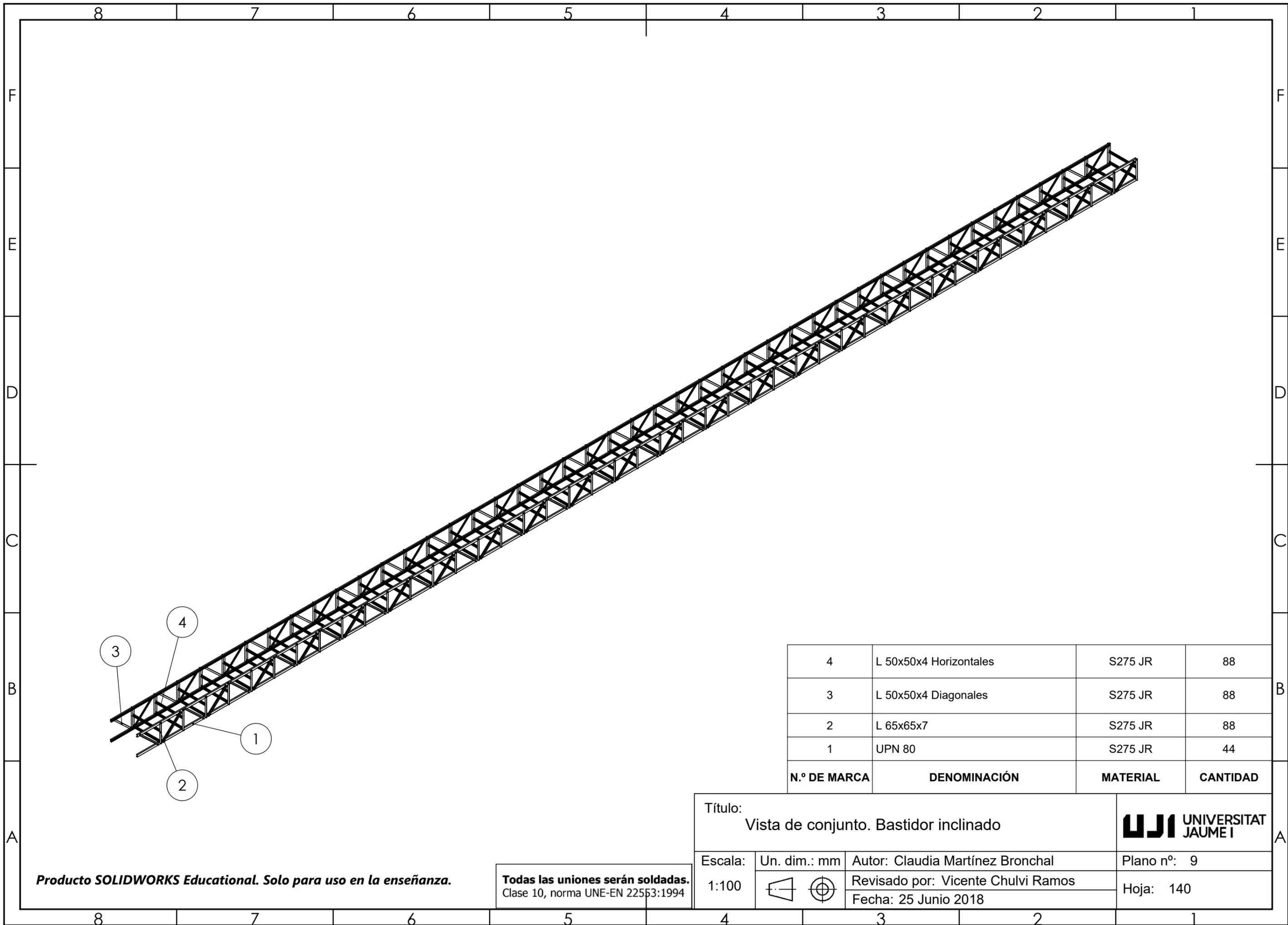
Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994



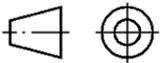
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994

Título: Escalera y bastidor del tambor de reenvío			 UNIVERSITAT JAUME I
Escala: 1:50	Un. dim.: mm 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	

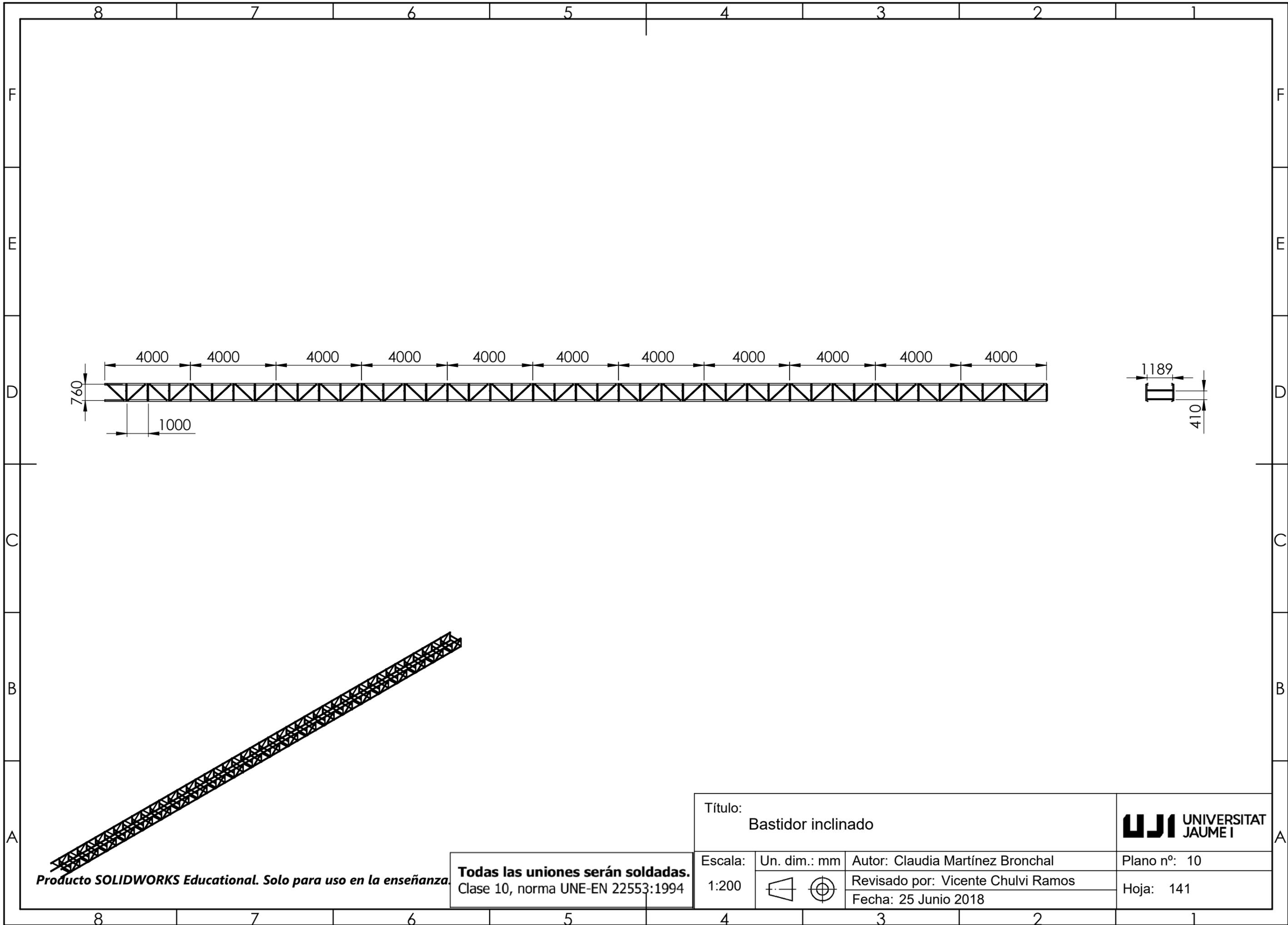


4	L 50x50x4 Horizontales	S275 JR	88
3	L 50x50x4 Diagonales	S275 JR	88
2	L 65x65x7	S275 JR	88
1	UPN 80	S275 JR	44
N.º DE MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

Título: Vista de conjunto. Bastidor inclinado			
Escala: 1:100	Un. dim.: mm 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

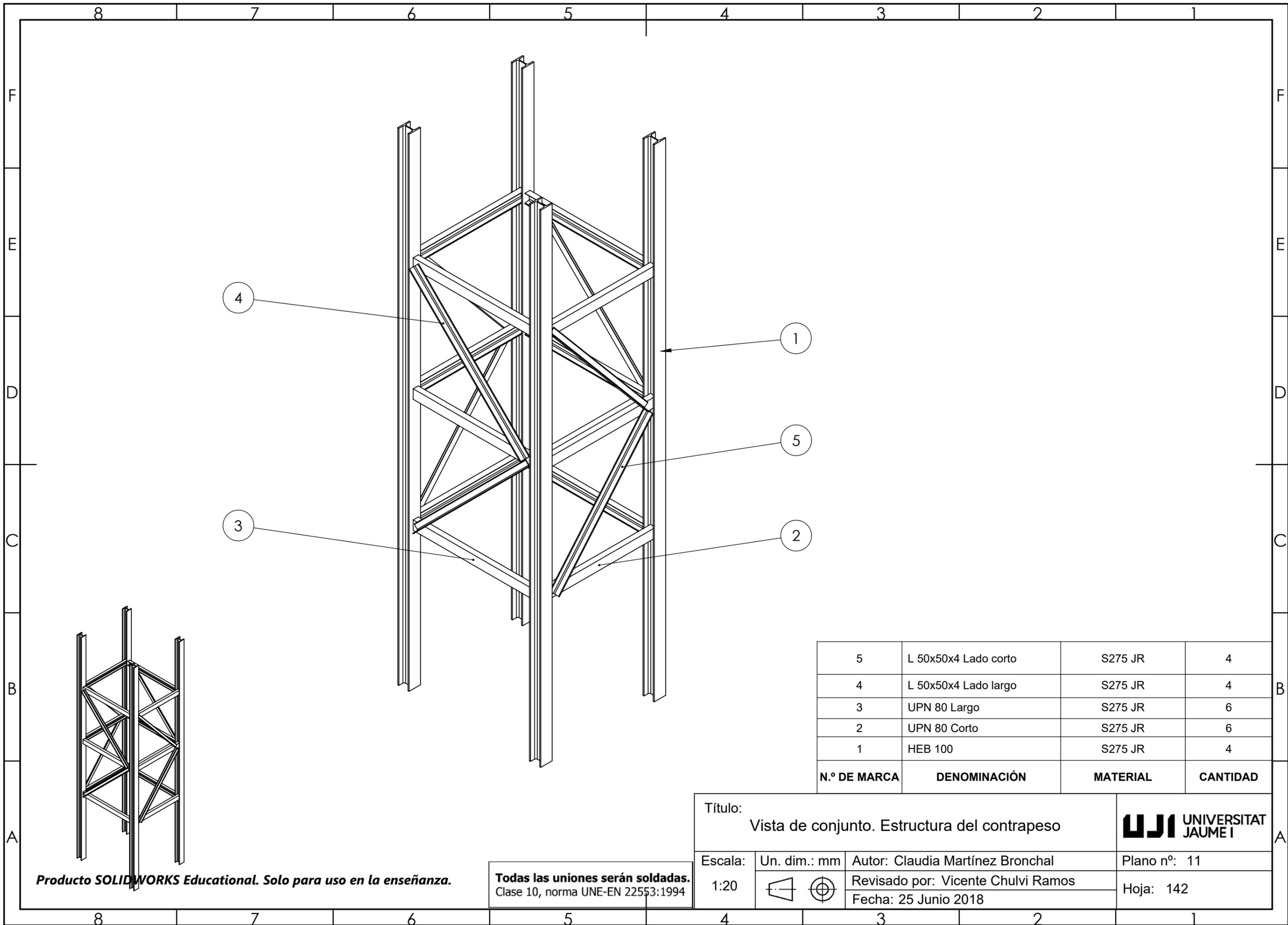
Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994

Título: Bastidor inclinado		UNIVERSITAT JAUME I	
Escala: 1:200	Un. dim.: mm	Autor: Claudia Martínez Bronchal	Plano nº: 10
		Revisado por: Vicente Chulvi Ramos	Hoja: 141
		Fecha: 25 Junio 2018	

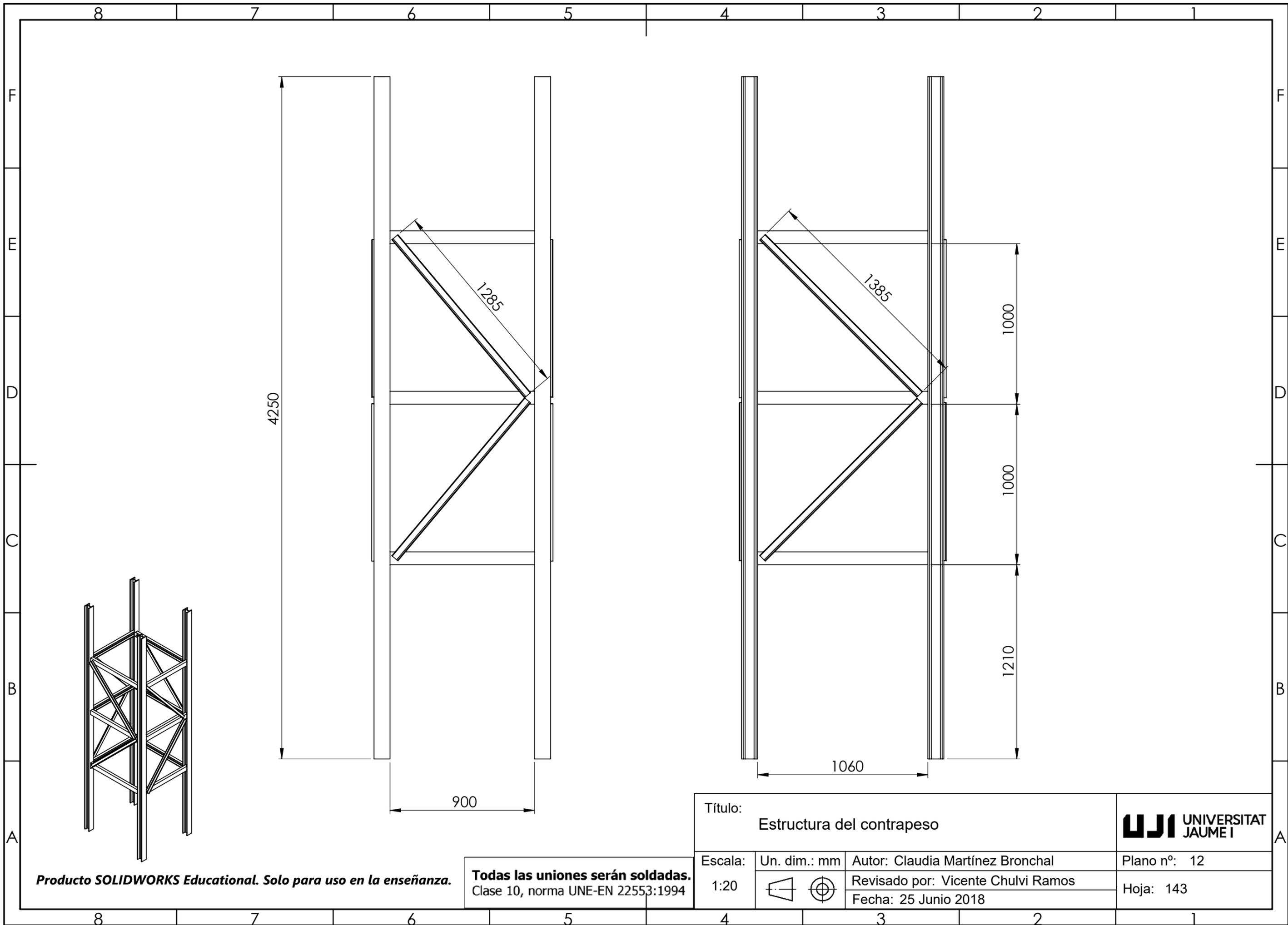


5	L 50x50x4 Lado corto	S275 JR	4
4	L 50x50x4 Lado largo	S275 JR	4
3	UPN 80 Largo	S275 JR	6
2	UPN 80 Corto	S275 JR	6
1	HEB 100	S275 JR	4
N.º DE MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

Título:		Vista de conjunto. Estructura del contrapeso		
Escala:		Autor: Claudia Martínez Bronchal		
1:20	Un. dim.: mm	Revisado por: Vicente Chulvi Ramos		Hoja: 142
		Fecha: 25 Junio 2018		

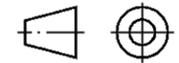
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

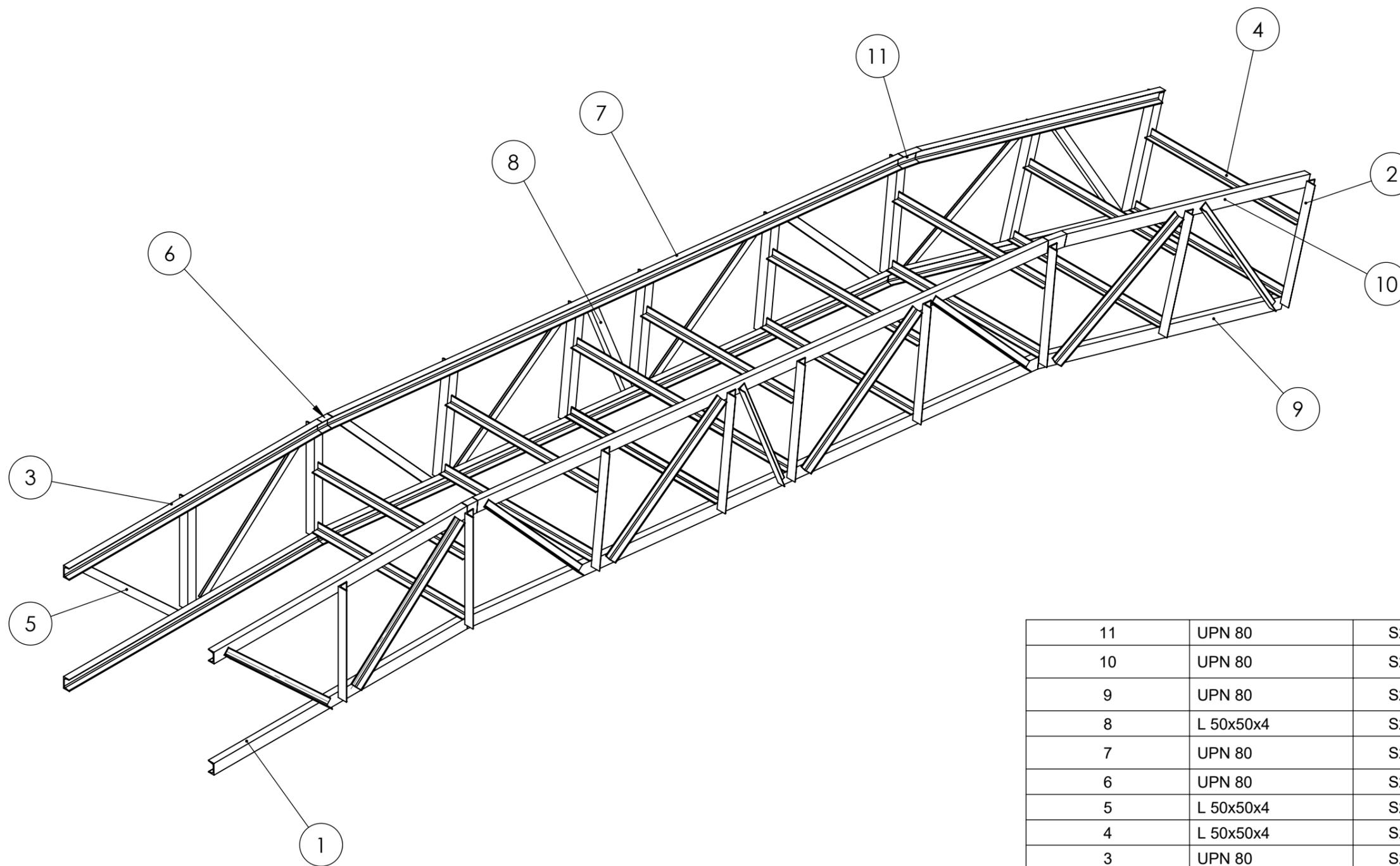
Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994

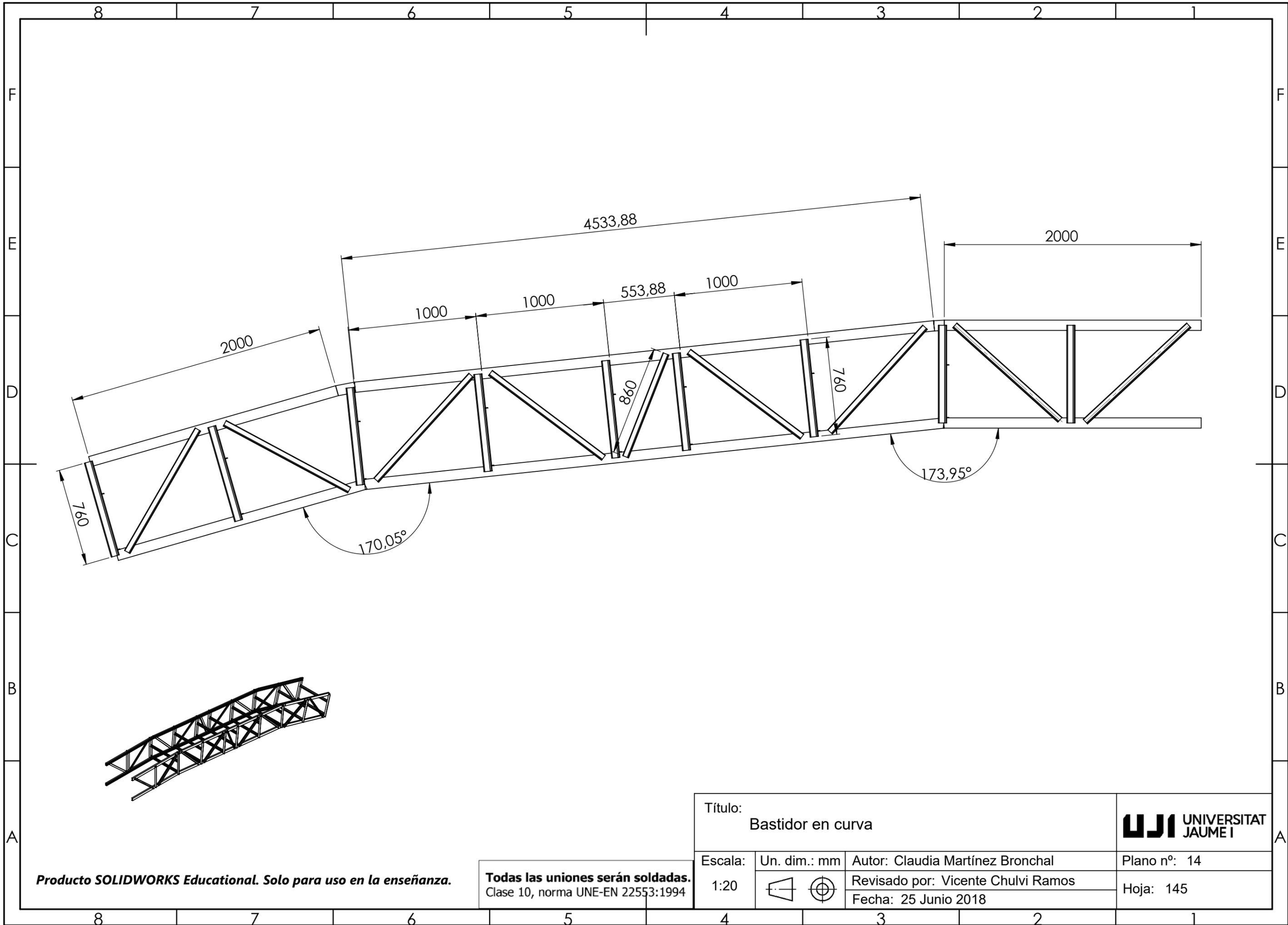
Título:		Estructura del contrapeso		 UNIVERSITAT JAUME I
Escala:	Un. dim.: mm	Autor: Claudia Martínez Bronchal	Plano nº: 12	
1:20		Revisado por: Vicente Chulvi Ramos	Hoja: 143	
		Fecha: 25 Junio 2018		



11	UPN 80	S275 JR	2
10	UPN 80	S275 JR	2
9	UPN 80	S275 JR	2
8	L 50x50x4	S275 JR	2
7	UPN 80	S275 JR	4
6	UPN 80	S275 JR	2
5	L 50x50x4	S275 JR	16
4	L 50x50x4	S275 JR	17
3	UPN 80	S275 JR	2
2	L 65x65x7	S275 JR	18
1	UPN 80	S275 JR	2
N.º DE MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

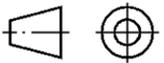
Título:		Vista de conjunto. Bastidor en curva	
Escala:	Un. dim.: mm	Autor: Claudia Martínez Bronchal	Plano nº: 13
1:20		Revisado por: Vicente Chulvi Ramos	Hoja: 144
		Fecha: 25 Junio 2018	

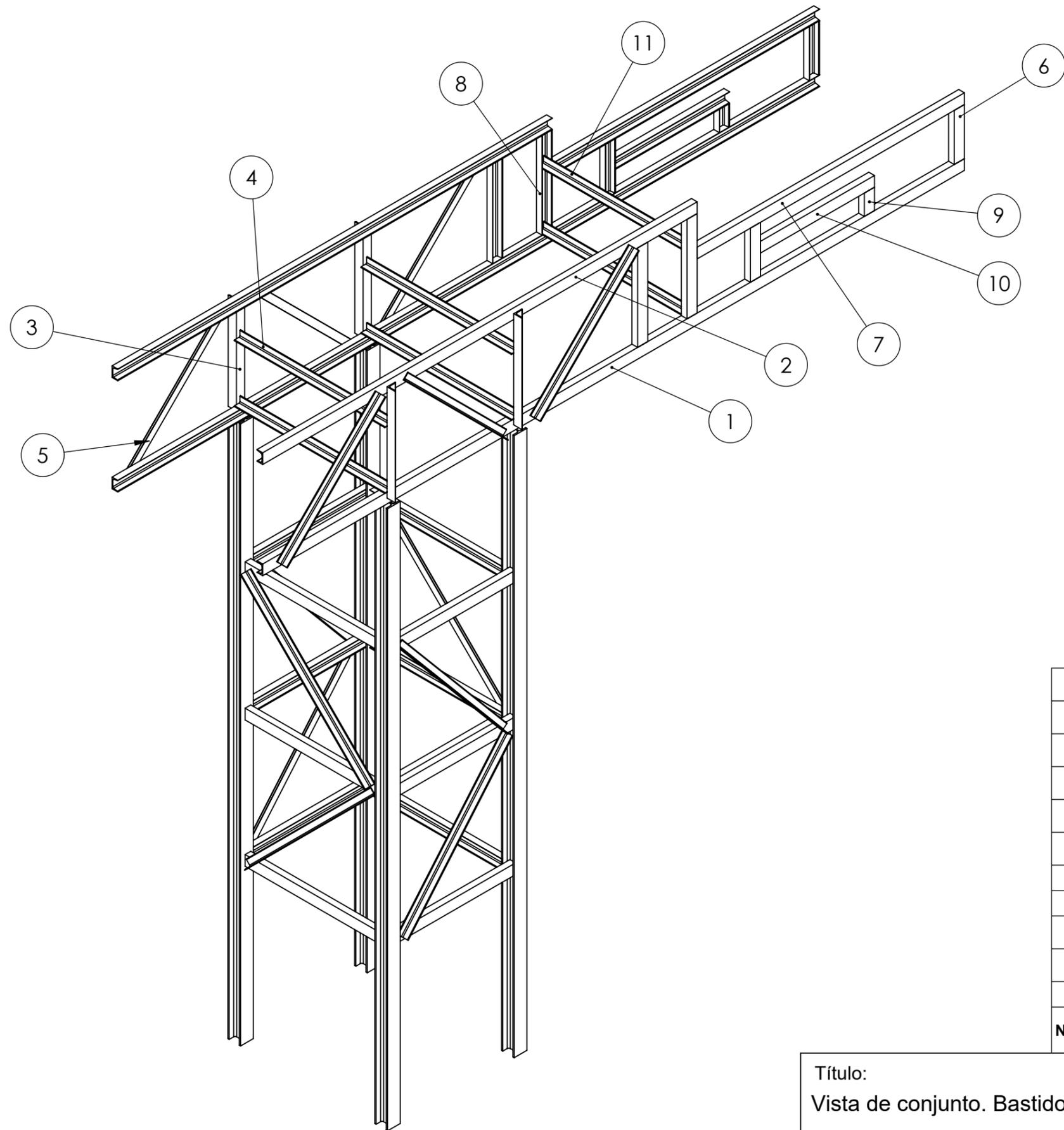
Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994



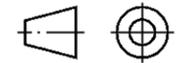
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994

Título: Bastidor en curva		 UNIVERSITAT JAUME I	
Escala: 1:20	Un. dim.: mm 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	Plano nº: 14 Hoja: 145

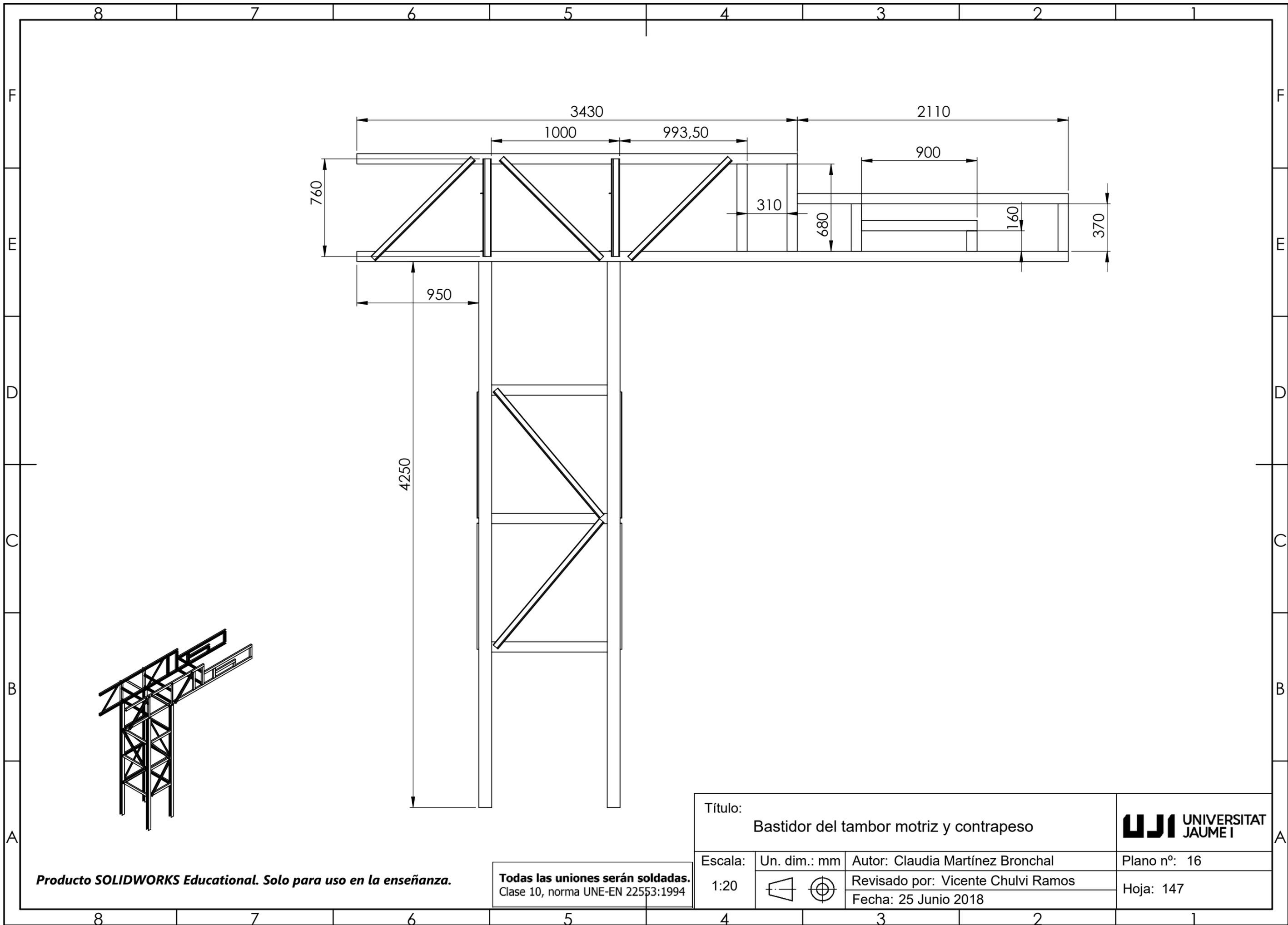


11	L 50x50x4	S275 JR	2
10	UPN 80	S275 JR	2
9	UPN 80	S275 JR	2
8	UPN 80	S275 JR	4
7	UPN 80	S275 JR	2
6	UPN 80	S275 JR	4
5	L 50x50x4	S275 JR	6
4	L 50x50x4	S275 JR	4
3	L 65x65x7	S275 JR	4
2	UPN 80	S275 JR	2
1	UPN 80	S275 JR	2
N.º DE MARCA	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD

Título: Vista de conjunto. Bastidor del tambor motriz y contrapeso			
Escala: 1:20	Un. dim.: mm 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Todas las uniones serán soldadas.
Clase 10, norma UNE-EN 22553:1994

Título:		Bastidor del tambor motriz y contrapeso		
Escala: 1:20	Un. dim.: mm 	Autor: Claudia Martínez Bronchal Revisado por: Vicente Chulvi Ramos Fecha: 25 Junio 2018	Plano nº: 16 Hoja: 147	

CAPÍTULO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL	150
1.1. CONDICIONES GENERALES	150
1.2. DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES	154
2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES	158
2.1. ACEROS EN PERFILES LAMINADOS	158
3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS	159
3.1. DEFINICIÓN. CONTRATO DE OBRA	159
3.2. FIANZAS.....	160
3.3. DE LOS PRECIOS.....	161
3.4. INDEMNIZACIONES MUTUAS Y GARANTÍA	163
3.5. PLAZOS DE EJECUCIÓN Y LIQUIDACIÓN	164
4. EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	165
4.1. GENERALIDADES Y FUNCIONAMIENTO	165
4.2. REQUISITOS MECÁNICOS	166
5. REGLAMENTACIÓN.....	170
6. PRUEBAS Y ENSAYOS.....	171

1. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL

1.1. CONDICIONES GENERALES

Se consideran sujetas a las condiciones de este Pliego, todas las obras cuyas características, planos y presupuestos, se adjuntan en las partes correspondientes del presente Proyecto. Los documentos que lo definen son compatibles entre sí y además se complementan unos a otros. Se ha de procurar que sólo con la ayuda de los Planos y del Pliego de Condiciones se pueda ejecutar totalmente el proyecto.

La finalidad del Pliego de Condiciones es la de establecer los requisitos para el diseño, fabricación y suministro de una cinta transportadora. Por tanto, no recoge los detalles constructivos de la instalación.

1.1.1. OBJETO Y CONTRATO DE OBRA

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del Proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra. En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos. Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

1.1.2. FORMALIZACIÓN DEL ONTRATO DE OBRA

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en Proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General. Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

1.1.3. JURISDICCIÓN COMPETENTE

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS Y RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción a las estipulaciones contenidas en el pliego de cláusulas administrativas particulares y al Proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la Dirección Facultativa de las obras diere al contratista. Cuando las instrucciones fueren de carácter verbal, deberán ser ratificadas por escrito en el más breve plazo posible, para que sean vinculantes para las partes.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto. En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.5. CAUSAS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBTA

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacidad del contratista.
- b) La quiebra del contratista.
- c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
 - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
 - b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- e) La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a cuatro meses.
- f) Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- g) La demora injustificada en la comprobación del replanteo.

- h) La suspensión de las obras por plazo superior a ocho meses por parte del promotor.
- i) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- j) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- k) El desistimiento o el abandono de la obra sin causas justificadas.
- l) La mala fe en la ejecución de la obra.

1.1.6. EFECTOS DE RESCISIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista. Si se demorase injustificadamente la comprobación del replanteo, dando lugar a la resolución del contrato, el contratista sólo tendrá derecho por todos los conceptos a una indemnización equivalente al 2 por cien del precio de la adjudicación, excluidos los impuestos.

En el supuesto de desistimiento antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de las mismas por parte del promotor por plazo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3 por cien del precio de adjudicación, excluidos los impuestos.

En caso de desistimiento una vez iniciada la ejecución de las obras, o de suspensión de las obras iniciadas por plazo superior a ocho meses, el contratista tendrá derecho por todos los conceptos al 6 por cien del precio de adjudicación del contrato de las obras dejadas de realizar en concepto de beneficio industrial, excluidos los impuestos.

1.1.7. ACCIDENTES EN EL TRABAJO

Es de obligado cumplimiento el *Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción* y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

1.1.8. DAÑOS Y PERJUICIOS A TERCEROS

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.9. SUMINISTRO DE MATERIALES

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.10. HALLAZGOS

El promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indiquen por parte del director de obra. El promotor abonará al contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

1.1.11. COPIAS, ANUNCIOS Y CARTELES

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

Sin previa autorización del promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.1.12. OMISIONES: BUENA FE

Las relaciones entre el promotor y el contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al promotor por parte del contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la buena fe mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la buena fe de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada calidad final de la obra.

1.2. DISPOSICIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

1.2.1. ACCESOS Y VALLADOS

El contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el director de ejecución de la obra su modificación o mejora.

1.2.2. REPLANTEO

La ejecución del contrato de obras comenzará con el acta de comprobación del replanteo, dentro del plazo de treinta días desde la fecha de su formalización. El contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del director de ejecución de la obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el director de obra. Será responsabilidad del contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

1.2.3. INICIO DE OBRA Y RITMO DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS

El contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación. El director de obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el director de la ejecución de la obra, el promotor y el contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el director de la obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

1.2.4. ORDEN DE TRABAJOS

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

1.2.5. FACILIDADES PARA OTROS CONTRATISTAS

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

1.2.6. AMPLIACIÓN DEL PROYECTO POR CAUSAS IMPREVISTAS O DE FUERZA MAYOR

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la dirección de ejecución de la obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.2.7. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES DEL PROYECTO

El contratista podrá requerir del director de obra o del director de ejecución de la obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del director de ejecución de la obra, como del director de obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.2.8. PRÓRROGA POR CAUSA DE FUERZA MAYOR

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del director de obra. Para ello, el contratista expondrá, en escrito dirigido al director de obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

Tendrán la consideración de casos de fuerza mayor los siguientes:

- Los incendios causados por la electricidad atmosférica.
- Los fenómenos naturales de efectos catastróficos, como maremotos, terremotos, erupciones volcánicas, movimientos del terreno, temporales marítimos, inundaciones u otros semejantes.
- Los destrozos ocasionados violentamente en tiempo de guerra, robos tumultuosos o alteraciones graves del orden público.

1.2.9. RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN FACULTATIVA EN EL RETRASO DE OBRA

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

1.2.10. TRABAJOS DEFECTUOSOS

El contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el director de ejecución de la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el director de obra, quien mediará para resolverla.

1.2.11. PROCEDENCIA DE MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el contratista deberá presentar al director de ejecución de la obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.2.14. MATERIALES, APARATOS Y EQUIPOS DEFECTUOSOS

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a

falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el director de obra, a instancias del director de ejecución de la obra, dará la orden al contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen. Si, a los 15 días de recibir el contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el promotor a cuenta de contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del director de obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.2.13. GASTOS OCASIONADOS POR PRUEBAS Y ENSAYOS

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el director de obra considere necesarios.

1.2.14. LIMPIEZA DE LAS OBRAS

Es obligación del contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

1.2.15. OBRAS SIN PRESCRIPCIONES EXPLÍCITAS

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

2. ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

2.1. ACEROS EN PERFILES LAMINADOS

2.1.1. CONDICIONES DE SUMINISTRO

Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos). Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.

2.1.2. RECEPCION Y CONTROL

- **Documentación de los suministros:**
 - Para los productos planos: Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante. Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:
 - Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
 - El tipo de documento de la inspección.
 - Para los productos largos: Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
- **Ensayos:** La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.3. CONSERVACIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN

Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie. El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

2.1.4. RECOMENDACIONES PARA SU USO EN OBRA

El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

3.1. DEFINICIÓN. CONTRATO DE OBRA

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados. Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, coordinar, dirigir y controlar la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del promotor.
- Presupuesto del contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

3.2. FIANZAS

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

3.2.1. EJECUCIÓN DE TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

3.2.2. DEVOLUCIÓN DE LAS FIANZAS

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

Si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

3.3. DE LOS PRECIOS

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

3.3.1. PRECIO BÁSICO Y UNITARIO

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra. Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, se establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

- Considera costes directos:
 - La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
 - Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
 - Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
 - Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.
- Deben incluirse como costes indirectos:
 - Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del

proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

- Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada. Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

3.3.2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen. Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

3.3.3. PRECIO CONTRADICTORIOS

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el promotor, por medio del director de obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el director de obra y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al director de obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad. Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

3.4. INDEMNIZACIONES MUTUAS Y GARANTÍA

3.4.1. INDEMNIZACIÓN POR RETRASO DEL PLAZO DE TERMINACIÓN DE OBRAS

Si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

3.4.2. RETENCIONES EN CONCEPTO DE GARANTÍA

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al promotor. Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del promotor durante el tiempo designado como periodo de garantía, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

3.5. PLAZOS DE EJECUCIÓN Y LIQUIDACIÓN

3.5.1. PLANNING DE OBRA

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

3.5.2. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA DE LAS OBRAS

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el director de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

3.4.2. LIQUIDACIÓN FINAL DE LA OBRA

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

4. EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN

4.1. GENERALIDADES Y FUNCIONAMIENTO

El objeto de diseño del presente Proyecto es una cinta transportadora. Está destinada al transporte de grava para elevarlo hasta una altura de 14.6 m, donde es descargada a un tromel de lavado. La cinta cuenta con una longitud total de 61.5 m y una inclinación de 16°.

La banda sobre la cual reposa la grava es de tipo textil liso, de 800 mm de anchura, con un recubrimiento tipo Y de espesor superior e inferior de 4 y 2 mm, respectivamente. La banda se desliza por la estructura de la cinta a través de estaciones de rodillos dispuestas sobre los bastidores. En el trayecto con carga de material, se disponen estaciones con 3 rodillos en forma de artesa, con un ángulo de 30°. En el trayecto de reenvío de la banda, se disponen estaciones con un solo rodillo plano.

El movimiento es producido por un motorreductor eléctrico de 45 kW, que se encuentra unido directamente con el tambor motriz, situado en cabeza.

Los equipos en su conjunto se diseñarán y construirán para una vida de diseño *de por vida*. El Proyecto se dará como finalizado, en el momento que se entregue al cliente los marcados CE de las máquinas instaladas.

4.2. REQUISITOS MECÁNICOS

4.2.1. BASTIDORES

Los bastidores serán de perfiles metálicos, y habrá 4 tipos diferentes. Todos ellos tendrán una anchura de 1.16 m y una altura de 0.76 m. Todos ellos se encuentran formados por perfiles UPN 80 y L 50x50x4.

- **Bastidor del tambor de reenvío:** Tiene una longitud de 5.045 m y una inclinación de 16° con la horizontal. Será unido al bastidor inclinado mediante soldaduras.
- **Bastidor del tambor motriz:** Posee una longitud de 5.54 m. Se encuentra totalmente horizontal a 14.6m de altura. Será unido al bastidor en curva mediante soldaduras.
- **Bastidor inclinado:** Se trata de una celosía con 4 m de longitud la cual se repite hasta formar un conjunto de 11 piezas. Las uniones entre tramos de bastidores serán soldadas. Se encuentra inclinado 16° con la horizontal.
- **Bastidor en curva:** Se encuentra inclinado 9.95° y tiene una longitud de 8.55 m.

4.2.2. ESTACIONES DE RODILLOS

Los soportes de los rodillos se construirán con perfiles laminados de acero soldados. Serán extremadamente rígidos en todas las direcciones. Tendrán un ángulo de artesa de 30° con tres rodillos y fabricadas con perfil tipo UPN y pletinas para el apoyo de los rodillos. La unión de las estaciones con el chasis será soldada. Las estaciones superiores estarán distribuidas como máximo cada 1.35 m, excepto en las zonas de carga que estarán como máximo cada 0.36 m.

Las estaciones inferiores serán planas y contendrán un único rodillo. Las estaciones inferiores estarán distribuidas como máximo cada 3 m. La unión de las estaciones con el chasis también será soldada

4.2.3. RODILLOS

Los rodillos superiores e inferiores tienen un diámetro de 89 mm. La longitud de los superiores es de 315 mm, mientras que los inferiores, es de 950 mm. Los rodillos están compuestos por los siguientes elementos:

- **Rodamientos:** Se trata de uno de los componentes más influyentes en el buen funcionamiento de los rodillos. En Europa, los más empleados son los rodamientos de bolas de una hilera, mientras que en USA se emplean los rodamientos cónicos. Por un lado, los rodamientos de bolas tienen un coeficiente de fricción reducido, y una capacidad de carga que soporta las cargas, velocidades y tiempos de duración que se necesiten, siendo poco sensibles a la desalineación entre los mismos. Por otro lado, los rodamientos cónicos tienen una capacidad de carga muy amplia, pero tienen el inconveniente de ser más sensibles a la falta de alineamiento. Los rodillos son equipados con rodamientos rígidos de bolas y engrasados "de por vida". Las series utilizadas habitualmente son: 6204 - 6205 - 6306 - 6307 - 6308 - 6310 - 6312.
- **Sistema de estanqueidad o laberinto:** Sistema para impedir la penetración de agentes contaminantes como polvo, agua, humos, etc, en los rodamientos y para evitar la salida de la grasa que lubrica el rodamiento. Está constituido por el conjunto de juntas o retenes, con disposiciones laberínticas. De su eficacia depende la mayor o menor contaminación de la grasa lubricante, es decir, la vida de los rodamientos, y por tanto, del rodillo. Permite que los

rodamientos se mantengan fuertemente protegidos ante incidencias de conocidos agentes contaminantes como el polvo, agua o humos, a los que pueden estar sometidos los rodillos. El sistema dispone de 4 barreras de protección que impiden el acceso desde el exterior a cualquier elemento. Asimismo, otro retén posterior protege el rodamiento del efecto de las partículas y condensaciones que pudieran producirse en el interior del rodillo. El ajuste del labio-retén de nitrilo con el eje doblemente rectificadas, hace que además de superar las pruebas de inmersión en agua, el esfuerzo de arranque del rodillo sea mínimo y su deslizamiento suave.

- **Eje:** Los ejes son de acero y poseen los extremos biselados para facilitar el montaje de los rodamientos. Los ejes tienen una resistencia a la tracción superior a 50 kg/mm², y extremos biselados para facilitar el montaje de los rodamientos. Construidos según DIN 15207, con tolerancia ISO js6 en el ajuste del rodamiento.
- **Cuerpo o tubo:** Se trata de un tubo cilíndrico de acero soldado cuyos extremos interiores son mecanizados para facilitar el correcto centrado y alineamiento de las cazoletas, donde se alojan los rodamientos. Los rodillos se construyen con un tubo de acero soldado, en calidad St37.2 norma DIN 17100 y espesor ISO 1129. Sus extremos interiores son mecanizados para facilitar el correcto centrado y alineamiento de las cazoletas donde se alojan los rodamientos.
- **Cazoletas:** Se obtienen por estampación de chapa de acero. La unión con el tubo se realiza por soldadura eléctrica en proceso automático, formando un conjunto robusto y estanco. Se obtienen por estampación de chapa de acero, con tolerancia ISO N7 en el ajuste del rodamiento. La unión con el tubo se realiza por soldadura eléctrica en proceso automático, formando un conjunto robusto y estanco.
- **Revestimiento:** Sobre demanda y para condiciones específicas de utilización, los rodillos se fabrican engomados en frío o en caliente con diferentes espesores, durezas y calidades, cincados o pintados.

Especificaciones técnicas:

Diámetro del tubo y ovalización	±0.5% D	Longitud del rodillo	+0/-1
Flecha del tubo	≤0.1% L	Espesor entre caras	+0/-0.2
Espesor del tubo	±10% A	Longitud entre caras	+0/-1

4.2.4. TAMBORES

El tambor motriz, de diámetro 630 mm será engomado con un recubrimiento en V. La anchura del mismo es de 950 mm. El tambor de reenvío no contendrá recubrimiento, y su diámetro y anchura serán 500x950 mm, y los tambores desviadores o de presión, serán de 400x950 mm. Están constituidos los siguientes elementos:

- **Envolvente cilíndrica:** Es construida con chapa curvada y electrosoldada longitudinalmente, siendo posteriormente estabilizada para eliminar las tensiones del material. El exterior de la envolvente suele estar abombado en la zona central para soportar mejor los esfuerzos de flexión. Posee unos discos laterales para formar un solo cuerpo. Los diámetros superiores a 400 mm son construidos con chapa curvada y soldada longitudinalmente, siendo posteriormente

estabilizada para eliminar las tensiones del material. En diámetros inferiores a 400 mm se pueden construir con tubo sin soldadura (barra perforada).

- **Eje:** Se construyen de acero F114 normalizado, debidamente mecanizados.
- **Recubrimientos:** El engomado puede ser liso, ranurado en V o en rombo. En principio estos recubrimientos son aptos para utilizarlos en cualquier tipo de instalación. Se pueden suministrar engomados, bien en frío o en caliente, con espesores desde 6 mm a 26 mm y durezas de 40 a 80 Shore A.

Especificaciones particulares:

- **Equilibrado:** Todos los tambores son equilibrados estáticamente y bajo demanda, con especificaciones concretas, se pueden realizar equilibrados dinámicos.

4.2.5. BANDAS

La banda está formada por 3 capas de material textil, recubiertas por 4 mm en la parte superior y 2 mm en la parte inferior de recubrimiento tipo Y. La banda tendrá una anchura de 800 mm y será cerrada mediante una unión grapada. El código de la banda es 800 EP 630/3 4+2 Y.

4.2.6. ENCAUZADORES Y TOLVAS DE DESCARGA

El encauzador tiene una longitud de 6 m, y se colocará a una distancia de 950 mm del eje del tambor de reenvío. Los faldones del encauzador deben ser de caucho, sin inserciones de tela y con espesores de 5 a 10 mm. Los mismos deben ser regulables en cuanto a su acercamiento o alejamiento de la banda para poder ir compensando desgastes. El largo de estos faldones o guías laterales va a depender de la velocidad de alimentación y del plano de operación del transportador, como regla general para transportadores horizontales se toma un largo equivalente a la distancia recorrida en 1.4 a 1.6 s.

4.2.7. MOTORREDUCTOR

Se tratará de un motorreductor de 45 kW, con una velocidad de salida de 42 rpm y un par de 10280 N·m. Es de tipo ortogonal acoplado al eje. El modelo es SK 9086.1 - 225 MP/4, y su peso serán 1200 kg.

4.2.8. SISTEMAS DE LIMPIEZA

Se instalará un sistema de limpieza para la banda a través de un rascador primario, con brazos de reacción graduables y rasquetas metálicas endurecidas en contacto con la banda. Posteriormente, se instalará un rascador secundario tras el tambor motriz, a una distancia de 1 m de su eje.

4.2.9. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

La cinta debe contar con un dos sistema de parada de emergencia con pulsador, localizados en la parte alta y baja de la cinta.

4.2.10. PLATAFORMAS Y PASARELAS

Serán fabricadas con perfiles metálicos y estarán cubiertas todas ellas con rejillas electrofundidas galvanizadas de 30 x 30 mm con malla de seguridad y pletina de 30 x 2 mm. La anchura del pasillo será de 1 m y será apoyado en vigas de perfil UPN 80.

4.2.11. BARANDILLAS

Las barandillas serán de materiales rígidos, tendrán una altura mínima de 90 cm y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas y rodapié de seguridad con una altura de 15 cm.

5. REGLAMENTACIÓN

El contratista cumplirá, en todos los sentidos, los reglamentos y requisitos locales que les sean aplicables, tanto para los equipos como para el personal implicado. Dos de ellos son el Código Técnico de la Edificación de Seguridad Estructural, Estructuras de Acero y el Reglamento de Servicios de Prevención, Seguridad y Salud en el Trabajo.

En materia de seguridad, se cumplen los siguientes documentos:

- Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 1215/1997, seguridad para la utilización por los trabajadores de las máquinas y equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 486/1997, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Ley 31/1995, 8 noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

En relación con las pruebas y ensayos a realizar sobre los elementos de la máquina o la máquina en su conjunto, se siguen las siguientes normativas:

- UNE 18140:1978. Bandas transportadoras compuestas de goma con núcleo de tejidos textiles. Resistencia a la propagación de un desgarre en el núcleo. Método de ensayo.
- UNE 18146:1983. Bandas transportadoras. Determinación de la resistencia de empalmes grapados. Método de ensayo estático.
- UNE 58209:1972. Aparatos de manutención continua. Información que se ha de facilitar para solicitar una instalación de manutención continua para productos a granel.
- UNE-EN 1554:2012. Bandas transportadoras. Ensayos de rozamiento del tambor.
- UNE 18140:1978. Bandas transportadoras compuestas de goma con núcleo de tejidos textiles. Resistencia a la propagación de un desgarre en el núcleo. Método de ensayo.
- UNE 18146:1983. Bandas transportadoras. Determinación de la resistencia de empalmes grapados. Método de ensayo estático.
- UNE-EN 1554:2012. Bandas transportadoras. Ensayos de rozamiento del tambor.
- Para los motores (entiéndase mototambor) se cumplirá con las normas IEC.

6. PRUEBAS Y ENSAYOS

Con la máquina ya instalada, se deben realizar varias pruebas para verificar su funcionamiento. Estas pruebas se detallan en un protocolo de pruebas que verifica los siguientes aspectos:

- **Control de dimensiones:** Tomar las mediciones necesarias en el prototipo construido para comparar con las dimensiones del sistema de transporte diseñado.
- **Pruebas de funcionamiento en vacío:** En esta prueba consiste en verificar que todos los sistemas constitutivos del prototipo funcionen de manera adecuada sin estar sometidos a carga.
- **Prueba de funcionamiento con carga:** Esta prueba tiene por objetivo comprobar que los sistemas funcionen de manera óptima y adecuada bajo condiciones extremas de trabajo, es decir, se irá incrementando la materia prima a transportar hasta su capacidad máxima.
- **Capacidad:** Esta prueba es aquella que se realiza para verificar la capacidad máxima para la cual fue diseñado el sistema de transporte, se basa en la cantidad de kilogramos de materia prima que se hayan transportado en un tiempo determinado.
- **Velocidad de avance:** Esta prueba es aquella en la cual poniendo en marcha el sistema de transporte, se verifica que la velocidad de la cinta no varíe hasta conseguir la capacidad máxima de transporte.
- **Inspección visual de juntas soldadas.**

CAPÍTULO 5. ESTADO DE MEDICIONES

Nº	MEDICIÓN	
1.1	m ³	Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación.
		Total m³ :
1.2	m ³	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m ³ , sin incluir encofrado.
		Total m³ :
2.1	kg	Acero S275JR en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, estructura soldada.
		Total kg :
2.2	kg	Acero S275JR en estructura de pasarela peatonal, perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, estructura soldada.
		Total kg :
2.3	m ²	Pavimento de rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, fijado con piezas de sujeción, para pasarela peatonal.
		Total m² :
2.4	m ²	Pavimento de rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, fijado con piezas de sujeción, para meseta de escalera.
		Total m² :
2.5	Ud	Peldaño recto de 900x240 mm, formado por rejilla electrosoldada antideslizante, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente; y remate frontal antideslizante, de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, troquelado, fijado mediante soldadura sobre zanca metálica de escalera.
		Total Ud :
2.6	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 200x200 mm y espesor 8 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.
		Total Ud :
2.7	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 450x450 mm y espesor 25 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 35 cm de longitud total.
		Total Ud :
2.8	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.
		Total Ud :
2.9	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 200x150 mm y espesor 12 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.
		Total Ud :
2.10	kg	Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.

		Total kg :	5.440,000
2.11	kg	Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.	
		Total kg :	13.700,000
3.1	m	Barandilla de fachada en forma recta, de 100 cm de altura, formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm y montantes de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 150 cm entre sí; entrepaño para relleno de los huecos del bastidor compuesto de barrotes verticales de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 12 cm y pasamanos de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm, fijada mediante patillas de anclaje.	
		Total m :	70,000
3.2	m	Barandilla metálica de tubo hueco de acero laminado en frío de 90 cm de altura, con bastidor sencillo y montantes y barrotes verticales, para escalera recta de un tramo, fijada mediante patillas de anclaje.	
		Total m :	8,000
4.1	Ud	Suministro e instalación de pulsador de alarma convencional de rearme manual, de ABS color rojo, protección IP 41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme. Incluso elementos de fijación.	
		Total Ud :	1,000
4.2	Ud	Suministro e instalación de detector óptico de humos convencional, de ABS color blanco, formado por un elemento sensible a humos claros, para alimentación de 12 a 30 Vcc, con doble led de activación e indicador de alarma color rojo, salida para piloto de señalización remota y base universal. Incluso elementos de fijación.	
		Total Ud :	2,000
4.3	Ud	Suministro y colocación de placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm. Incluso elementos de fijación.	
		Total Ud :	1,000
4.4	Ud	Suministro y colocación de extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje.	
		Total Ud :	1,000
5.1	Ud	Motorreductor	
		Total Ud :	1,000
5.2	Ud	Estación de rodillos superiores	
		Total Ud :	65,000
5.3	Ud	Estación inferior	
		Total Ud :	19,000
5.4	m	Banda lisa	
		Total m :	130,000
5.5	Ud	Tambor motriz	
		Total Ud :	1,000
5.6	Ud	Tambor de reenvío	
		Total Ud :	1,000
5.7	Ud	Tambor desviador	
		Total Ud :	5,000
5.8	Ud	Rascador Primario	
		Total Ud :	1,000
5.9	Ud	Rascador Secundario	
		Total Ud :	1,000
5.10	Ud	Encauzador	
		Total Ud :	1,000

CAPÍTULO 6. PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. CUADRO Nº 1. MANO DE OBRA Y MAQUINARIA	177
2. CUADRO Nº 2. MATERIALES.....	178
3. CUADRO Nº 3. PRECIOS UNITARIOS.....	180
4. CUADRO Nº 4. PRECIOS DESCOMPUESTOS.....	183
5. PRESUPUESTO PARCIAL	189
6. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL	192
7. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN PER CONTRATA	193

1. CUADRO Nº 1. MANO DE OBRA Y MAQUINARIA

MANO DE OBRA				
Nº	DENOMINACIÓN MANO DE OBRA	PRECIO	HORAS	TOTAL
1	Oficial 1ª instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	16,720	1,365 h	22,83
2	Oficial 1ª cerrajero.	16,430	30,810 h	506,22
3	Oficial 1ª construcción.	16,180	23,088 h	373,62
4	Oficial 1ª ferrallista.	16,980	1,499 h	25,53
5	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	16,980	1,685 h	28,63
6	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	16,980	631,700 h	10.734,74
7	Ayudante cerrajero.	15,130	15,366 h	232,44
8	Ayudante ferrallista.	15,820	2,239 h	35,34
9	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	15,820	7,097 h	112,33
10	Ayudante montador de estructura metálica.	15,820	631,700 h	10.060,53
11	Ayudante instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	15,050	1,365 h	20,55
12	Peón ordinario construcción.	14,440	15,657 h	225,72
Importe total:				22.378,48
MAQUINARIA				
Nº	DENOMINACIÓN DE MAQUINARIA	PRECIO	HORAS	TOTAL
1	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	3,100	336,410 h	1.051,21
Importe total:				1.051,21

Teruel, 26 de Junio de 2018
 Ingeniera Mecánica
 Claudia Martínez Bronchal

2. CUADRO Nº 2. MATERIALES

Nº	DESIGNACIÓN	PRECIO	HORAS	TOTAL
1	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	0,810	963,100 kg	780,07
2	Separador homologado para cimentaciones.	0,130	148,000 Ud	19,24
3	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	0,990	21.346,500 kg	21.143,20
4	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales.	1,340	224,277 kg	300,56
5	Rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, incluso piezas de sujeción.	36,670	71,250 m ²	2.612,74
6	Peldaño recto de 900x240 mm, formado por rejilla electrosoldada antideslizante, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente; y remate frontal antideslizante, de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, troquelado, para soldar.	22,980	16,000 Ud	367,68
7	Agua.	1,500	0,468 m ³	0,78
8	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,100	3,700 kg	4,07
9	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-5 (resistencia a compresión 5 N/mm ²), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	32,250	1,170 t	37,44
10	Hormigón HA-30/B/20/IIa, fabricado en central.	77,280	20,350 m ³	1.572,69
11	Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central.	61,710	10,500 m ³	648,00
12	Tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm, montado en taller.	2,720	220,500 m	599,90
13	Cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm, montado en taller.	3,720	623,000 m	2.317,70
14	Barandilla metálica de tubo hueco de acero laminado en frío de 90 cm de altura, con bastidor sencillo formado por barandal superior de 100x40x2 mm, que hace de pasamanos, y barandal inferior de 80x40x2 mm; montantes verticales de 80x40x2 mm dispuestos cada 120 cm y barrotes verticales de 20x20x1 mm, colocados cada 12 cm y soldados entre sí, para una escalera recta de un tramo.	60,620	8,000 m	484,96

15	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	4,800	1.016,500 l	4.879,20
16	Imprimación SHOP-PRIMER a base de resinas pigmentadas con óxido de hierro rojo, cromato de zinc y fosfato de zinc.	9,950	11,200 kg	111,30
17	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, con accesorios de montaje, según UNE-EN 3.	41,830	1,000 Ud	41,83
18	Detector óptico de humos convencional, de ABS color blanco, formado por un elemento sensible a humos claros, para alimentación de 12 a 30 Vcc, con doble led de activación e indicador de alarma color rojo, salida para piloto de señalización remota y base universal, según UNE-EN 54-7. Incluso elementos de fijación.	19,110	2,000 Ud	38,22
19	Pulsador de alarma convencional de rearme manual, de ABS color rojo, protección IP 41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme, según UNE-EN 54-11. Incluso elementos de fijación.	11,640	1,000 Ud	11,64
20	Placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm, según UNE 23033-1. Incluso elementos de fijación.	7,300	1,000 Ud	7,30

Importe total: 35.978,52

Teruel, 26 de Junio de 2018
Ingeniera Mecánica
Claudia Martínez Bronchal

3. CUADRO Nº 3. PRECIOS UNITARIOS

Nº	DESIGNACIÓN	IMPORTE	
		EN CIFRA	EN LETRA
1	Cimentaciones		
1.1	m³ Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación.	71,95 €	SETENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS
1.2	m³ Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m³, sin incluir encofrado.	142,55 €	CIENTO CUARENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2	Estructuras		
2.1	kg Acero S275JR en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, estructura soldada.	6,71 €	SEIS EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS
2.2	kg Acero S275JR en estructura de pasarela peatonal, perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, estructura soldada.	8,04 €	OCHO EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
2.3	m² Pavimento de rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, fijado con piezas de sujeción, para pasarela peatonal.	48,17 €	CUARENTA Y OCHO EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS
2.4	m² Pavimento de rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, fijado con piezas de sujeción, para meseta de escalera.	48,17 €	CUARENTA Y OCHO EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS
2.5	Ud Peldaño recto de 900x240 mm, formado por rejilla electrosoldada antideslizante, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente; y remate frontal antideslizante, de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, troquelado, fijado mediante soldadura sobre zanca metálica de escalera.	29,65 €	VEINTINUEVE EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.6	Ud Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 200x200 mm y espesor 8 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.	12,83 €	DOCE EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

2.7	Ud Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 450x450 mm y espesor 25 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 35 cm de longitud total.	119,90 €	CIENTO DIECINUEVE EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS
2.8	Ud Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.	44,01 €	CUARENTA Y CUATRO EUROS CON UN CÉNTIMO
2.9	Ud Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 200x150 mm y espesor 12 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.	13,45 €	TRECE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.10	kg Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.	2,09 €	DOS EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS
2.11	kg Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.	2,09 €	DOS EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS
3	Fachadas y particiones		
3.1	m Barandilla de fachada en forma recta, de 100 cm de altura, formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm y montantes de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 150 cm entre sí; entrepaño para relleno de los huecos del bastidor compuesto de barrotes verticales de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 12 cm y pasamanos de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm, fijada mediante patillas de anclaje.	64,28 €	SESENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS
3.2	m Barandilla metálica de tubo hueco de acero laminado en frío de 90 cm de altura, con bastidor sencillo y montantes y barrotes verticales, para escalera recta de un tramo, fijada mediante patillas de anclaje.	82,51 €	OCHENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS
4	Instalaciones		
4.1	Ud Suministro e instalación de pulsador de alarma convencional de rearme manual, de ABS color rojo, protección IP 41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme. Incluso elementos de fijación.	27,42 €	VEINTISIETE EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS
4.2	Ud Suministro e instalación de detector óptico de humos convencional, de ABS color blanco, formado por un elemento sensible a humos claros, para alimentación de 12 a 30 Vcc, con doble led de activación e indicador de alarma color rojo, salida para piloto de señalización remota y base universal. Incluso elementos de fijación.	35,27 €	TREINTA Y CINCO EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS
4.3	Ud Suministro y colocación de placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm. Incluso elementos de fijación.	10,70 €	DIEZ EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS
4.4	Ud Suministro y colocación de extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje.	45,32 €	CUARENTA Y CINCO EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS
5	Elementos mecánicos		
5.1	Ud Motorreductor	2.523,50 €	DOS MIL QUINIENTOS VEINTITRES EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
5.2	Ud Estación de rodillos superiores	82,40 €	OCHENTA Y DOS EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS
5.3	Ud Estación inferior	72,10 €	SETENTA Y DOS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS

5.4	m Banda lisa	25,75 €	VEINTICINCO EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
5.5	Ud Tambor motriz	618,00 €	SEISCIENTOS DIECIOCHO EUROS
5.6	Ud. Tambor de reenvío	463,50 €	CUATROCIENTOS SESENTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
5.7	Ud Tambor desviador	360,50 €	TRESCIENTOS SESENTA EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS
5.8	Ud Rascador Primario	185,40 €	CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS
5.9	Ud Rascador Secundario	123,60 €	CIENTO VEINTITRES EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS
5.10	Ud Encauzador	515,00 €	QUINIENTOS QUINCE EUROS

Teruel, 26 de Junio de 2018
 Ingeniera Mecánica
 Claudia Martínez Bronchal

4. CUADRO Nº 4. PRECIOS DESCOMPUESTOS

Nº	CÓDIGO	DESCOMPOSICIÓN	
1	CHH005	m³. Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación.	
		Mano de obra	3,68 €
		Materiales	64,80 €
		Medios auxiliares	1,37 €
		3 % Costes indirectos	2,10 €
		Total por m³	71,95 €
Son SETENTA Y UN EUROS CON NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS por m³			
2	CSZ010	m³. Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m³, sin incluir encofrado.	
		Mano de obra	8,92 €
		Materiales	126,77 €
		Medios auxiliares	2,71 €
		3 % Costes indirectos	4,15 €
		Total por m³:	142,55 €
Son CIENTO CUARENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS por m³			
3	EAE010	kg. Acero S275JR en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, estructura soldada.	
		Mano de obra	5,05 €
		Maquinaria	0,05 €
		Materiales	1,28 €
		Medios auxiliares	0,13 €
		3 % Costes indirectos	0,20 €
		Total por kg:	6,71 €
Son SEIS EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS por kg			
4	EAE020	kg. Acero S275JR en estructura de pasarela peatonal, perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, estructura soldada.	
		Mano de obra	6,33 €
		Maquinaria	0,05 €
		Materiales	1,28 €
		Medios auxiliares	0,15 €
		3 % Costes indirectos	0,23 €
		Total por kg:	8,04 €
Son OCHO EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS por kg			

5	EAE100	m ² . Pavimento de rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, fijado con piezas de sujeción, para pasarela peatonal.	
		Mano de obra	9,18 €
		Materiales	36,67 €
		Medios auxiliares	0,92 €
		3 % Costes indirectos	1,40 €
Total por m²:		48,17 €	
Son CUARENTA Y OCHO EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS por m²			
6	EAE100b	m ² . Pavimento de rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, fijado con piezas de sujeción, para meseta de escalera.	
		Mano de obra	9,18 €
		Materiales	36,67 €
		Medios auxiliares	0,92 €
		3 % Costes indirectos	1,40 €
Total por m²:		48,17 €	
Son CUARENTA Y OCHO EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS por m²			
7	EAE110	Ud. Peldaño recto de 900x240 mm, formado por rejilla electrosoldada antideslizante, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente; y remate frontal antideslizante, de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, troquelado, fijado mediante soldadura sobre zanca metálica de escalera.	
		Mano de obra	4,75 €
		Maquinaria	0,50 €
		Materiales	22,98 €
		Medios auxiliares	0,56 €
3 % Costes indirectos	0,86 €		
Total por Ud:		29,65 €	
Son VEINTINUEVE EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS por Ud			
8	EAS005	Ud. Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 200x200 mm y espesor 8 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.	
		Mano de obra	7,94 €
		Maquinaria	0,05 €
		Materiales	4,23 €
		Medios auxiliares	0,24 €
3 % Costes indirectos	0,37 €		

		Total por Ud:	12,83 €
		Son DOCE EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS por Ud	
9	EAS005b	Ud. Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 450x450 mm y espesor 25 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 35 cm de longitud total.	
		Mano de obra	41,82 €
		Maquinaria	0,07 €
		Materiales	72,24 €
		Medios auxiliares	2,28 €
		3 % Costes indirectos	3,49 €
		Total por Ud:	119,90 €
		Son CIENTO DIECINUEVE EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS por Ud	
10	EAS005c	Ud. Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.	
		Mano de obra	19,39 €
		Maquinaria	0,07 €
		Materiales	22,43 €
		Medios auxiliares	0,84 €
		3 % Costes indirectos	1,28 €
		Total por Ud:	44,01 €
		Son CUARENTA Y CUATRO EUROS CON UN CÉNTIMO por Ud	
11	EAS005d	Ud. Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 200x150 mm y espesor 12 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.	
		Mano de obra	8,10 €
		Maquinaria	0,05 €
		Materiales	4,65 €
		Medios auxiliares	0,26 €
		3 % Costes indirectos	0,39 €
		Total por Ud:	13,45 €
		Son TRECE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS por Ud	
12	EAS010	kg. Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.	
		Mano de obra	0,66 €
		Maquinaria	0,05 €
		Materiales	1,28 €
		Medios auxiliares	0,04 €
		3 % Costes indirectos	0,06 €
		Total por kg:	2,09 €
		Son DOS EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS por kg	
13	EAV010	kg. Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.	
		Mano de obra	0,66 €

		Maquinaria	0,05 €
		Materiales	1,28 €
		Medios auxiliares	0,04 €
		3 % Costes indirectos	0,06 €
		Total por kg:	2,09 €
		Son DOS EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS por kg	
14	FDD010	m. Barandilla de fachada en forma recta, de 100 cm de altura, formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm y montantes de cuadrado de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 150 cm entre sí; entrepaño para relleno de los huecos del bastidor compuesto de barrotes verticales de cuadrado de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 12 cm y pasamanos de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm, fijada mediante patillas de anclaje.	
		Mano de obra	17,10 €
		Maquinaria	0,33 €
		Materiales	43,76 €
		Medios auxiliares	1,22 €
		3 % Costes indirectos	1,87 €
		Total por m:	64,28 €
		Son SESENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS por m	
15	FDD100	m. Barandilla metálica de tubo hueco de acero laminado en frío de 90 cm de altura, con bastidor sencillo y montantes y barrotes verticales, para escalera recta de un tramo, fijada mediante patillas de anclaje.	
		Mano de obra	17,10 €
		Maquinaria	0,33 €
		Materiales	61,11 €
		Medios auxiliares	1,57 €
		3 % Costes indirectos	2,40 €
		Total por m:	82,51 €
		Son OCHENTA Y DOS EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS por m	
16	IOD002	Ud. Suministro e instalación de detector óptico de humos convencional, de ABS color blanco, formado por un elemento sensible a humos claros, para alimentación de 12 a 30 Vcc, con doble led de activación e indicador de alarma color rojo, salida para piloto de señalización remota y base universal. Incluso elementos de fijación.	
		Mano de obra	14,46 €
		Materiales	19,11 €
		Medios auxiliares	0,67 €
		3 % Costes indirectos	1,03 €
		Total por Ud:	35,27 €
		Son TREINTA Y CINCO EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS por Ud	
17	IOD004	Ud. Suministro e instalación de pulsador de alarma convencional de rearme manual, de ABS color rojo, protección IP 41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme. Incluso elementos de fijación.	
		Mano de obra	14,46 €
		Materiales	11,64 €

		Medios auxiliares	0,52 €
		3 % Costes indirectos	0,80 €
		Total por Ud:	27,42 €
		Son VEINTISIETE EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS por Ud	
18	IOS010	Ud. Suministro y colocación de placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm. Incluso elementos de fijación.	
		Mano de obra	2,89 €
		Materiales	7,30 €
		Medios auxiliares	0,20 €
		3 % Costes indirectos	0,31 €
		Total por Ud:	10,70 €
		Son DIEZ EUROS CON SETENTA CÉNTIMOS por Ud	
19	IOX010	Ud. Suministro y colocación de extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje.	
		Mano de obra	1,31 €
		Materiales	41,83 €
		Medios auxiliares	0,86 €
		3 % Costes indirectos	1,32 €
		Total por Ud:	45,32 €
		Son CUARENTA Y CINCO EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS por Ud	
20	MB	m. Banda lisa	
		Sin descomposición	25,00 €
		3 % Costes indirectos	0,75 €
		Total por m:	25,75 €
		Son VEINTICINCO EUROS CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS por m	
21	ME	Ud. Encauzador	
		Sin descomposición	500,00 €
		3 % Costes indirectos	15,00 €
		Total por Ud:	515,00 €
		Son QUINIENTOS QUINCE EUROS por Uds.	
22	MEI	Ud. Estación inferior	
		Sin descomposición	70,00 €
		3 % Costes indirectos	2,10 €
		Total por Ud:	72,10 €
		Son SETENTA Y DOS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS por Uds.	
23	MES	Ud. Estación de rodillos superiores	
		Sin descomposición	80,00 €
		3 % Costes indirectos	2,40 €
		Total por Ud:	82,40 €
		Son OCHENTA Y DOS EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS por Uds.	

24	MM	Ud. Motorreductor	
		Sin descomposición	2.450,00 €
		3 % Costes indirectos	73,50 €
		Total por Ud:	2.523,50 €
Son DOS MIL QUINIENTOS VEINTITRES EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS por Uds.			
25	MRP	Ud. Rascador Primario	
		Sin descomposición	180,00 €
		3 % Costes indirectos	5,40 €
		Total por Ud:	185,40 €
Son CIENTO OCHENTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS por Uds.			
26	MRS	Ud. Rascador Secundario	
		Sin descomposición	120,00 €
		3 % Costes indirectos	3,60 €
		Total por Ud:	123,60 €
Son CIENTO VEINTITRES EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS por Uds.			
27	MTD	Ud. Tambor desviador	
		Sin descomposición	350,00 €
		3 % Costes indirectos	10,50 €
		Total por Ud:	360,50 €
Son TRESCIENTOS SESENTA EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS por Uds.			
28	MTM	Ud. Tambor motriz	
		Sin descomposición	600,00 €
		3 % Costes indirectos	18,00 €
		Total por Ud:	618,00 €
Son SEISCIENTOS DIECIOCHO EUROS por Uds.			
29	MTR	Ud. Tambor de reenvío	
		Sin descomposición	450,00 €
		3 % Costes indirectos	13,50 €
		Total por Ud:	463,50 €
Son CUATROCIENTOS SESENTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS por Uds.			

Teruel, 26 de Junio de 2018
 Ingeniera Mecánica
 D. Claudia Martínez Bronchal

5. PRESUPUESTO PARCIAL

CAPÍTULO Nº 1. CIMENTACIONES					
Nº	CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
1.1	CHH005	m³	Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación.		
			Total m³ :	10,000	71,95 €
1.2	CSZ010	m³	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-30/B/20/Ila fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50 kg/m³, sin incluir encofrado.		
			Total m³ :	18,500	142,55 €
Parcial nº 1 Cimentaciones:					3.356,68 €

CAPÍTULO Nº 2. ESTRUCTURAS					
Nº	CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
2.1	EAE010	kg	Acero S275JR en estructura de escalera compuesta de zancas y mesetas, perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, estructura soldada.		
			Total kg :	290,000	6,71 €
2.2	EAE020	kg	Acero S275JR en estructura de pasarela peatonal, perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, estructura soldada.		
			Total kg :	900,000	8,04 €
2.3	EAE100	m²	Pavimento de rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, fijado con piezas de sujeción, para pasarela peatonal.		
			Total m² :	70,000	48,17 €
2.4	EAE100b	m²	Pavimento de rejilla electrosoldada antideslizante de 34x38 mm de paso de malla, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil omega laminado en caliente, de 20x2 mm, fijado con piezas de sujeción, para meseta de escalera.		
			Total m² :	1,250	48,17 €
2.5	EAE110	Ud	Peldaño recto de 900x240 mm, formado por rejilla electrosoldada antideslizante, acabado galvanizado en caliente, realizada con pletinas portantes de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, de 20x2 mm, separadas 34 mm entre sí, separadores de varilla cuadrada retorcida, de acero con bajo contenido en carbono UNE-EN ISO 16120-2 C4D, de 4 mm de lado, separados 38 mm entre sí y marco de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente; y remate frontal antideslizante, de acero laminado UNE-EN 10025 S235JR, en perfil plano laminado en caliente, troquelado, fijado mediante soldadura sobre zanca metálica de escalera.		
			Total Ud :	16,000	29,65 €
2.6	EAS005	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 200x200 mm y espesor 8 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.		
			Total Ud :	9,000	12,83 €

2.7	EAS005b	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 450x450 mm y espesor 25 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 20 mm de diámetro y 35 cm de longitud total.			
			Total Ud :	3,000	119,90 €	359,70 €
2.8	EAS005c	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.			
			Total Ud :	3,000	44,01 €	132,03 €
2.9	EAS005d	Ud	Placa de anclaje de acero S275JR en perfil plano, de 200x150 mm y espesor 12 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 30 cm de longitud total.			
			Total Ud :	2,000	13,45 €	26,90 €
2.10	EAS010	kg	Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.			
			Total kg :	5.440,000	2,09 €	11.369,60 €
2.11	EAV010	kg	Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.			
			Total kg :	13.700,000	2,09 €	28.633,00 €
Parcial nº 2 Estructuras:						53.725,11 €

CAPÍTULO Nº 3. FACHADAS Y PARTICIONES						
Nº	CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE	
3.1	FDD010	m	Barandilla de fachada en forma recta, de 100 cm de altura, formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm y montantes de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 150 cm entre sí; entrepaño para relleno de los huecos del bastidor compuesto de barrotes verticales de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 12 cm y pasamanos de tubo circular de perfil hueco de acero laminado en frío de diámetro 15 mm, fijada mediante patillas de anclaje.			
			Total m :	70,000	64,28 €	4.499,60 €
3.2	FDD100	m	Barandilla metálica de tubo hueco de acero laminado en frío de 90 cm de altura, con bastidor sencillo y montantes y barrotes verticales, para escalera recta de un tramo, fijada mediante patillas de anclaje.			
			Total m :	8,000	82,51 €	660,08 €
Parcial nº 3 Fachadas y particiones:						5.159,68 €

CAPÍTULO Nº 4. INSTALACIONES						
Nº	CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE	
4.1	IOD004	Ud	Suministro e instalación de pulsador de alarma convencional de rearme manual, de ABS color rojo, protección IP 41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme. Incluso elementos de fijación.			
			Total Ud :	1,000	27,42 €	27,42 €
4.2	IOD002	Ud	Suministro e instalación de detector óptico de humos convencional, de ABS color blanco, formado por un elemento sensible a humos claros, para alimentación de 12 a 30 Vcc, con doble led de activación e indicador de alarma color rojo, salida para piloto de señalización remota y base universal. Incluso elementos de fijación.			
			Total Ud :	2,000	35,27 €	70,54 €

4.3	IOS010	Ud	Suministro y colocación de placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 420x420 mm. Incluso elementos de fijación.			
			Total Ud :	1,000	10,70 €	10,70 €
4.4	IOX010	Ud	Suministro y colocación de extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje.			
			Total Ud :	1,000	45,32 €	45,32 €
			Parcial nº 4 Instalaciones:			153,98 €

CAPÍTULO Nº 5. ELEMENTOS MECÁNICOS						
Nº	CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE	
5.1	MM	Ud	Motor eléctrico con reductor de engranajes cónicos de 3 etapas, modelo SK 9086.1 - 225 MP/4.			
			Total Ud :	1,000	2.523,50 €	2.523,50 €
5.2	MES	Ud	Estación de rodillos portantes en artesa 30º para cargas pesadas con perfil UPN 100. Rodillos Serie RM-20, según ISO 1537.			
			Total Ud :	65,000	82,40 €	5.356,00 €
5.3	MEI	Ud	Estación con rodillo plano de la serie RM-20, según ISO 1537.			
			Total Ud :	19,000	72,10 €	1.369,90 €
5.4	MB	m	Banda lisa textil EP (Poliéster y poliamida) con 800 mm de anchura, resistencia a tracción 630N/mm y recubrimiento tipo Y con espesor superior de 4mm e inferior de 2mm.			
			Total m :	130,000	25,75 €	3.347,50 €
5.5	MTM	Ud	Tambor motriz de 630mm de diámetro engomado.			
			Total Ud :	1,000	618,00 €	618,00 €
5.6	MTR	Ud	Tambor de reenvío de 500mm de diámetro.			
			Total Ud :	1,000	463,50 €	463,50 €
5.7	MTD	Ud	Tambor desviador o de presión de 400mm de diámetro.			
			Total Ud :	5,000	360,50 €	1.802,50 €
5.8	MRP	Ud	Rascador Primario			
			Total Ud :	1,000	185,40 €	185,40 €
5.9	MRS	Ud	Rascador secundario			
			Total Ud :	1,000	123,60 €	123,60 €
5.10	ME	Ud	Encauzador de 6m de largo de chapa de acero S275 con gomas en la parte inferior.			
			Total Ud :	1,000	515,00 €	515,00 €
			Parcial nº 5 Elementos mecánicos:			16.304,90 €

6. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL

PEM	
1 Cimentaciones	3.356,68 €
2 Estructuras	53.725,11 €
3 Fachadas y particiones	5.159,68 €
4 Instalaciones	153,98 €
5 Elementos mecánicos	16.304,90 €
TOTAL:	78.700,35 €
Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de SETENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS.	

Teruel, 26 de Junio de 2018
Ingeniera Mecánica
Claudia Martínez Bronchal

7. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN PER CONTRATA

PEC	
1 Cimentaciones	3.356,68
2 Estructuras	53.725,11
3 Fachadas y particiones	5.159,68
4 Instalaciones	153,98
5 Elementos mecánicos	16.304,90
Presupuesto de ejecución material (PEM)	78.700,35
13% de gastos generales	10.231,05
6% de beneficio industrial	4.722,02
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	93.653,42
21%	19.667,22
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)	113.320,64
Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de CIENTO TRECE MIL TRESCIENTOS VEINTE EUROS CON SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.	

Teruel, 26 de Junio de 2018
Ingeniera Mecánica
Claudia Martínez Bronchal

