



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Máster en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador.

Diseño de un virador para soldadura en calderería mediante software CAD/CAM.

Trabajo Final de Máster.

Alumno: Javier Cordero Cucart.

Tutor: Santiago Carlos Gutiérrez Rubert.

Fecha: Septiembre 2018

Contenido

1.	Introducción y problemática.....	5
1.1.	¿Qué es un virador?	5
1.2.	Problemática.....	6
2.	Objetivos.....	10
2.1.	Objetivos principales.....	10
2.2.	Objetivos específicos.....	10
2.3.	Alcance.....	10
3.	Diseño conceptual.....	11
3.1.	Estudio de mercado.....	11
3.1.1.	Conclusiones del estudio de mercado.....	12
3.2.	Criterios de optimización.....	14
3.2.1.	Fabricación.....	14
3.2.2.	Mantenimiento.....	14
3.2.3.	Regulación.....	15
3.2.4.	Seguridad.....	15
3.3.	Bocetos preliminares.....	15
4.	Diseño básico.....	17
4.1.	Plataforma base.....	17
4.2.	Plataforma operario.....	18
4.2.1.	Chapa lagrimada.....	18
4.2.2.	Chapa estriada.....	19
4.2.3.	Rejilla electrosoldada.....	20
4.3.	Sistema de potencia.....	21
4.3.1.	Transmisión por cadena.....	21
4.3.2.	Transmisión por correa.....	23
4.3.3.	Transmisión por engranajes.....	24
4.3.4.	Conclusiones.....	26
4.4.	Ejes paralelos.....	26
4.5.	Conclusiones diseño básico.....	28
5.	Diseño de detalle.....	29
5.1.	Análisis FEM.....	29
5.2.	Dimensionado de los ejes.....	30
5.3.	Dimensionado de los rodamientos para los ejes.....	33
5.4.	Regulación de la separación de los rodillos.....	35
5.5.	Cálculo del par resistente.....	37

5.6.	Cálculo del par resistente mediante software CAD/CAM.	38
5.7.	Selección del motorreductor.	41
5.8.	Selección de acoplamiento flexible.	42
5.9.	Dimensionado plataforma para operarios.	43
5.10.	Regulación por posibles irregularidades del suelo.	45
5.11.	Problemas encontrados en la fase de diseño de detalle.	45
5.12.	Resultado del diseño de detalle.	48
6.	Pliego de condiciones.	49
6.1.	Objeto.	49
6.2.	Condiciones técnicas.	49
6.3.	Condiciones facultativas.	50
6.4.	Obligaciones y derechos del Contratista.	50
6.5.	Obligaciones y derechos de la empresa.	51
6.6.	Condiciones económicas.	51
6.7.	Condiciones legales.	52
6.8.	Control de calidad en el proceso de fabricación y montaje.	53
6.9.	Mantenimiento.	54
7.	Presupuesto del proyecto.	54
8.	Elaboración de los planos de fabricación.	57
9.	Conclusiones y propuesta de mejora.	57
10.	Referencias y bibliografía.	59
11.	Anexos.	60
11.1.	Anexo 1.	61
11.2.	Anexo 2.	63
11.3.	Anexo 3.	65
11.4.	Anexo 4.	67
11.5.	Anexo 5.	69
11.6.	Anexo 6.	71
11.7.	Anexo 7.	73
11.8.	Anexo 8.	75

Índice de tablas

Tabla 1 Materiales de perfilería estructural según UNE EN 10025.....	17
Tabla 2 Relación espesor-peso en chapa lagrimada.....	19
Tabla 3 Aceros de la serie F-100 y aplicaciones.	27
Tabla 4 Composición química.....	27
Tabla 5 Propiedades mecánicas en estado de temple y revenido.....	27
Tabla 6 Propiedades mecánicas en estado de temple y revenido.....	28
Tabla 7 Rodamientos para rodillo SKF	33
Tabla 8 Rodamiento para el sistema de regulación SKF.....	34
Tabla 9 Selección de motorreductores de 0.12kW.....	41
Tabla 10 Factor de servicio.....	42
Tabla 11 Acoplamientos ECCN SKF.....	42
Tabla 12 Presupuesto del proyecto.....	55
Tabla 13 Presupuesto de ejecución.....	56
Tabla 14 Precio de venta al público	56

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Virador.....	5
Ilustración 2 Proceso de fabricación de virolas.....	6
Ilustración 3 Desalineamiento debido a mala colocación.....	7
Ilustración 4 Desalineamiento debido a suelo irregular.....	7
Ilustración 5 Desalineamiento debido a mal ajuste.....	8
Ilustración 6 Serpentín a fabricar.....	9
Ilustración 7 Curvadora de perfiles.....	9
Ilustración 8 Rotosaind 30Tn.....	11
Ilustración 9 NHTR 6000.....	11
Ilustración 10 CVA2-20.....	12
Ilustración 11 KOIKE ARONSON TR.....	12
Ilustración 12 Disposición típica de viradores.....	13
Ilustración 13 Sistema autocentrado de equipos.....	13
Ilustración 14 Boceto preliminar nº1.....	16
Ilustración 15 Boceto preliminar nº2.....	16
Ilustración 16 Boceto preliminar nº3.....	16
Ilustración 17 Patrón y dimensiones chapa lagrimada según DIN 59220:2000.....	18
Ilustración 18 Patrón y dimensiones chapa lagrimada según norma ASTM.....	19
Ilustración 19 Dimensiones chapa estriada según DIN 59220:2000.....	19
Ilustración 20 Vista 3D rejilla electrosoldada.....	20
Ilustración 21 Transmisión por cadena.....	22
Ilustración 22 Tipos de cadena.....	22
Ilustración 23 Transmisión por correa.....	23
Ilustración 24 Tipos de correas de transmisión.....	23
Ilustración 25 Tipos de engranajes.....	25
Ilustración 26 Tipos de engranajes.....	25
Ilustración 27 Tipos de engranajes.....	25
Ilustración 28 Forma general del rodillo propuesto.....	28
Ilustración 29 Estudio por elementos finitos rodillo.....	31
Ilustración 30 Resultado de las tensión de von Mises del rodillo.....	31
Ilustración 31 Resultados de la deformación máxima del rodillo.....	32
Ilustración 32 Factor de seguridad del rodillo.....	32
Ilustración 33 Vista del sistema de regulación con rodillos diseñado.....	34
Ilustración 34 Sección del rodillo de regulación.....	35
Ilustración 35 Vista 3D del sistema de fijación del rodillo móvil.....	35
Ilustración 36 Vista lateral del sistema de regulación.....	36
Ilustración 37 Resultados de la tensión de von Mises a la IPE taladrada.....	36
Ilustración 38 Resultados de la deformación máxima a la IPE taladrada.....	37
Ilustración 39 Elementos diseñados para el estudio.....	39
Ilustración 40 Vista 3D barandilla propuesta con sus elementos constituyentes.....	43
Ilustración 41 Resistencia de las distintas configuraciones del tramex.....	44
Ilustración 42 Vistas 3D plataforma para operarios diseñada.....	44
Ilustración 43 Vista 3D patas de regulación diseñadas.....	45
Ilustración 44 Colisión del serpentín con el virador.....	46
Ilustración 45 Colisión serpentín-virador subsanada.....	46
Ilustración 46 Anclaje de plataforma inicial.....	47
Ilustración 47 Anchura libre sin plataforma.....	47
Ilustración 48 Diseño de plataforma de operarios final.....	48
Ilustración 49 Diferencias virador libre y motriz.....	48
Ilustración 50 Vistas 3D viradores diseñados.....	49
Ilustración 51 Tren de viradores con serpentín.....	58

1. Introducción y problemática.

En el presente documento se procederá a la exposición del diseño de un virador, una máquina cuyas características se detallarán a lo largo del documento. Para ello se realizará un estudio sobre el que veremos qué nos ofrece el mercado para satisfacer los requerimientos del usuario que vaya a servirse de la maquinaria. Tras analizar el mercado se decidirá dónde se puede realizar una mejora de los sistemas actuales y se propondrá un diseño general de la máquina a construir. Además, se profundizará en los elementos constructivos a incluir y se realizarán ensayos por elementos finitos para garantizar que los esfuerzos a los que será sometido el equipo son soportados con éxito. Finalmente, se generarán los planos de fabricación y el presupuesto correspondiente al diseño y fabricación del virador.

1.1. ¿Qué es un virador?

Un virador es una máquina que sirve para rotar una pieza sobre el propio eje de revolución que se sitúe encima. A continuación, se observa una imagen, Ilustración 1, del equipo en cuestión.

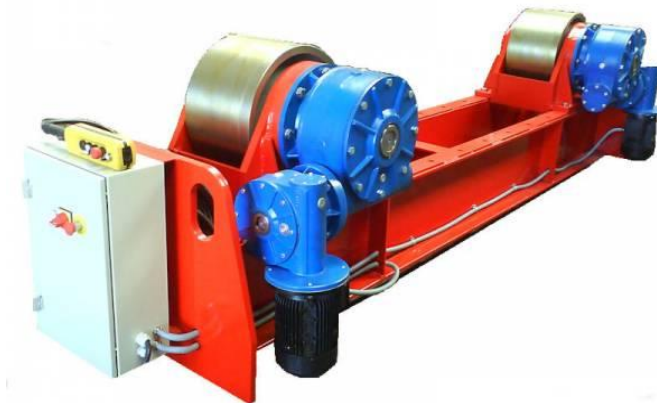


Ilustración 1 Virador

El virador consta de dos ruedas; basándonos en la configuración estándar una de ellas es motriz y la otra libre, sin embargo, en la Ilustración 1 se puede observar como el virador posee ambas ruedas motrices. La rueda motriz permite la transmisión de movimiento rotatorio al equipo situado encima. La rueda libre, en cambio, es la encargada de asegurar que el equipo permanezca centrado en todo momento. En caso de poseer dos ruedas motrices, tendríamos un mejor par para poder rotar el equipo. Hay casos en los que para que la adherencia entre las ruedas y el equipo sea mayor están recubiertas de un material con alto coeficiente de fricción. Además, posee un controlador simple que nos permite variar el sentido de giro, iniciar la marcha y detener la rotación. También cabe destacar que, como toda maquinaria, posee un interruptor de emergencia para desconectar de inmediato el equipo en caso de que fuera necesario.

1.2. Problemática.

Las empresas dedicadas al sector de la calderería y soldadura, y en concreto en la empresa Montajes y Servicios Mecánicos ALVA SL, fabrican equipos conformados con chapa que ha sido curvada en unos rodillos para ser soldados posteriormente mediante procesos de soldadura manuales o automáticos, tales como GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), SAW (Submerged Arc Welding) o SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Los equipos pueden variar desde los 2 metros de longitud, como pueden ser depósitos a presión o atmosféricos, hasta 30 metros, como en el caso de chimeneas.

El proceso de fabricación de la virola (cuerpo principal formado de chapa) de los equipos nombrados anteriormente, consiste en curvar la chapa de espesor definido, según plano, al diámetro adecuado. Tras esto se colocarán las chapas encima de los viradores correctamente alineados para garantizar que la desviación de las chapas está dentro de la tolerancia exigida por norma o cliente. Cuando las chapas están correctamente alineadas, se procede a soldar la unión entre ellas mediante los procesos nombrados anteriormente. En la Ilustración 2 se pueden observar unas figuras donde se muestra, por pasos, el proceso explicado anteriormente.

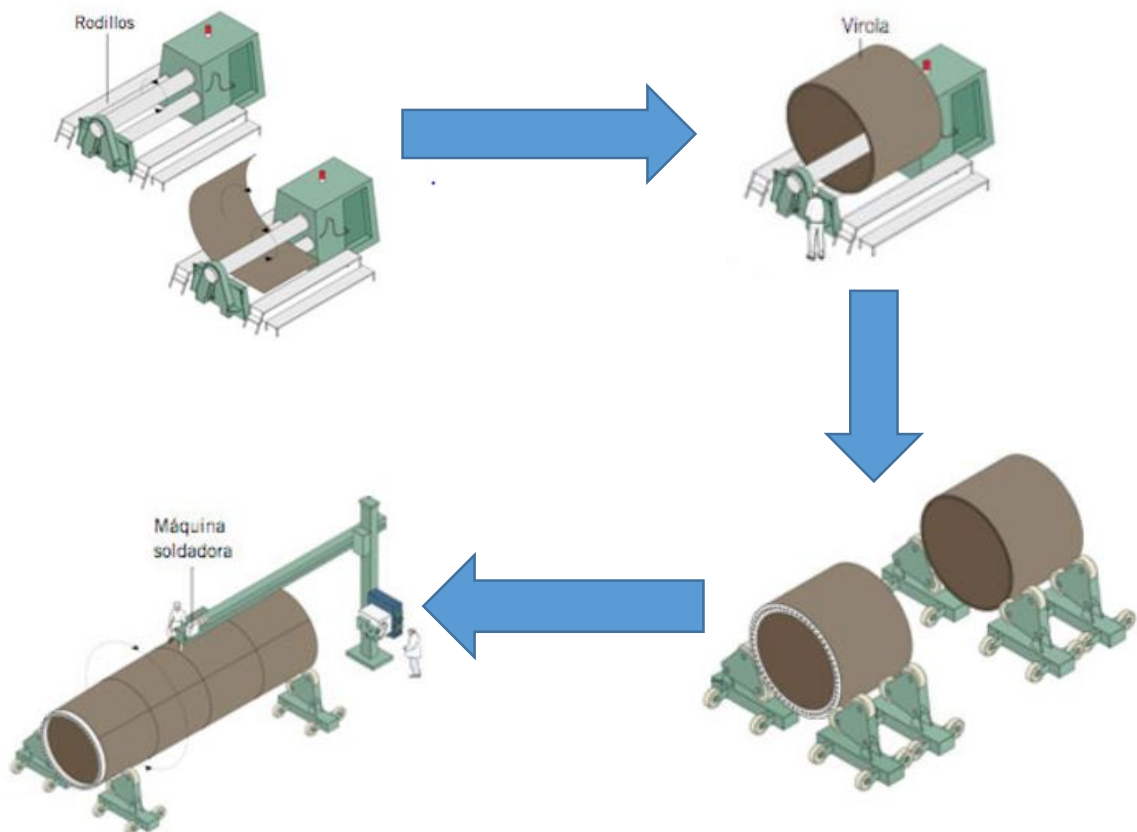


Ilustración 2 Proceso de fabricación de virolas.

La complicación del proceso radica en la tarea de alineación de los viradores, puesto que el suelo nunca es uniforme. Para ello será necesario suplementar y corregir la desviación de los viradores que se necesiten, para que los ejes sean colineales, de manera que se garantice que no hay desfase tanto de posición como de desviación angular. A continuación se exponen los posibles desalineamientos que se pueden dar entre viradores respaldados con unas ilustraciones:

1. Posible desalineamiento provocado por un mal ajuste o colocación de los viradores. En la Ilustración 3 se puede observar una vista en planta donde se muestra el desalineamiento, "d", que impide la colinealidad del eje imaginario de rotación.

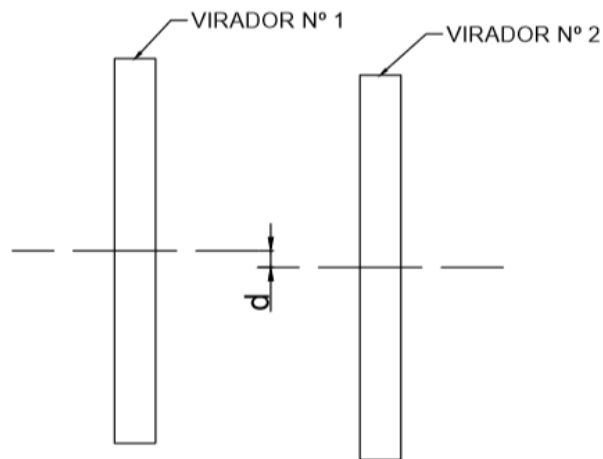


Ilustración 3 Desalineamiento debido a mala colocación.

2. Posible desalineamiento provocado por suelo irregular. En la Ilustración 4 se puede observar una vista en perfil, donde se muestra el desalineamiento "d" que impide la colinealidad del eje imaginario de rotación.

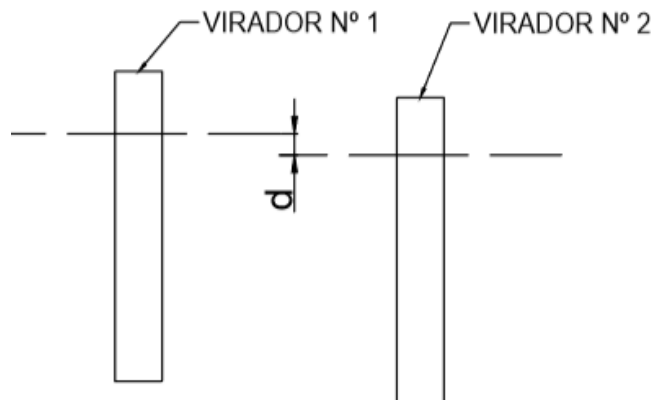


Ilustración 4 Desalineamiento debido a suelo irregular.

3. Posible desalineamiento provocado por su mal ajuste. En la Ilustración 5 se puede observar una vista en planta donde se muestra el desalineamiento angular " β " que impide la colinealidad del eje imaginario de rotación.

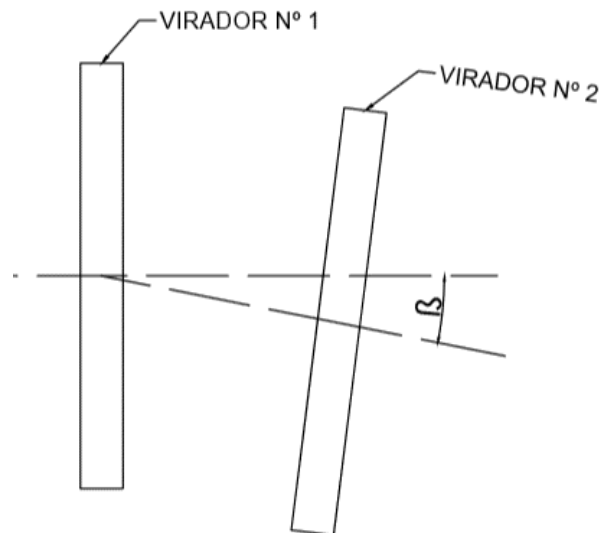


Ilustración 5 Desalineamiento debido a mal ajuste.

Cabría destacar, por ejemplo, el proyecto que tienen en marcha la empresa Montajes y Servicios Mecánicos ALVA SL, en el cual se ha de fabricar un serpentín helicoidal conformado con tubo. Dicho serpentín corresponde a la parte de tubos de un intercambiador de calor, por lo que es normal que esté formado por uno o varios pasos puesto que de esta forma se aumenta el caudal y se aprovecha de forma más eficiente el gasto calorífico generado para calentar el fluido.

Para poder fabricar los serpentines existen empresas especiales que se dedican al curvado de tubos, dándoles forma de muelle con el paso y el diámetro acorde a plano.

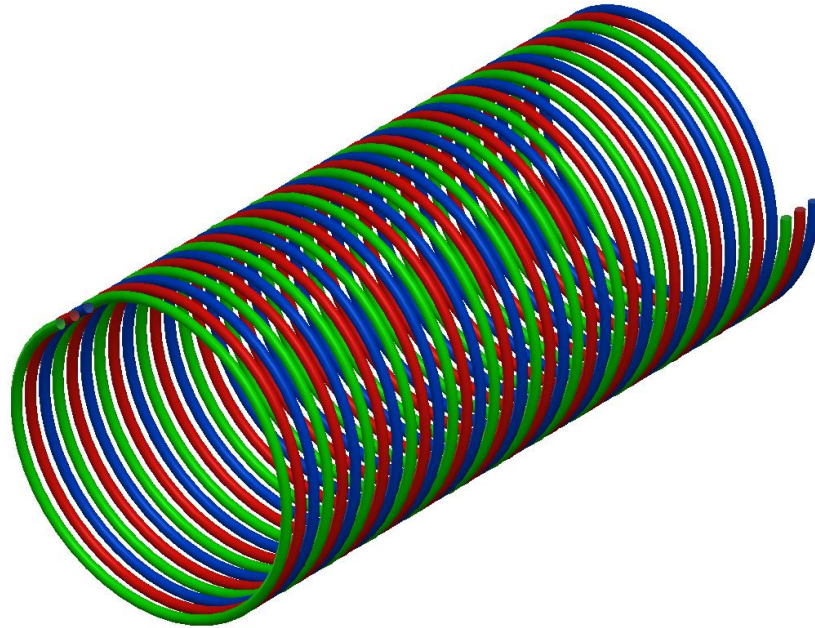


Ilustración 6 Serpentín a fabricar.

En el caso actual, el serpentín tiene 3 pasos que se pueden observar de distinto color en la Ilustración 6.

El proceso de montaje del serpentín es el siguiente:

1.- En primer lugar, se curvarán los tubos, soldados previamente en recto, para poder alimentar la máquina de curvado y disminuir así la cantidad de material desechado (al curvar un perfil, tubo o chapa, hay una distancia en las puntas del material que no consigue ser curvada, por lo que ha de ser eliminada. Ver Ilustración 7). Al hacerlo todo seguido, solamente se desechará la primera y la última punta.



Ilustración 7 Curvadora de perfiles.

2.- En segundo lugar, se han de engranar los pasos de los serpentines. Para ello se introducirá un paso en el virador (Virador que va a ser diseñado y fabricado). El segundo paso se mantendrá elevado del suelo sujeto con puentes grúa. Cabe destacar que cada serpentín mide 10 metros de largo y 5 metros de diámetro. Se procederá a girar el serpentín colocado en el virador a la vez que se avanza el serpentín elevado hasta encontrarse. Se repetirá este segundo paso con el tercer paso del serpentín.

2. Objetivos.

2.1. Objetivos principales.

El objetivo principal del presente proyecto es llevar a cabo la tarea de diseño y fabricación de un virador con características innovadoras para facilitar la fabricación de equipos conformados con chapa y tubo. Para ello será necesario garantizar que la máquina resiste las cargas a las cuales se va a ver sometida y que los componentes seleccionados son estándar, para abaratar costes.

2.2. Objetivos específicos.

- Realizar el diseño de un virador incluyendo componentes que no tengan que ser fabricados bajo pedido, para así permitir el intercambio de piezas en caso de rotura o funcionamiento inadecuado.
- Estudiar varios tipos de transmisión de movimiento a incluir en el virador, con sus ventajas e inconvenientes, y decidir el más adecuado.
- Realizar cálculos de resistencia para dimensionar la estructura del virador garantizando el menor peso posible para permitir el traslado del equipo.
- Prever una plataforma para que los operarios puedan trabajar garantizando la seguridad.
- Estudiar los costes del producto final.
- Establecer una planificación óptima para el desarrollo del proyecto de diseño y fabricación de nuestro virador.

2.3. Alcance.

En este proyecto se llevará a cabo el diseño mecánico de un virador de rodillos mediante software CAD 3D ya sea NX, Inventor, Solidworks o similar. Gracias a las herramientas CAD, se realizarán ensayos FEM para medir la resistencia de los materiales propuestos y así dimensionar cada una de las partes que formará nuestro

virador. Se calculará el motor, transmisión, rodamiento y cualquier elemento extra para así poder seleccionarlo dentro de los catálogos de los proveedores de dichos componentes. Tras obtener nuestro diseño de virador, se elaborarán los planos de fabricación y el presupuesto del proyecto.

3. Diseño conceptual.

3.1. Estudio de mercado.

Una de las muchas tareas principales a la hora de realizar un proyecto es el estudio de mercado, mediante el que se van a analizar los productos que existen en el mercado, y que son similares al producto que queremos desarrollar.

A través del estudio de mercado podemos conocer qué productos y/o innovaciones se están incluyendo actualmente en los viradores, los materiales de los que están formados y el precio de venta, entre otros.

En nuestro estudio de mercado, hemos analizado 4 modelos de marcas diferentes para así tener una percepción de lo que podemos encontrar actualmente en el mercado.

A continuación, se muestra un resumen de dicho estudio de mercado:

Modelo: Rotosaind 30Tn	 <p data-bbox="922 1395 1230 1422"><i>Ilustración 8 Rotosaind 30Tn</i></p>
Empresa fabricante: SAIND	
Carga máxima: 30Tn	
Especificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Dos ruedas motrices. - Separación ajustable. - Mando a distancia. - Regulación velocidad de giro 	

Modelo: NHTR 6000	 <p data-bbox="938 1933 1214 1960"><i>Ilustración 9 NHTR 6000</i></p>
Empresa fabricante: SAIND	
Carga máxima: 6Tn	
Especificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Virador motorizado y virador libre. - Rueda motriz y rueda libre. - Separación ajustable. - Mando a distancia opcional. 	

Modelo: CVA2-20	
Empresa fabricante: CODESOL	
Carga máxima: 20Tn	
Especificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Autocentrante. - Gracias a su configuración de 4 ruedas, no es necesario separar los rodillos para recibir un equipo de mayor diámetro. - Dos ruedas motrices 	

Ilustración 10 CVA2-20

Modelo: TR serie	
Empresa fabricante: KOIKE ARONSON	
Carga máxima: 3-180Tn	
Especificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Rodillos mecanizados en lugar de ruedas. - Posibilidad de poner varios en serie para aumentar la longitud de la línea. - Separación ajustable. - Configuración de rodillo motorizado y rodillo libre. 	

Ilustración 11 KOIKE ARONSON TR

3.1.1. Conclusiones del estudio de mercado.

Tras el estudio de mercado podemos concluir que la mayoría de viradores ofertados poseen la configuración de los 2 primeros modelos (modelo Rotosaind 30Tn y NHTR 6000), evidenciando que en la mayoría de empresas de calderería se aborda el proceso de fabricación de virolas enlazando viradores motorizados y de movimiento libre o loco. Uno de ellos será motorizado y el resto de ellos serán locos tal y como se puede ver en la Ilustración 12.

De esta manera el peso se reparte por partes iguales en los viradores, siempre y cuando sea de manera equitativa a lo largo del equipo. De esta manera, se pueden rotar equipos incluso cuando el peso supera la capacidad máxima del virador, incrementando el número de apoyos.

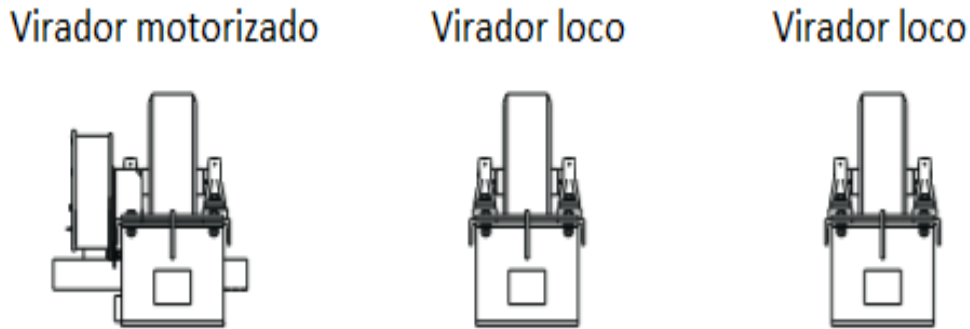


Ilustración 12 Disposición típica de viradores.

En el caso del modelo CODESOL CVA, observamos una tecnología de 4 ruedas por virador, que permite el autocentrado sin que sea necesario modificar la separación de las ruedas. En la Ilustración 13 se puede advertir el comportamiento de este sistema y el rango de movimiento que permite para ofrecer un amplio rango de diámetros:

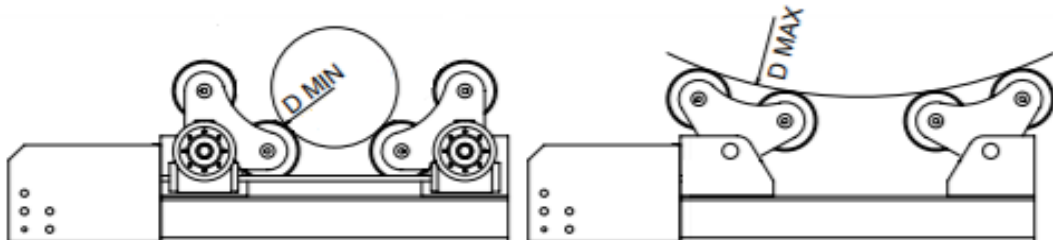


Ilustración 13 Sistema autocentrado de equipos.

Las opciones que se han contemplado anteriormente son soluciones para el conformado de virolas, tal y como se ha expuesto en el apartado de la problemática. No obstante, para rotar el serpentín helicoidal que se ha mencionado en dicho apartado, estos viradores no son una solución válida debido a que la zona de contacto entre serpentín y virador es un punto.

El inconveniente de un contacto puntual entre el serpentín y el virador es que no se puede garantizar que todas las ruedas estén en contacto directo con el virador y en su total anchura, por lo que es posible que se llegue un punto en el que las ruedas deslizan haciendo imposible la rotación del serpentín. Por otro lado, si se consiguiese mover el serpentín, no sería posible mover los 3 pasos a la vez ya que habría momentos en los cuales no estarían en contacto.

Es por esto que, el sistema de rodillos mecanizados que incorpora el modelo Koike Aronson TR (Ilustración 11) nos garantiza que el contacto entre virador y serpentín va a ser distribuido a lo largo de estos, siendo una solución atractiva para llevar a cabo dichos trabajos, ya que se elimina el inconveniente explicado anteriormente.

Como conclusión del estudio de mercado realizado, recomendamos:

- Incorporar rodillos en lugar de ruedas.
- Dotar al virador de un sistema de separación de rodillos ajustable.
- Mando para controlar sentido de giro, marcha y paro.
- Motorizar uno de los dos rodillos y dejar el otro con movimiento libre.
- Posibilidad de enlazar viradores.

3.2. Criterios de optimización.

Para este apartado se buscará la mejora de nuestro producto para cumplir unas condiciones de fabricación, mantenimiento, producción y seguridad, que se detallarán a continuación.

3.2.1. Fabricación.

Con respecto a la fabricación, el virador debe ser fabricado mediante soldadura y uniones no fijas, para poder facilitar el transporte y el envío al cliente final. Para ello se deberá prever un sistema de fabricación por piezas ensamblables. Para simplificar el proceso, las piezas máximas se restringirán a unas dimensiones de 7500x2300mm para poder introducirlas en un tráiler con capacidad de 8000x2500mm y poder evitar así el encarecimiento generado por el transporte, de forma que se evite la contratación de un transporte especial. Se deberá crear un plano de conjunto y plano de las partes que conformarán el equipo.

3.2.2. Mantenimiento.

Para el mantenimiento del virador habrá que elegir materiales que sean fáciles de conseguir, por lo que nos ceñiremos a los estándares ISO de componentes. En caso de tener que realizar reparaciones en la parte motriz del equipo, se preverán unas puertas de registro para permitir el acceso al personal de mantenimiento. Además de esto, dentro de los componentes que se elijan, se buscarán aquellos que alarguen el tiempo entre revisiones de la máquina, para así tener buen rendimiento de uso. En caso de rotura de algún componente, este podrá ser reemplazado por el personal de mantenimiento del cliente sin tener que contactar con el suministrador.

El sistema de transmisión elegido deberá ser aquél que necesite menos mantenimiento por parte del cliente.

3.2.3. Regulación.

El virador incluirá un sistema de regulación para poder ampliar el abanico de chapas o equipos a manejar. Habrá que conseguir que uno de los dos ejes del virador permita el desplazamiento para así poder albergar equipos de poco diámetro y equipos con un diámetro mayor. Dicho sistema deberá garantizar el paralelismo entre ejes siempre que se modifique la distancia entre ejes.

Además de permitir la regulación en diámetro, se propondrá el diseño de un virador motorizado y de uno de movimiento libre. Estos dos modelos compartirán exactamente la misma estructura con la ligera diferencia que uno dispondrá de motor y el otro no. Para albergar un equipo de mucha longitud, estos viradores se unirán mediante unos acoplamientos flexibles y así el movimiento de rotación se transmitirá a los siguientes viradores.

3.2.4. Seguridad.

Para evitar lesiones laborales o uso indebido, se incluirá en el sistema de control un botón que tendrá que estar pulsado siempre que se quiera trabajar con el virador. Si el operario soltase dicho botón, el virador detendrá su movimiento. Además, en la plataforma que facilita el trabajo a los operarios de soldadura se deberá prever una barandilla para evitar caídas en altura.

3.3. Bocetos preliminares.

A continuación se pueden observar bocetos preliminares (Ilustración 14, Ilustración 15 e Ilustración 16) con las ideas de unir viradores en serie para mejorar la versatilidad, incluir rodillos en lugar de ruedas, de prever una plataforma transitable y de permitir la separación entre los rodillos.

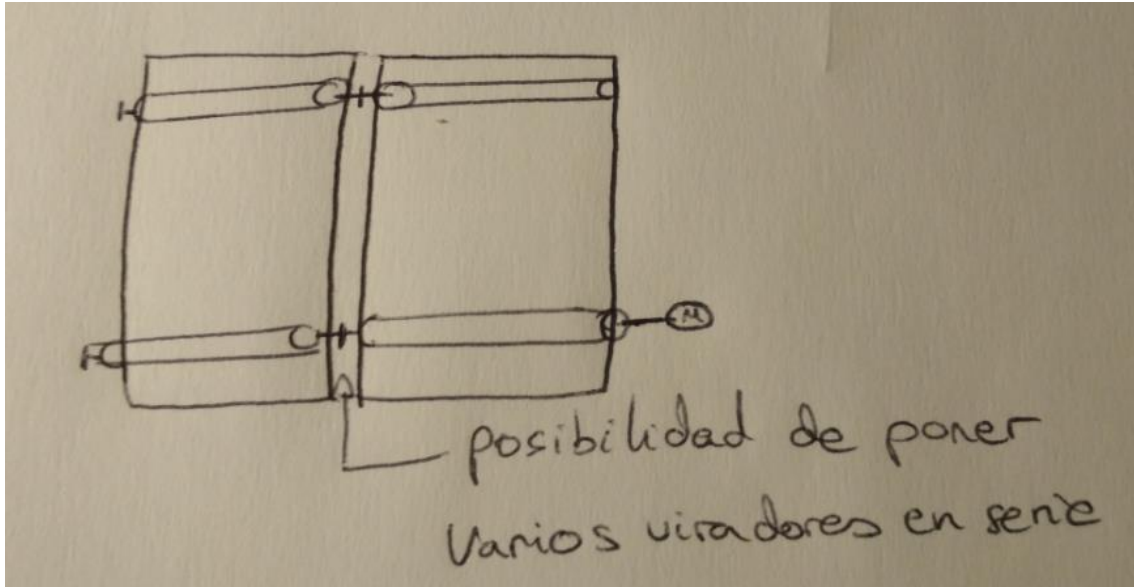


Ilustración 14 Boceto preliminar nº1.

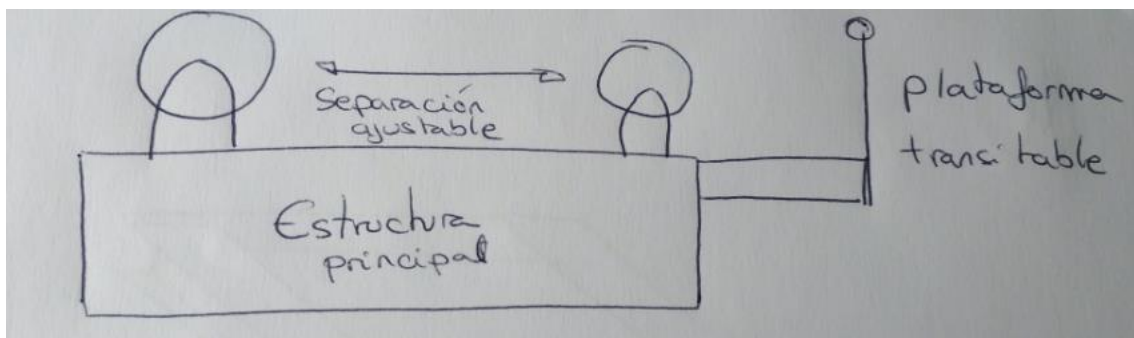


Ilustración 15 Boceto preliminar nº2.

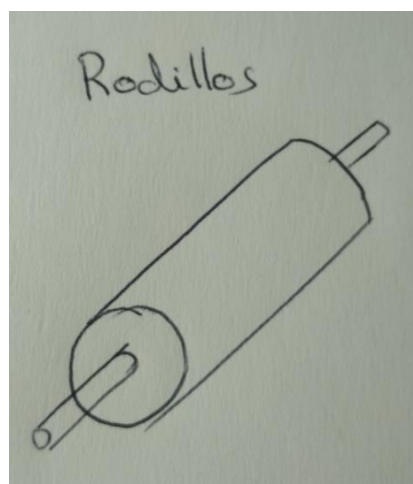


Ilustración 16 Boceto preliminar nº3.

4. Diseño básico.

Tras haber definido a grandes rasgos nuestro virador y sus dimensiones, a continuación se muestra un resumen de las partes que lo formarán:

- Plataforma base.
- Plataforma operario.
- Sistema de potencia.
- Ejes paralelos.

Durante el transcurso de este punto, se expondrán las distintas opciones que podemos elegir para el diseño de cada parte del virador.

4.1. Plataforma base.

Para fabricar la plataforma base y la plataforma operario se van a usar perfiles estructurales de acero al carbono estándar. Existen diversos materiales de estos perfiles siendo el S275JR el más común. A continuación, en la Tabla 1, se pueden apreciar las características mecánicas de los aceros de construcción según la norma UNE EN 10025 extraída del DB-SE-A Seguridad estructural acero.

Designación	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy (°C)
	Tensión de límite elástico fy (N/mm ²)		Tensión de rotura fu (N/mm ²)		
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 < t ≤ 100	
S235JR	235	225	215	360	20
S235J0					0
S235J2					-20
S275JR	275	265	255	410	20
S275J0					0
S275J2					-20
S355JR	355	345	335	470	20
S355J0					0
S355J2					-20
S355K2					-20
S450J0	450	430	410	550	0

Tabla 1 Materiales de perfiles estructurales según UNE EN 10025.

Para el presente proyecto, se va a elegir el perfil cuyo acero es más fácil de encontrar, como es el caso del S275JR. Para el propósito de la máquina es más que suficiente dicha calidad.

Cabría destacar las características comunes de todos los aceros que se exponen a continuación, puesto que serán usados para el análisis FEM y han sido extraídas del DB-SE-A, en el anexo 1 se adjunta la hoja extraída del DB-SE-A:

- Módulo de Elasticidad $E=210000$ Mpa
- Módulo de rigidez $G=81000$ Mpa
- Coeficiente de Poisson $\mu=0.3$
- Densidad $d=7850$ kg/m³

Los perfiles a los que se recurrirán para la fabricación de la plataforma serán perfiles UPN, HEB, IPE, perfiles en L o tubo estructural cuadrado o rectangular, no siendo admisible perfiles especiales tipo aligerado (HEA) o pesado (HEM) ya que el stock de estos perfiles es bastante escaso.

4.2. Plataforma operario.

Los perfiles que conformarán la estructura serán estándar, tal y como se ha visto en el punto anterior.

Para hacer que nuestra plataforma para operarios sea transitable tenemos tres opciones a modo de suelo.

4.2.1. Chapa lagrimada.

Consiste en una chapa que posee un patrón de lágrimas en relieve, dotando a la misma de propiedades antideslizantes, para así reducir la posibilidad de resbalones.

Actualmente en el mercado existen dos tipos de patrones de lágrima según la norma DIN 59220:2000, Ilustración 17, y la norma ASTM, Ilustración 18.



Ilustración 17 Patrón y dimensiones chapa lagrimada según DIN 59220:2000.

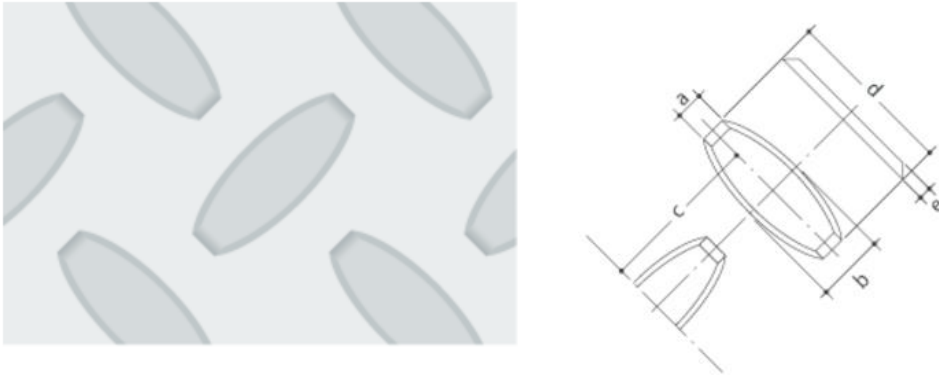


Ilustración 18 Patrón y dimensiones chapa lagrimada según norma ASTM.

En el mercado se puede encontrar en varios espesores nominales. En la siguiente tabla se puede observar dichos espesores, además de la masa de chapa lagrimada por m²:

Espesor nominal(mm)	3	4	5	6	8	10
Masa (kg)	26	34	42	49	65	81

Tabla 2 Relación espesor-peso en chapa lagrimada.

4.2.2. Chapa estriada.

Consiste en una chapa similar a la chapa lagrimada, pero posee un patrón denominado “relieve de diamante”, en lugar del patrón de lágrimas. Este relieve también proporciona propiedades antideslizantes. A continuación, Ilustración 19, se muestra el único tipo de relieve de diamante existente en el mercado, que sigue los requisitos de la norma DIN 59220:2000.

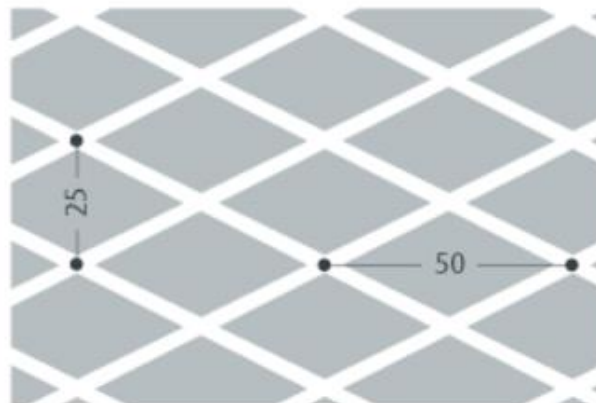


Ilustración 19 Dimensiones chapa estriada según DIN 59220:2000

La proporción de peso en función del espesor se podría equiparar a los mismos que con la chapa lagrimada.

4.2.3. Rejilla electrosoldada.

También denominado “tramex”, consiste en un conjunto de pletinas que están colocadas de canto, paralelas y separadas entre sí. Dichas pletinas llevan soldadas perpendicularmente unas varillas. La rejilla lleva un tratamiento de galvanizado para evitar la corrosión. A continuación, Ilustración 20, se puede observar una imagen donde aparecen sus tres elementos principales (pletina portante, separador y marco).



Ilustración 20 Vista 3D rejilla electrosoldada.

Prácticamente se puede dimensionar toda la rejilla en función de la carga mínima y la distancia entre apoyos. En este caso, va a ser una plataforma para trabajar y no una simple plataforma de paso peatonal, por lo que deberemos coger una rejilla que esté marcada como apta para soportar cargas concentradas de 1,5kN en la posición más desfavorable, de acuerdo a la norma EN ISO 14122-2 “Seguridad de las máquinas, medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales” Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas. Este valor se saca directamente del catálogo del fabricante.

Una de las ventajas de esta rejilla es la disminución del peso, puesto que con pletinas de mayor tamaño posee un peso por metro cuadrado de 43,60kg, siendo capaz de soportar luces de hasta 1800mm de distancia, mientras que la chapa lagrimada o estriada, de 10mm de espesor, poseen un peso por metro cuadrado de 80kg.

Las 3 opciones mencionadas anteriormente, se suministran de manera común en acero S235JR, siendo posible encargarlo en acero inoxidable o en un acero de mayor resistencia.

Por tema de estética y ligereza se va a seleccionar la 3ª opción, “Rejilla electrosoldada”. En el apartado de Diseño de detalle se dimensionará dicha rejilla.

4.3. Sistema de potencia.

Para poder dotar de movimiento a los rodillos se incluirá un motor eléctrico. La gama de potencias ofertadas actualmente en el mercado lo hacen muy atractivo en comparación con otros motores, como pueden ser los de combustión interna.

Estos motores tienen múltiples ventajas, como pueden ser referidas a la economía, comodidad, seguridad de funcionamiento, limpieza y poca necesidad de mantenimiento, debido a que poseen pocas piezas móviles, de forma que son menos propensos a fallos. Además tienen un par de giro elevado y poseen tamaño y peso reducido, sumado a su elevada potencia y su elevado rendimiento, cercano al 75%. Sumado a lo anterior cabe destacar que no emiten contaminantes y que no necesitan ventilación externa o refrigeración, puesto que se refrigeran con un ventilador propio.

En lo que respecta a la velocidad de giro, prima una velocidad lenta con un suficiente par para girar el equipo sobre los rodillos, por lo que, para conseguir esto se necesita incorporar una reductora de velocidad formada por un plato y un piñón o un tren de engranajes que serán dimensionados en el apartado 5 de diseño de detalle. Para transmitir el movimiento entre el plato y el piñón se pueden distinguir diferentes sistemas, los sistemas de transmisión por cadena y por correa. Por otro lado, se explicarán los tipos de engranajes más comunes que existen en el mercado.

4.3.1. Transmisión por cadena.

Los sistemas de transmisión por cadena son unos de los sistemas más usados, puesto que son uno de los más eficaces transmisores de potencia mecánica y permiten transmitirla a distancias mayores que con transmisiones por engranajes. Son empleados para la transmisión de movimiento entre dos ejes situados paralelamente y alejados entre sí.

El sistema consta de dos ruedas dentadas, de manera que los dientes que poseen evitan que la cadena se deslice, además de generar mayor capacidad de transmisión y de generar mayor seguridad. Poseen unas piezas denominadas eslabones, que son los encargados de la formación de la cadena y de la transmisión de movimiento entre ambos ejes. En la práctica se emplean elementos de tensión para evitar que la cadena se salga de las ruedas dentadas. En la Ilustración 21 se pueden ver las ruedas dentadas, cadenas y eslabones que forman la transmisión por cadena explicados anteriormente, Ilustración 21.

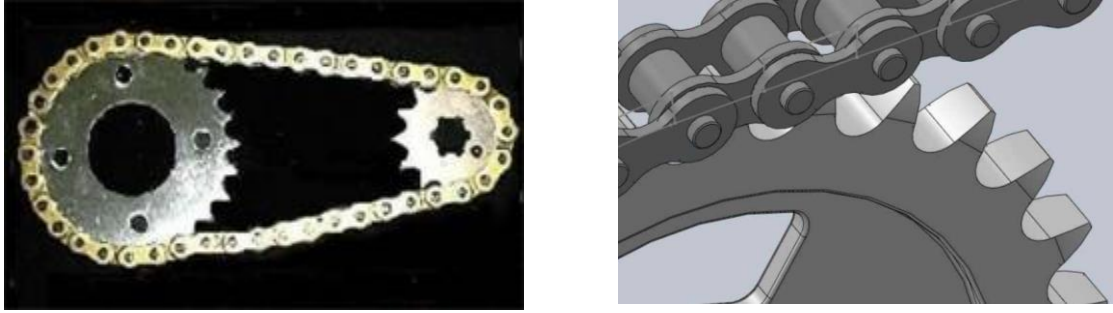


Ilustración 21 Transmisión por cadena.

Este sistema posee numerosas ventajas, entre las que se pueden destacar las siguientes:

- La carga de los ejes es menor que la generada por los sistemas de transmisión por correas, que explicaremos posteriormente, puesto que carecen de tensión previa.
- Las cadenas pueden poseer diferentes extensiones entre ejes, puesto que es posible añadir o eliminar eslabones. Con una misma cadena también es posible transmitir rotación a diferentes ejes.
- La duración de la cadena es bastante más elevada que las correas.
- El rendimiento que se puede obtener es elevado, cerca del 98%, puesto que se evitan problemas de deslizamiento, como ya se ha explicado anteriormente.
- Para la transmisión de elevadas potencias será suficiente con emplear hileras múltiples. Véase Ilustración 22.



Ilustración 22 Tipos de cadena.

Pero no todo son ventajas. El sistema también posee ciertas desventajas, como lo son las que se procederán a explicar:

- El coste de los componentes es una suma elevada respecto al sistema por correas.
- Es necesario llevar a cabo prácticas de mantenimiento, tales como revisar el estado de los eslabones y la distancia entre estos.

- Del mismo modo, el montaje deberá ser preciso, de manera que se eviten cargas superiores en las cadenas para evitar fallos innecesarios, aumentando la vida útil de los componentes.

4.3.2. Transmisión por correa.

Los sistemas de transmisión por correa se emplean para transmitir el movimiento entre dos o más ejes. Están formados por una correa y poleas, tantas como ejes a los que transmitir el movimiento. A continuación se pueden ver, en la Ilustración 23, los elementos principales de las transmisiones por correa además de un pretensor utilizado para regular la tensión inicial de la correa.



Ilustración 23 Transmisión por correa.

Las correas pueden ser de distintos tipos, como se puede observar en la Ilustración 24.



Ilustración 24 Tipos de correas de transmisión.

Únicamente en las correas dentadas la transmisión se realiza mediante el empuje de los dientes en el resto, en cambio, la transmisión de movimiento se realiza mediante fricción.

Este sistema posee numerosas ventajas, entre las que se pueden destacar las siguientes:

- El funcionamiento es más silencioso que la transmisión por cadena o engranajes.
- El mantenimiento a realizar es minúsculo al no ir engrasada, como se da en las cadenas o engranajes.
- Es bastante más económica que el resto de transmisiones.
- Son fácilmente acoplables o desacoplables.
- En caso de las correas planas, si por algún casual algún eje quedase bloqueado, la correa deslizaría, por lo que no se producirían daños en la máquina.

El sistema también posee ciertas desventajas, como lo son las que se procederán a explicar:

- Pretensado inicial, lo que produce una sobrecarga a los ejes que puede traducirse en problemas de fatiga.
- Pueden producirse deslizamientos de la correa, por lo que afecta a la relación de transmisión.
- Pérdidas de potencia elevadas, viéndose afectado el rendimiento.
- Existe un mayor deterioro que las cadenas o engranajes al ser de materiales elastómeros o sintéticos.

4.3.3. Transmisión por engranajes.

Las transmisiones de engranajes están presentes en la mayoría de las máquinas de nuestro alrededor. Dependiendo de si los ejes se cruzan, cortan o se mantienen paralelos, tenemos engranajes diseñados para estas situaciones. Estos engranajes se les denominan como cilíndricos, cónicos o hiperbólicos.

Dentro de los cilíndricos, podemos encontrar los engranajes de dientes rectos, dientes helicoidales y los dientes de doble helicoidal. En la Ilustración 25 se pueden observar dichos dientes.

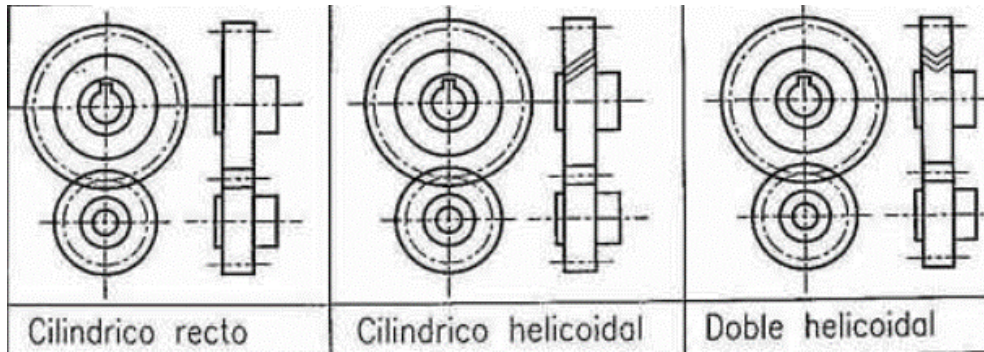


Ilustración 25 Tipos de engranajes.

En caso de que los ejes se corten, podemos encontrar los engranajes cónicos rectos y helicoidales:

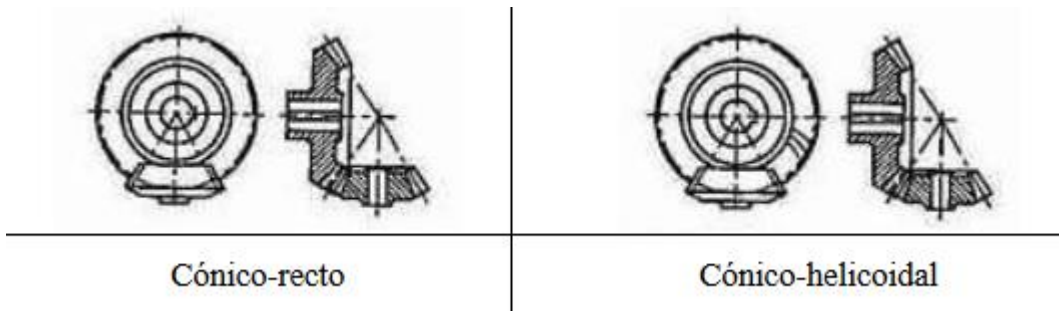


Ilustración 26 Tipos de engranajes

Por último, en caso de que los ejes se crucen, podemos encontrar los cónicos helicoidales, los tornillos sin fin-corona y los cilíndricos-helicoidales:

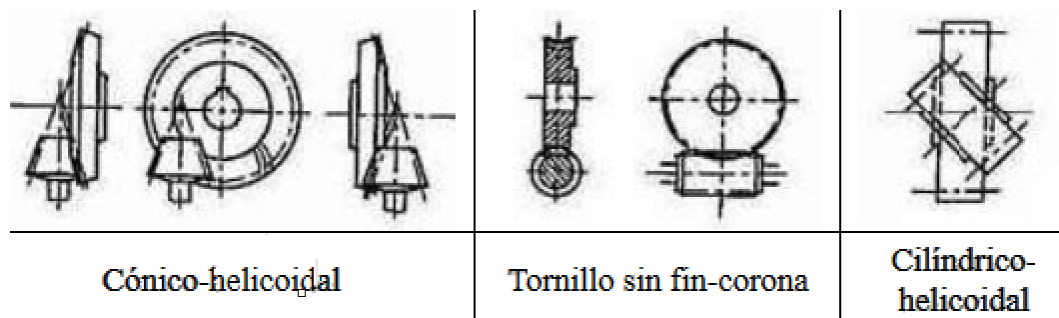


Ilustración 27 Tipos de engranajes.

Las ventajas que podemos obtener utilizando este sistema de transmisión son:

- Relación de transmisión constante.
- Mayor eficiencia mecánica.
- Fácil mantenimiento.
- Gran duración
- Dimensiones exteriores pequeñas.

Los inconvenientes de dicho sistema de transmisión son:

- Alto coste.
- Poca flexibilidad.
- Necesidad de lubricación.
- Ruido durante el funcionamiento.
- Desgaste de los dientes.

4.3.4. Conclusiones

Tras haber hecho hincapié en los diferentes tipos de transmisiones de potencia mecánica, se va a optar por un sistema que necesite poco mantenimiento y permita la transmisión de grandes esfuerzos como es el sistema de transmisión por tornillo sin fin-corona, además de ser el tipo de reductor que mayor relación de transmisión permite en un espacio reducido. Será necesario un sistema de lubricado continuo y continuas revisiones del nivel de aceite, no obstante, el reductor que se elija deberá ir provisto de dicho sistema de lubricado a no ser que no sea imprescindible según fabricante.

En caso de la transmisión por correa o cadena, se deberían hacer revisiones espaciadas del control de tensión de la correa y de la deformación de los eslabones y llevar a cabo la sustitución de la correa como mantenimiento preventivo después de X horas de funcionamiento de la correa o cuando la distancia entre eslabones haya aumentado por encima del límite propuesto por el fabricante.

4.4. Ejes paralelos.

En este punto se va a explicar las posibilidades que existen para llevar a cabo la fabricación de los ejes paralelos que transmitirán el movimiento del motor al equipo para permitir su rotación.

Para la fabricación de este componente, utilizaremos redondos calibrados. Estos redondos calibrados no es más que una barra de material extruida con la salvedad de que no es un redondo bruto, es decir, el acabado superficial y la forma geométrica están controlados, por lo que no es necesario el mecanizado de estos.

En la Tabla 3, extraída de la referencia [5] se puede ver la serie F-100 de aceros al carbono donde vemos la aplicación común de cada tipo de acero.

El acero F-114 se puede encontrar con facilidad, debido a que su utilización es extendida para la realización de piezas de máquinas que deban tener resistencia, manguitos, ejes y bielas, entre otros, como se destaca en la tabla siguiente.

SERIE F-100. ACEROS FINOS DE CONTRUCCIÓN GENERAL.	
Grupo F-100. Aceros al carbono, de construcción.	
<i>Nombre</i>	<i>Aplicaciones</i>
F-111. Acero extrasuave.	Maquinaria en general.
F-112. Acero suave.	Cadenas, ejes, tornillos.
F-113. Acero semisuave.	Balones, herrajes, tornillos.
F-114. Acero semiduro.	Ejes, manguitos, bielas.
F-115. Acero duro.	Ejes y herramientas agrícolas.

Tabla 3 Aceros de la serie F-100 y aplicaciones.

En la Tabla 4, extraída de la referencia [6] podemos observar la composición química de este acero.

ANÁLISIS SOBRE COLADA.								
Contenido (%).								
C	Si máx	Mn	P máx	S máx	Cr máx	Mo máx	Ni máx	Cr+Mo+Ni máx
0.42-0.50	0.40	0.50-0.80	0.035	0.035	0.40	0.10	0.40	0,63

Tabla 4 Composición química.

Además, podemos observar sus propiedades mecánicas dependiendo de si el material se encuentra en estado de temple y revenido, Tabla 5, o en estado normalizado, Tabla 6, extraída de la referencia [6].

ENSAYO DE TRACCIÓN.			
Estado de temple y revenido (+QT).			
Diámetro nominal (mm)	Limite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento
	Rp 0.2 (Mpa)	Rm (MPa)	A (%) L0=5d
d ≤ 16	≥ 490	700-850	≥14
16 < d ≤ 40	≥ 430	650-800	≥16
40 < d ≤ 100	≥ 370	630-780	≥17

Tabla 5 Propiedades mecánicas en estado de temple y revenido.

ENSAYO DE TRACCIÓN.			
Estado de normalizado (+N).			
Diámetro nominal (mm)	Limite elástico	Resistencia a la tracción	Alargamiento (%)
	Rp 0,2(Mpa)	Rm (MPa)	L0=5d
$d \leq 16$	≥ 340	620	≥ 14
$16 < d \leq 100$	≥ 305	580	≥ 16
$100 < d \leq 250$	≥ 275	560	≥ 16

Tabla 6 Propiedades mecánicas en estado de temple y revenido.

Para la fabricación de estos ejes, utilizaremos un redondo calibrado cuyo diámetro se dimensionará en el apartado de diseño de detalle. Además de esto, se soldará un tubo con unos espaciadores (fabricado en chapa) para así aumentar el diámetro del rodillo. Ver Ilustración 28.

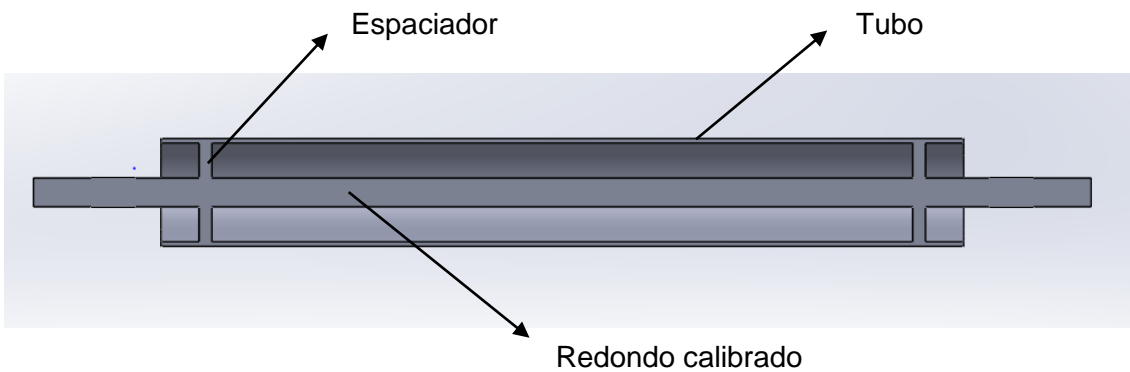


Ilustración 28 Forma general del rodillo propuesto.

El tubo será elegido según la tabla Schedule de la norma ASME/ANSI B36.10M. Es una norma que propone diámetros exteriores y espesor de pared los cuales los fabricantes de tubos han adoptado. De acuerdo al criterio de elegir componentes estándar y fáciles de conseguir, acudiremos a dicha tabla para realizar la selección de nuestro tubo. En el Anexo 2 se puede ver dicha tabla.

Para permitir la unión de varios viradores para ampliar la longitud de los mismos, será necesario incluir unos acoplamientos flexibles tal y como aparece en los criterios de optimización. Se ha optado por acoplamientos del tipo flexible ya que estos son capaces de absorber pequeñas irregularidades de alineación, como son la angular, excéntrica o axial, en el caso de que las haya.

4.5. Conclusiones del diseño básico

Como resumen de la parte de diseño básico, se puede decir que nuestro virador estará formado por los siguientes componentes:

- Perfiles estructurales de acero S275JR.
- Rejilla electrosoldada.
- Rodamiento de bolas.
- Transmisión por engranajes.
- Motor eléctrico.
- Tubo de acero al carbono
- Redondo calibrado.
- Acoplamiento flexible.

5. Diseño de detalle

5.1. Análisis FEM

Una vez determinado los materiales y componentes con los que se va a fabricar el virador y conocidas todas sus propiedades, tanto físicas como mecánicas, ahora es el momento de realizar análisis por elementos finitos para así dimensionar nuestra máquina y ajustar lo máximo posible, tanto el presupuesto como el peso final. Estos análisis nos permitirán conocer de manera aproximada, qué tensiones y deformaciones se alcanzan cuando se le aplica a nuestro virador diferentes fuerzas. Estas fuerzas serán lo más parecidas posibles a las que se vea sometido durante la vida real de la máquina.

No obstante, para estar del lado de la seguridad, se mayorarán dichas fuerzas un porcentaje, en torno al 30%, ya que, como hemos dicho anteriormente, estas fuerzas aplicadas en el ensayo por elementos finitos son aproximaciones a las fuerzas que se aplicarán en la realidad.

Por otro lado, también es importante aplicar bien las restricciones, en nuestro caso restricciones fijas en la zona donde están colocados los rodamientos, con el objetivo de aproximarnos lo máximo posible a la realidad.

El análisis por elementos finitos que se va a realizar a nuestro producto se va a hacer mediante el módulo de simulación que posee el software Solidworks de Dassault Systèmes.

Cabe señalar que es muy importante en el ensayo por elementos finitos escoger una malla que se adapte de manera correcta al objeto a ensayar, de no ser así, los resultados que obtengamos diferirán de manera importante con el comportamiento real del objeto. En nuestro virador, la malla que hemos escogido es una malla tridimensional con un elemento del tamaño de inferior al menor espesor de la pieza. Esto es debido a que si escogemos un tamaño mayor, el elemento se deformará de manera importante y por tanto no dará resultados correctos.

Para las cargas de los análisis FEM vamos a utilizar el peso del serpentín conformado con los 3 pasos, ya que de esa manera vamos a dimensionar el equipo con

el mayor caso de carga al que va a ver expuesto. A continuación, se calcula el peso total:

De acuerdo a los planos, cada paso del serpentín está formado por 180 metros de tubo de 6" SCH XS que corresponde a un espesor de pared de 11.97mm. De acuerdo a la tabla Schedule, tenemos un peso 42.56 kg/m. Por lo que, estamos ante un peso por paso de 7660,80 kg. Tal y como hemos mencionado anteriormente, este peso vamos a mayorarlo un 30% por lo que obtenemos 9959kg por paso, obteniendo un total de 29877kg de peso.

La idea es diseñar el virador con una longitud útil de 1.5 metros, entonces, como tenemos 10 metros de serpentín, habrá que repartir este peso total en 6 viradores. Cada virador estará sometido a 4979,52kg y, cada eje estará sometido a 2489.76kg.

A continuación, se muestran los diferentes análisis estructurales estudiados para el dimensionado de las partes del virador, así como la selección de componentes estandarizados como puede ser tornillería, rodamientos, etc.

5.2. Dimensionado de los ejes.

Para el dimensionado de este apartado, se va a realizar en el caso de que el virador no esté en movimiento. Es sabido que esto es más desfavorable que cuando no hay movimiento de rotación. Es por esto que en los turbogrupos de producción de energía eléctrica no se permite que el eje deje de girar, ya que, en caso de hacerlo, debido al peso pandearía deformándolo y dejándolo inservible.

Tras varios análisis estáticos, se optó por un diámetro de eje de 45mm, un espaciador de 20mm de grosor y un tubo de 8" SCH STD (espesor de pared 8.18mm). Para el análisis final, se aplicaron 24900N a toda la superficie del tubo y en dirección de la gravedad. El material del eje es Acero F-114 Normalizado, cuyo límite elástico es 305 MPa.

A continuación se puede ver en la Ilustración 29 el modelo 3D creado con la malla triangular 2D, las restricciones y las fuerzas aplicadas:

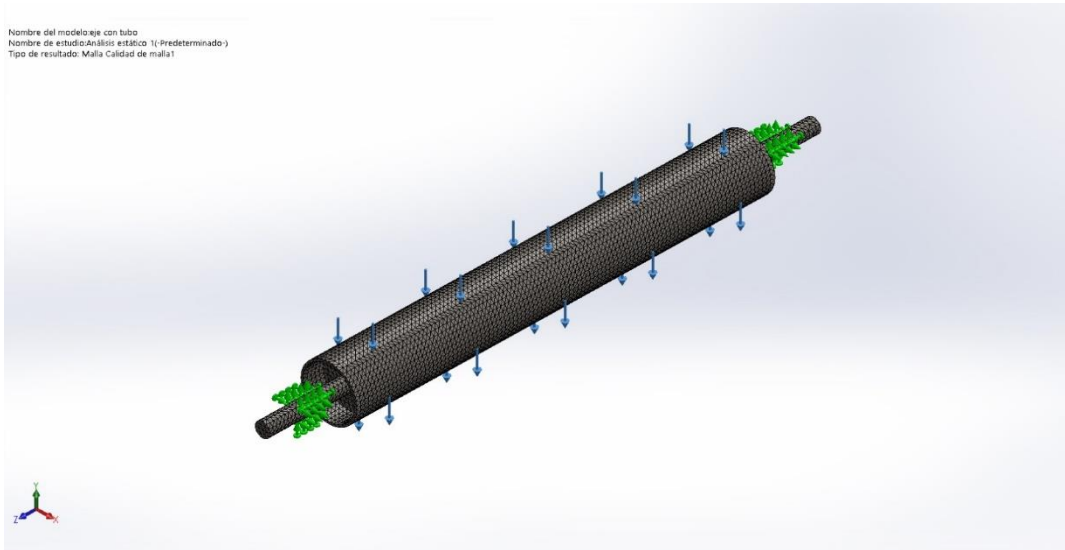


Ilustración 29 Estudio por elementos finitos rodillo.

En el estudio se han evaluado tres variables, tensión máxima, deformación máxima y el factor de seguridad. Los resultados de este análisis han sido:

- Tensión máxima: El valor máximo medido asciende a 116.239 MPa tal y como marca la barra de colores de la Ilustración 30.

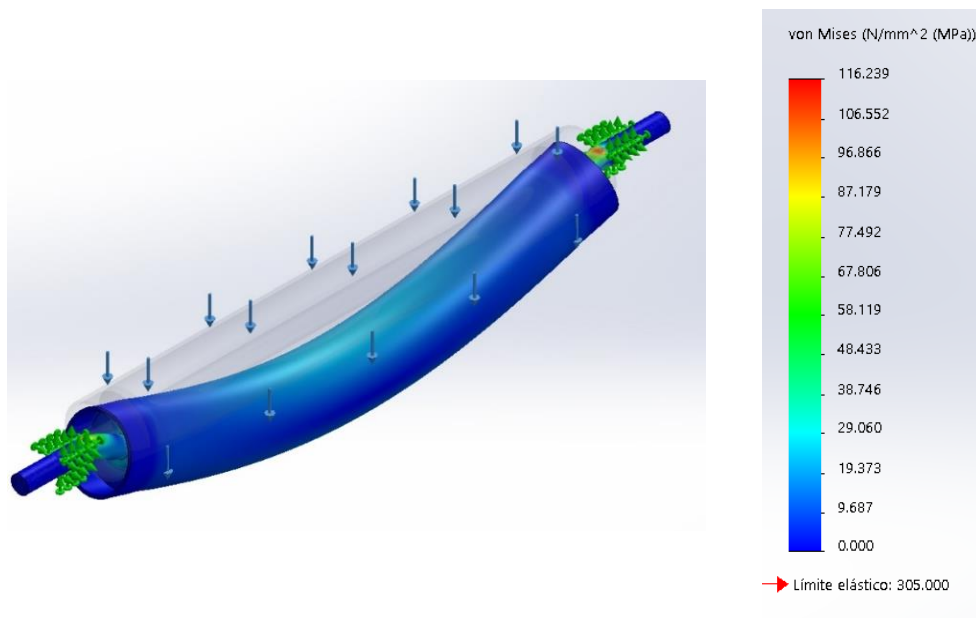


Ilustración 30 Resultado de las tensión de von Mises del rodillo.

- Deformación máxima: El valor máximo medido asciende a 0.305 mm tal y como marca la barra de colores de la Ilustración 31.

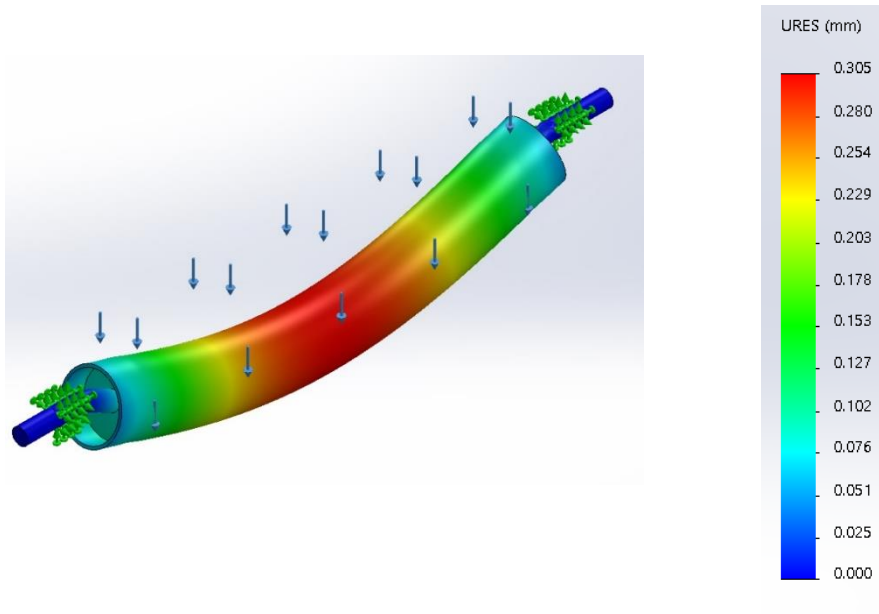


Ilustración 31 Resultados de la deformación máxima del rodillo.

- Factor de seguridad mínimo: El valor mínimo es 2.624 tal y como marca la barra de colores de la Ilustración 32 Ilustración 31

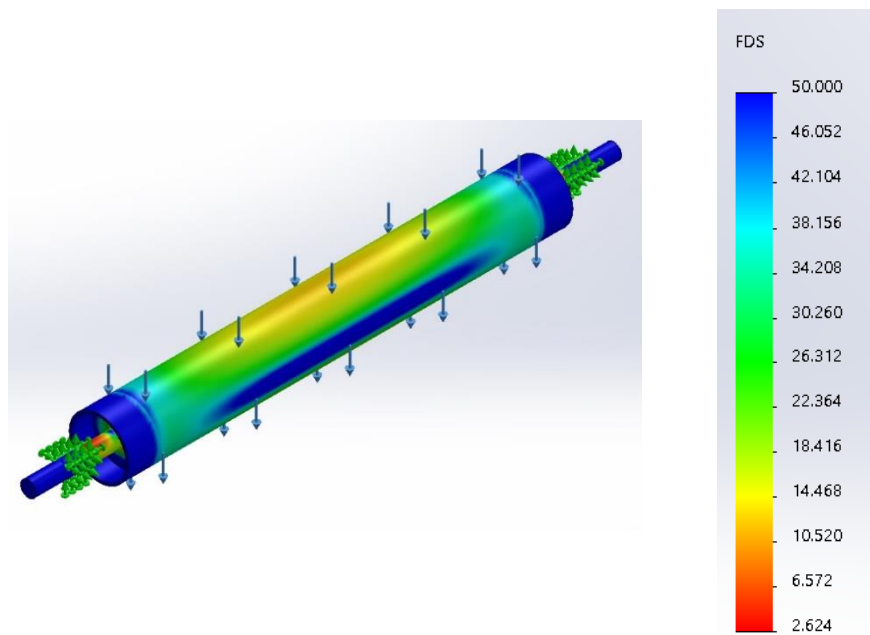


Ilustración 32 Factor de seguridad del rodillo.

Al obtener un coeficiente de seguridad mayor de 1, sabemos que la pieza no va a romper. Al haber mayorado las cargas, un coeficiente mínimo de 2.624 nos asegura la integridad del eje durante su vida dentro de un uso normal.

5.3. Dimensionado de los rodamientos para los ejes.

Tras tener dimensionado el eje de nuestros rodillos, ya podemos realizar la selección, dentro de los catálogos de los fabricantes, de los rodamientos.

Para los análisis FEM, se ha calculado unas cargas de 24900N en cada rodillo, por lo que, al estar repartido en 2 apoyos, cada apoyo, o rodamiento, estará sometido a una carga de 12450N. Para la selección del rodamiento se ha decidido acudir a la marca SKF. Para la selección tenemos los siguientes datos:

- Diámetro interior Ø45mm.
- Carga estática 12,45 kN.

A continuación se puede ver la Tabla 7, que ha sido extraída de la web SKF.com donde se exponen los modelos que se ajustan a los datos mencionados anteriormente y se remarca en rojo el modelo seleccionado.

Dimensiones						Capacidad de carga básica	Basic load ratings	Capacidad de carga básica	Designaciones		
d	A	H	H ₁	L	C		C ₀		Unidad de rodamientos	Soporte	Rodamiento
mm						kN	kN	r/min			
▲	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
45	48	107	54	187	33.2		21.6	2400	SY 45 TR	SY 509 M	YAR 209-2RF
45	45	92	46.5	156	33.2		21.6	4300	P 45 FM	P 85	YET 209
45	45	92	46.5	156	33.2		21.6	4300	P 45 RM	P 85	YAT 209
45	48	107	54	187	33.2		21.6	850	SY 45 TDW	SY 509 M/VZ033	YARAG 209
45	48	107	54	187	33.2		21.6	4300	SY 45 TF	SY 509 M	YAR 209-2F
45	45	92	46.5	156	33.2		21.6	4300	P 45 TF	P 85	YAR 209-2F
45	45	92	46.5	156	33.2		21.6	2400	P 45 TR	P 85	YAR 209-2RF
45	48	107	54	187	33.2		21.6	4300	SY 45 WF	SY 509 M	YEL 209-2F
45	45	92	46.5	156	33.2		21.6	4300	P 45 WF	P 85	YEL 209-2F
45	48	107	54	187	33.2		21.6	4300	SY 45 FM	SY 509 M	YET 209

Tabla 7 Rodamientos para rodillo SKF

El modelo seleccionado es el SY 45 FM, aunque prácticamente todos los rodamientos propuestos por SKF cumplirían, tal y como se puede comprobar en la tabla. La propia web permite la descarga del rodamiento en 3D por lo que va a ser utilizado el modelo exacto para el diseño 3D. Además, en el anexo 3 se puede consultar la ficha técnica de este rodamiento.

Para permitir el ajuste de la separación de los ejes, el eje móvil estará colocado sobre unos rodillos que correrán a lo largo de un perfil IPE, para poder facilitar su desplazamiento. Para dotar al sistema de estabilidad, se han colocado dos rodillos que

incorporan 2 rodamientos cada uno. Haciendo el cálculo obtenemos que cada rodillo va a estar sometido a una fuerza máxima de 3.112kN por lo que repitiendo el proceso anterior de la web de SKF obtenemos los rodamientos que se pueden observar en la Tabla 8. Se ha optado por el modelo 6005 que es capaz de resistir una carga estática de 6.55kN, más del doble que el máximo al que iba a estar sometido con nuestro dimensionado. En el anexo 4 se puede observar la ficha técnica de dicho rodamiento.

Dimensiones principales				Capacidad de carga básica		Capacidades de carga de fatiga		Velocidades nominales		Designación	Designaciones
d	D	B	C	C	C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite	Bearing	Anillo elástico	
mm				kN		kN	r/min				
↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	
25	37	10		3.38	2.5	0.108		11000	W 63805-2RS1		
25	37	10		3.38	2.5	0.108	38000	19000	W 63805 R-2Z		
25	47	8		8.06	4.75	0.212	32000	20000	16005		
25	42	9		6.05	4.5	0.193	34000	22000	W 61905		
25	52	15		11.7	7.65	0.335	0	8500	W 6205-2RS1		
25	62	17		22.9	15.6	0.67	20000	10400	305-2Z		
25	37	7		4.36	2.6	0.125		11000	61805-2RS1		
25	37	7		4.36	2.6	0.125	38000	24000	61805		
25	47	12		11.9	6.55	0.275	32000	20000	6005		
25	37	10		3.38	2.5	0.108	38000	24000	W 63805 R		
25	62	24		31.9	22.4	0.95	18000	10000	4305 ATN9		
25	37	7		3.38	2.5	0.108	38000	19000	W 61805 R-2Z		
25	62	17		23.4	11.6	0.49	24000	16000	6305-RZ		
25	62	17		23.4	11.6	0.49		7500	6305-RSH		
25	42	9		6.05	4.5	0.193	34000	17000	W 61905 R-2Z		
25	62	17		22.9	15.6	0.67	20000	13000	305-ZNR	SP 62	
25	62	17		22.9	15.6	0.67	20000	10400	305-2ZNR	SP 62	

Tabla 8 Rodamiento para el sistema de regulación SKF

En la Ilustración 33 se puede observar unas vistas 3D y de sección del rodillo en cuestión. Estas piezas deberán ser mecanizadas ya que se le ha de mecanizar el alojamiento de los rodamientos, así como la hendidura para los anillos Seger, para evitar que los rodamientos se vayan de su posición. En la Ilustración 34 se señala cada parte del rodillo

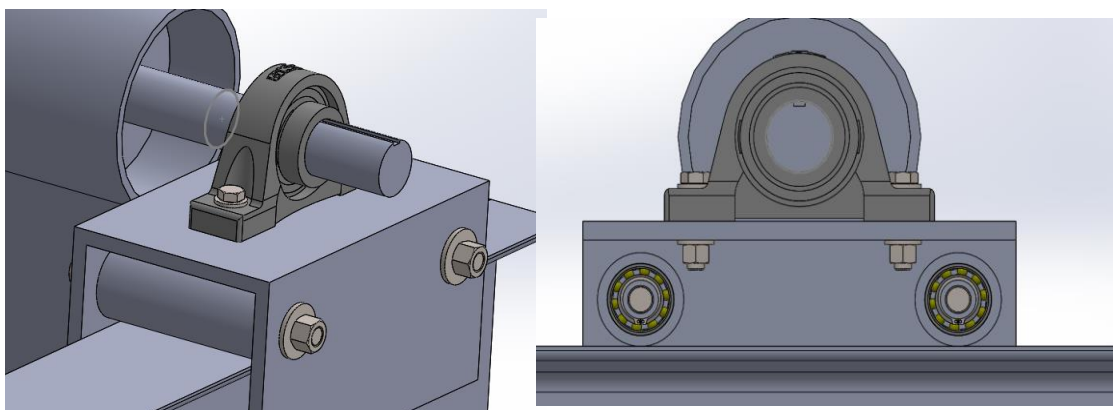


Ilustración 33 Vista del sistema de regulación con rodillos diseñado.

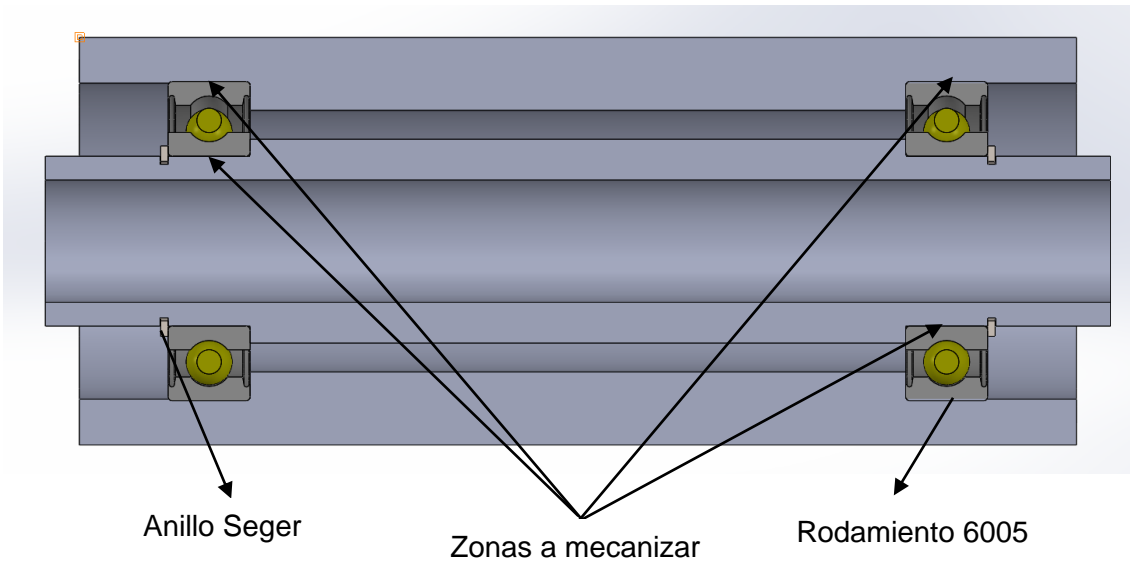


Ilustración 34 Sección del rodillo de regulación.

5.4. Regulación de la separación de los rodillos.

Tal y como se comenta en las conclusiones del estudio del mercado, hay que dotar a nuestro virador de un sistema de regulación que permita poder ampliar el rango de equipos que se puedan colocar encima. Para ello, se ha mantenido un eje fijo y otro móvil, con la configuración que se puede ver en el apartado 5.3. La estructura se ha realizado con perfiles IPE 300 como punto de partida y esta regulación es posible a través de unos agujeros que deben ser taladrados mediante un control numérico para garantizar que las referencias son las mismas y el eje no queda desalineado respecto al eje fijo. Se han propuesto 10 agujeros de $\text{Ø}25\text{mm}$ cada 180cm con un pasador que lleva los extremos roscados a M24 y 2 tuercas. En las Ilustración 35 e Ilustración 36 se puede ver cómo está ensamblado:

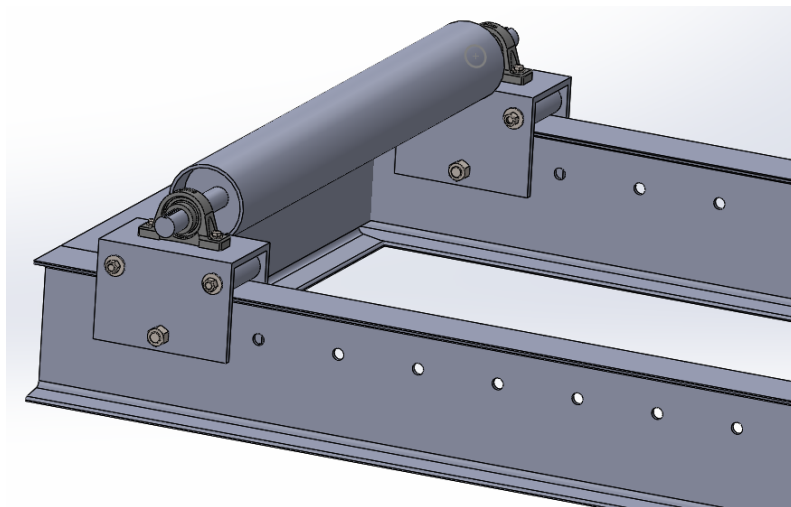


Ilustración 35 Vista 3D del sistema de fijación del rodillo móvil.

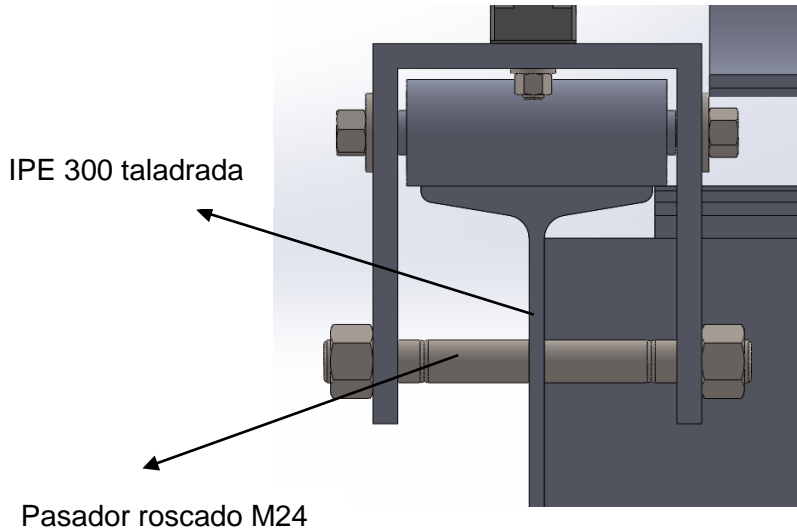


Ilustración 36 Vista lateral del sistema de regulación.

Como el pasador ha de ser fácilmente removable, la configuración propuesta podría ser cambiada por un tornillo de M24x220 más una tuerca M24.

Para garantizar que dichos agujeros no debilitan la estructura, se ha realizado un análisis FEM con las cargas que transmiten los rodillos al ala de la viga cuando están en la zona central y se han obtenido los siguientes resultados:

- Tensión máxima: El valor máximo medido es 8.402 MPa, tal y como se puede comprobar en la Ilustración 37.

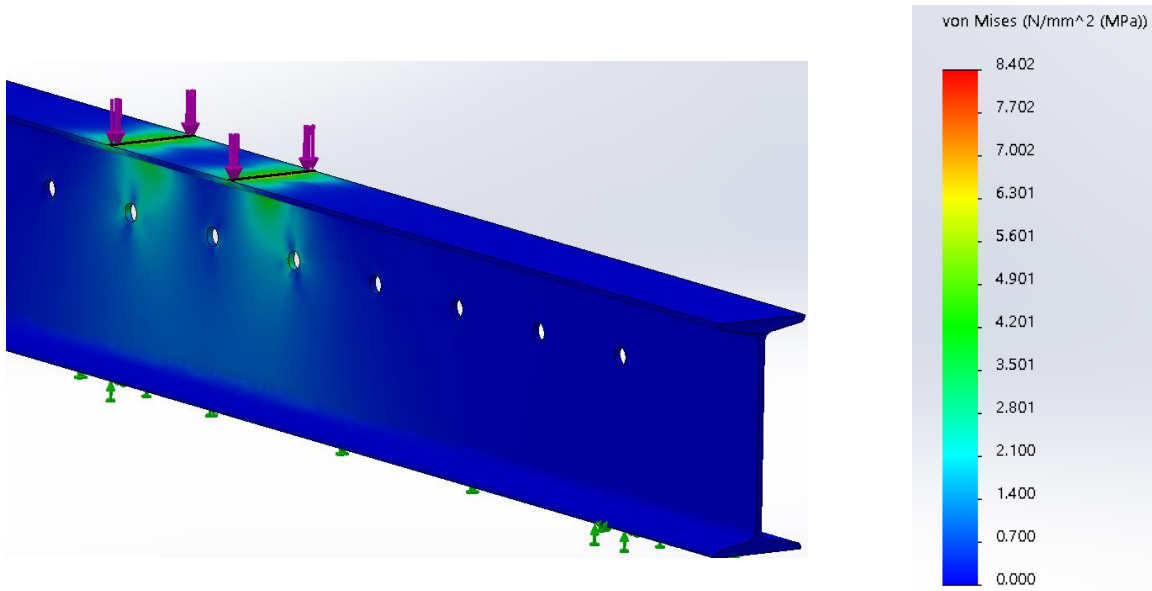


Ilustración 37 Resultados de la tensión de von Mises a la IPE taladrada.

- Deformación máxima: El valor máximo obtenido ha sido 0.009 mm, tal y como se puede comprobar en la Ilustración 38.

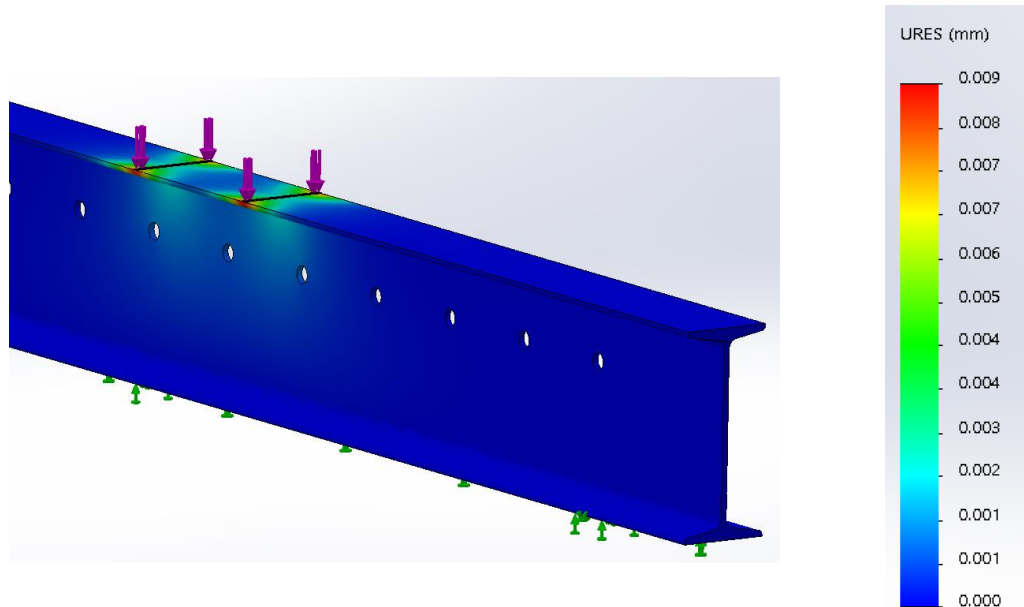


Ilustración 38 Resultados de la deformación máxima a la IPE taladrada.

Al obtener una tensión máxima de 8,402 MPa y el perfil IPE 300 ser de acero S275JR cuyo límite elástico es de 275 MPa, podemos decir que el perfil está sobredimensionado y que la influencia de los agujeros no repercute lo suficiente en el perfil como para tener que descartar este sistema de regulación.

5.5. Cálculo del par resistente.

Previo al dimensionado del motor eléctrico y de la transmisión, hay que conocer el par resistente que habrá que superar en los rodillos para poder comenzar con la rotación ya que, si no es superado este par, no se podrá girar el equipo y los rodillos estarán bloqueados. Para ello, hay que usar la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$T \left(Kgm^2 \cdot \frac{rad}{s} \right) = I (Kgm^2) * \alpha \left(\frac{rad}{s^2} \right)$$

Donde T se refiere al par resistente, I es el momento de inercia del serpentín y α corresponde a la aceleración angular

En lo que a la inercia se refiere, para simplificar los cálculos, podemos decir que el serpentín se asemeja a un cilindro hueco de espesor de pared conocida. Dicha inercia viene dada por la Ecuación 2.

Ecuación 2

$$I (Kgm^2) = \frac{1}{2} M(R1^2 + R2^2)$$

Donde I es el momento de inercia del serpentín, M la masa del mismo, R1 el radio externo y R2 el radio interno del serpentín. Cuyos valores han sido:

$$I = 198234 \text{ Kgm}^2$$

$$M = 29877 \text{ Kg}$$

$$R1 = 2.65\text{m}$$

$$R2 = 2.50\text{m}$$

Para obtener la aceleración angular, necesitamos conocer una velocidad de rotación objetivo y definir el tiempo necesario para conseguir dicha velocidad. Revisando las máquinas similares en el mercado, se puede llegar a la conclusión que 0.5 rpm de velocidad de rotación es adecuada para estos equipos. Se establecerá un tiempo de 15 segundos para conseguir la velocidad objetivo. Al tratarse de un movimiento circular uniformemente acelerado (MCUA) obtenemos:

Ecuación 3

$$\Omega \left(\frac{rad}{s}\right) = \alpha \left(\frac{rad}{s^2}\right) * t (s)$$

$$0.05 = \alpha * 15$$

$$\alpha = 0.00333 \frac{rad}{s^2}$$

Donde Ω corresponde a la velocidad angular, α corresponde a la aceleración angular y t corresponde al tiempo.

De esta manera se obtiene sustituyendo en la Ecuación 1 un par resistente de rotación del serpentín de 661 Nm. Como el rodillo y el serpentín actúan como una reductora con una relación de transmisión $i=24.04$, el rodillo deberá tener un par motriz de 27.541 Nm.

5.6. Cálculo del par resistente mediante software CAD/CAM.

Aparte de los cálculos del apartado 5.5, se utilizó el módulo de movimiento y simulación de Solidworks para realizar una comprobación de estos valores. A continuación se muestran los resultados obtenidos por el programa. Para ello, se ha modelizado un sistema simplificado ya que para estos cálculos el bastidor de anclaje, rodamientos, etc. no aportan valor y lo único que hacen es dificultar la tarea. Con disponer de 2 rodillos idénticos a los reales (para tener misma inercia) y un cilindro de las mismas dimensiones, peso e inercia es suficiente. Para simplificar el cálculo, se han despreciado las fuerzas de fricción ya que serán pequeñas y se dejará bastante margen en la selección del motorreductor para absorber estas fuerzas despreciadas. Para

referenciar el montaje, se ha añadido una pieza cuya función es la de anclar todo el sistema y restringir los Grados de Libertad (en adelante GDL). A continuación, en la Ilustración 39 se puede ver una captura del sistema descrito:

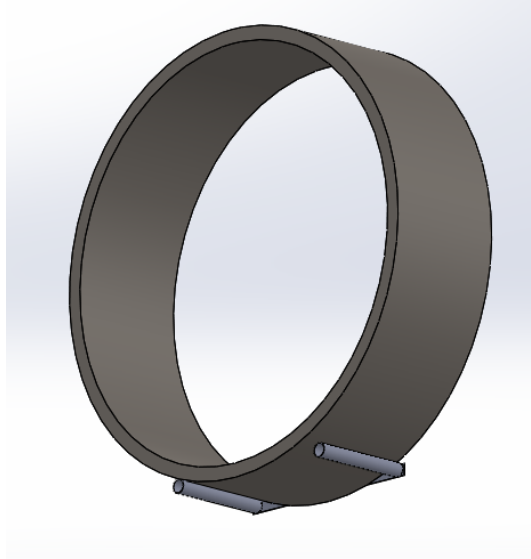
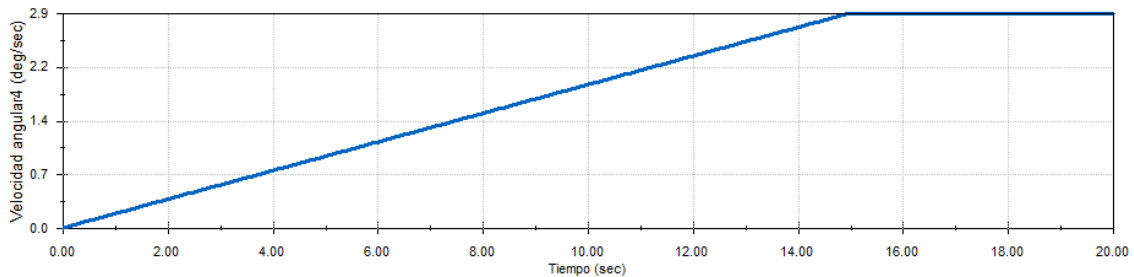


Ilustración 39 Elementos diseñados para el estudio.

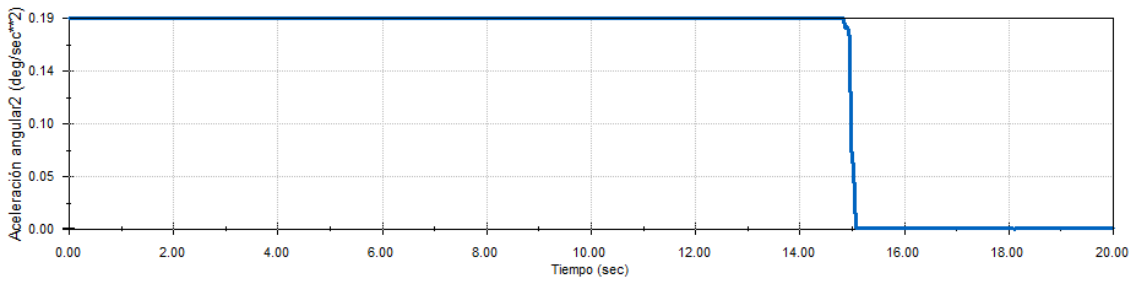
Tras introducir las hipótesis de partida, se obtienen los siguientes resultados:

- En la Gráfica 1 se puede observar la velocidad del serpentín en función del tiempo durante el arranque. A los 15 segundos se consigue una velocidad de 3 grados por segundo, equivalente a 0.5RPM.



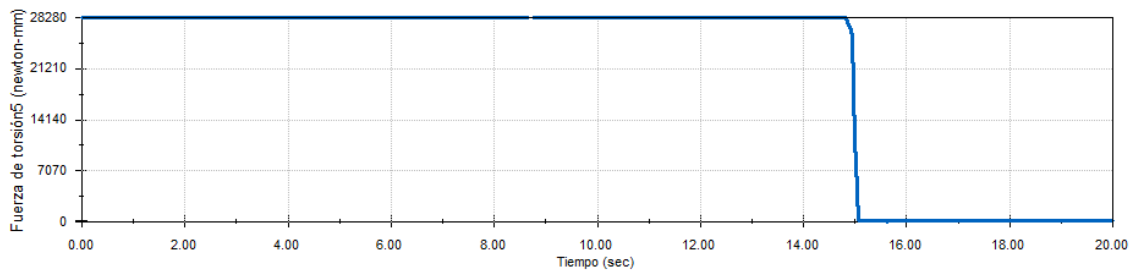
Gráfica 1 Velocidad angular en función del tiempo.

- En la Gráfica 2 se puede observar la aceleración angular. Coincidiendo con un valor de $0.19 \text{ } \%/s^2$ que equivale a los $0.0033 \text{ rad}/s^2$ calculados anteriormente.



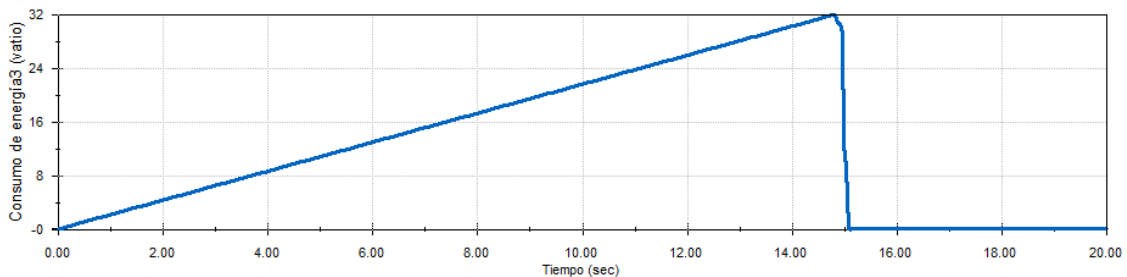
Gráfica 2 Aceleración angular en función del tiempo.

- En la Gráfica 3 se observa el par que hay que aplicar para poder iniciar el movimiento y acelerar el sistema hasta alcanzar la velocidad objetivo. Se obtiene un valor de par de 28,28Nm que, si es multiplicado por la relación de transmisión entre el rodillo y serpentín, obtenemos un par transmitido de 679,85Nm. Valor muy aproximado al calculado (661Nm). Por otro lado, los valores se vuelven a cero porque cómo el sistema no tiene definido ninguna pérdida de energía, la energía transmitida se mantiene constante haciendo que el modelo tienda al movimiento perpetuo.



Gráfica 3 Par de torsión en función del tiempo.

- En la Gráfica 4 observamos el consumo eléctrico calculado para producir dicho par. Aquí ocurre exactamente lo mismo que lo mencionado en el apartado anterior. El consumo se vuelve 0 al no haber ninguna fuerza que vencer tras haber llegado a la velocidad objetivo.



Gráfica 4 Consumo de energía mecánica.

5.7. Selección del motorreductor.

Tras esto, vamos a seleccionar el motorreductor que incluiremos en nuestro virador. Este motor, a pesar de los todos los tipos que existen en el mercado, será un motor convencional trifásico ya que estos motores entregan el doble del par nominal en el momento del arranque, cosa que beneficia a la hora de poder rotar cargas pesadas.

Se seleccionará del catálogo del proveedor BONFIGLIOLI. Como lo que prima en los viradores es una velocidad de rotación reducida, los motores de 1500 y 3000rpm no van a ser estudiados ya que en ese caso se debería incluir una relación de transmisión tan grande que haga girar los rodillos a una velocidad de 10-15rpm para poder considerarlo adecuado.

En la Tabla 9 se puede ver una tabla extraída del catálogo de BONFIGLIOLI. En este catálogo, se deberá comprobar el par nominal M2 y el valor n2 son aproximados o superiores al requerido.







0.12 kW											
n2 min-1	M2 Nm	S	i	Rn2 N					IEC 		
15.3	53	3.6	57	5000	—	—	—	WR 63 57	P63	BN63B6	128
15.6	46	1.9	84	3450	—	—	—	VFR 49 84	P63	BN63A4	122
16.4	36	1.5	80	3150	—	—	—	VF 49 80	P63	BN63A4	120
18.2	42	1.8	72	3430	—	—	—	VFR 49 72	P63	BN63A4	122
18.7	34	0.9	70	3300	—	—	—	VF 44 70	P63	BN63A4	114
18.7	33	1.7	70	3150	—	—	—	VF 49 70	P63	BN63A4	120
21.8	30	1.3	60	2300	—	—	—	VF 44 60	P63	BN63A4	114
21.8	30	1.9	60	3150	—	—	—	VF 49 60	P63	BN63A4	120
24.3	34	2.2	54	3140	—	—	—	VFR 49 54	P63	BN63A4	122
28.5	25	1.5	46	2300	—	—	—	VF 44 46	P63	BN63A4	114
29.0	24	0.9	30	1360	—	—	—	VF 30 30	P63	BN63B6	112
29.1	25	2.6	45	3040	—	—	—	VF 49 45	P63	BN63A4	120
31	27	2.9	42	2920	—	—	—	VFR 49 42	P63	BN63A4	122

Tabla 9 Selección de motorreductores de 0.12kW.

La mejor opción se trata del motor de 0.12kW cuyo par nominal a la salida es de 53 Nm. Este motorreductor incorpora una reductora con relación de transmisión $i = 57:1$ con lo que se consigue una velocidad de rotación 15.3 rpm que se traduce en una velocidad de rotación del serpentín de aproximadamente 0.6 rpm, la velocidad objetivo requerida anteriormente. Además, la S es el factor de seguridad y dicho valor ha de ser superior al factor de servicio (f_s), cuanto mayor sea este número, mayor capacidad para arranques y paradas y para soportar las fuerzas radiales y axiales tendrá el motorreductor. En nuestro caso, teniendo un valor de 3.6 nos garantiza el funcionamiento del equipo en las peores condiciones posibles. Este valor equivale a trabajar 24h al día con un número de arranques superior a 300, tal y como se puede ver en la Tabla 10:

h / d			Arranques / hora
24	16	8	

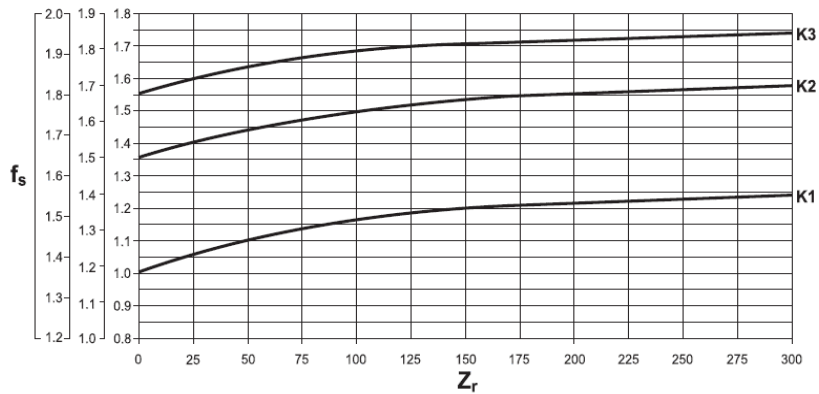


Tabla 10 Factor de servicio.

En el Anexo 5 se pueden observar las dimensiones del motor en cuestión. La forma de la reductora según catálogo será “U” y el eje del rodillo deberá ser rebajado puesto que el diámetro de salida es 25mm.

5.8. Selección de acoplamiento flexible.

Tras conocer a que par de torsión se va a someter los rodillos para que estos puedan girar el equipo, vamos a seleccionar el acoplamiento flexible adecuado de la web de SKF. Los datos que conocemos son:

- Diámetro del eje: 45mm.
- Par: 53 Nm

La Tabla 11 ha sido extraída de la web de SKF donde aparecen los modelos ofertados de acoplamientos flexibles:

Shaft diameter		Principal dimensions			Torque	Speed	Designation
min.	max.	A	B _W	E	Continuous	max.	
mm	mm	mm	mm	mm	kN·m	r/min	
⌀	⌀	⌀	⌀	⌀	⌀	⌀	⌀
14	33	94	79	27	0.025	4100	ECCN 020 R
14	39	111	105	33	0.047	4100	ECCN 030 R
14	50	137	130	44	0.082	4100	ECCN 040 R
20	55	154	156	51	0.14	4100	ECCN 050 R
28	78	178	156	51	0.22	4100	ECCN 060 R
31	81	203	168	54	0.51	3600	ECCN 070 R
36	107	240	213	68	0.93	2800	ECCN 080 R
43	130	308	283	89	1.6	2000	ECCN 090 R
55	147	352	308	102	3	1800	ECCN 100 R

Tabla 11 Acoplamientos ECCN SKF

El modelo que mejor satisface nuestras necesidades es el modelo ECCN 040R puesto que es el que admite ejes de 45mm de diámetro y admite un par máximo de 82Nm.

En el Anexo 6 se pueden observar las dimensiones del motor en cuestión.

5.9. Dimensionado de la plataforma para los operarios.

Tal y como se ha comentado en el apartado de diseño básico, hay que prever una plataforma para los operarios construida de perfiles estructurales estándar. Para ello, se ha realizado un esqueleto formado por perfiles UPN 100 los cuales llevan dos agujeros para ser atornillada a la estructura del virador.

Por otro lado, de acuerdo al apartado de seguridad dentro de los criterios de optimización, se debía incluir una barandilla para evitar posibles caídas. Esta barandilla está formada por cuatro partes principales. En la Ilustración 40 puede verse estas cuatro partes con su denominación.

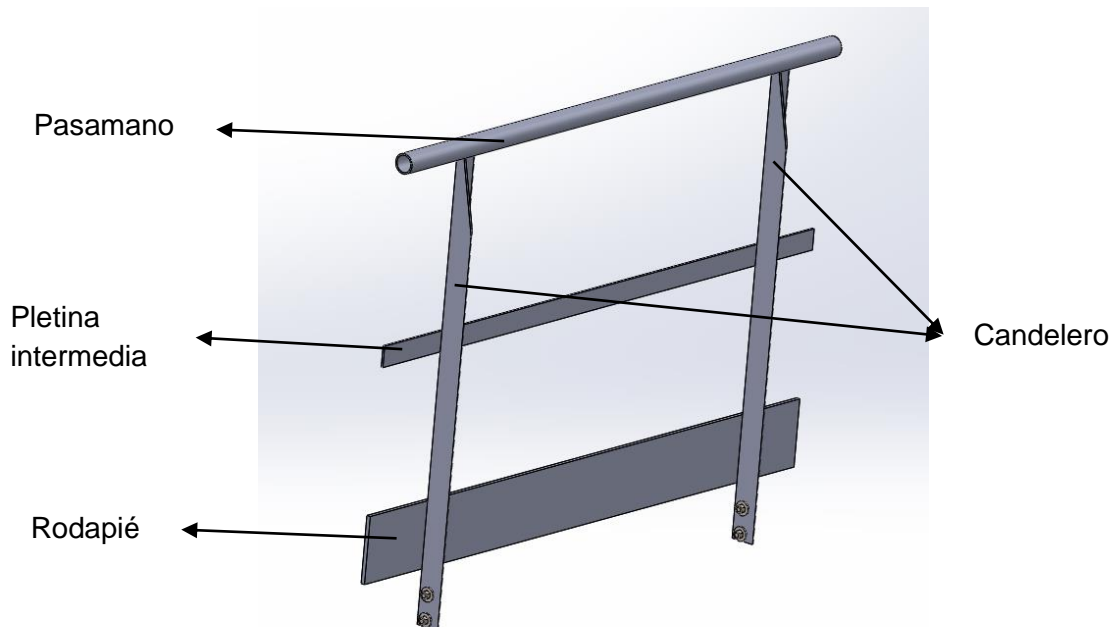


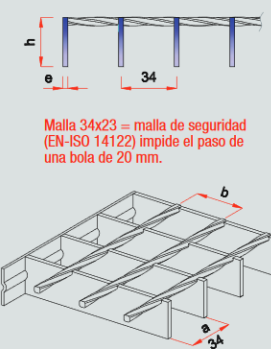
Ilustración 40 Vista 3D barandilla propuesta con sus elementos constituyentes.

El candelero es un perfil angular de 60x6mm al cual van soldados el resto de componentes. El rodapié es una pletina de 160x10mm cuya función es hacer de barrera para evitar pasos en falso y la consiguiente caída por dicho hueco. La pletina intermedia tiene la función de reducir el espacio abierto por la cual puede colarse una persona en caso de caer de espaldas. Por último, el pasamano hace la función de barrera superior en caso de tropiezos y caídas y, en escaleras, ayuda para continuar el ascenso o controlar el descenso.

La barandilla se une a la plataforma por medio de clips, que son unas chapas soldadas a la misma plataforma que llevan agujeros para permitir la unión atornillada entre ambas mediante tornillos de cabeza hexagonal M12.

Por último, para hacer esta plataforma transitable se decidió incorporar rejilla electrosoldada. El fabricante seleccionado para dicha rejilla es RELESA. Para reducir en coste, las pletinas portantes se colocarán en la dirección la cual tenga menos luz entre apoyos por lo que, tenemos una luz de 750mm entre apoyos. Si vamos al catálogo tenemos unos indicadores de color que evalúan la flecha que se produce en cada configuración con una luz determinada. En la Ilustración 41 se puede ver dicha tabla extraída del catálogo del fabricante.

MALLA a x b (mm)		34 x 23		34 x 38		34 x 76		34 x 100				
Portante h x e (mm)		20 x 2	20 x 3	25 x 2	25 x 3	30 x 2	30 x 3	35 x 2	35 x 3	40 x 2	40 x 3	50 x 3
DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm) Luz libre	L	Carga uniformemente repartida (kN/m ²)										
	500	20,24	30,37	31,63	47,45	45,55	68,32	62,00	93,00	80,98	121,46	189,79
	600	*14,11	21,16	22,04	33,06	31,74	47,61	43,20	64,80	56,42	84,64	132,24
	700	9,36	*14,04	16,25	24,37	23,40	35,09	31,84	47,77	41,59	62,39	97,48
	800	6,29	9,44	*12,29	18,43	17,97	26,96	24,46	36,69	31,95	47,93	74,89
	900	4,93	6,65	7,70	*11,54	13,30	19,95	19,39	29,09	25,33	37,99	59,37
	1000	3,24	4,86	6,33	7,60	* 8,75	13,13	13,90	20,85	20,59	30,88	48,25
	1100	2,44	3,33	4,77	6,51	7,50	*9,00	* 9,53	14,29	14,22	21,33	40,01
	1200	1,89	2,83	3,69	5,53	6,37	7,97	8,44	10,12	10,07	15,11	33,73
	1300	1,49	2,24	2,91	4,37	5,03	7,55	7,99	*7,37	* 7,34	11,01	21,50
	1400	1,20	1,80	2,34	3,51	4,04	6,06	6,42	6,87	6,84	8,21	16,03
	1500	0,98	1,46	1,91	2,86	3,30	4,94	5,23	7,85	7,81	* 6,25	12,21
	1600	0,81	1,21	1,58	2,37	2,72	4,09	4,33	6,49	6,46	6,05	9,46
	1700	0,68	1,01	1,32	1,98	2,28	3,42	3,62	5,43	5,40	8,10	7,45
	1800	0,57	0,86	1,11	1,67	1,93	2,89	3,06	4,59	4,57	6,85	* 5,94
	1900	0,49	0,73	0,95	1,43	1,64	2,46	2,61	3,91	3,89	5,84	6,00
	2000	0,42	0,63	0,82	1,23	1,41	2,12	2,24	3,37	3,35	5,02	9,81



Malla 34x23 = malla de seguridad (EN-ISO 14122) impide el paso de una bola de 20 mm.

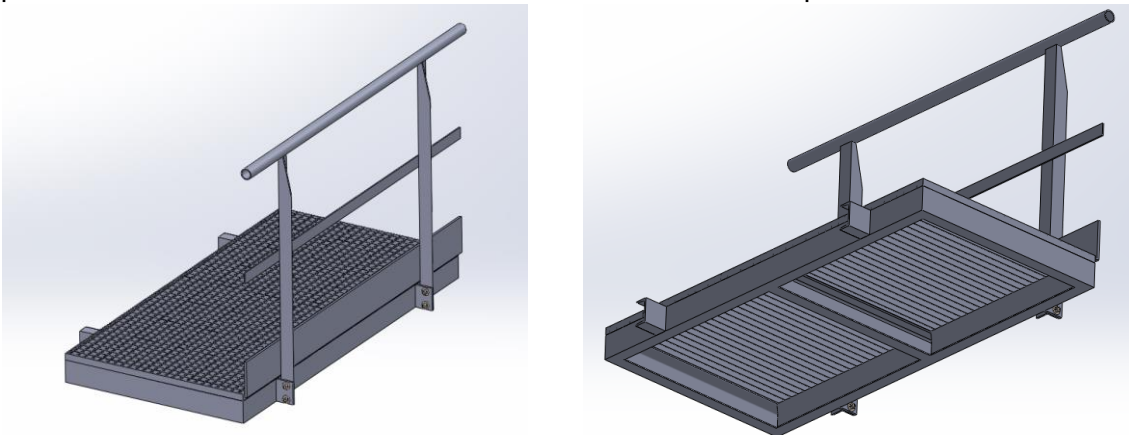
* Apto para soportar una Carga Concentrada de 1,5 kN aplicada en la posición más desfavorable repartida sobre una superficie de contacto de 200mm x 200mm, de acuerdo con la Norma "EN ISO 14122-2" SEGURIDAD DE LAS MÁQUINAS MEDIOS DE ACCESO PERMANENTE A MÁQUINAS E INSTALACIONES INDUSTRIALES. Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas. Apartado 4.2.5 "Determinación de las cargas admisibles".

Ilustración 41 Resistencia de las distintas configuraciones del tramex.

Como se puede ver en la tabla anterior, prácticamente todas las configuraciones tienen el apto para soportar una carga concentrada de 1,5kN en la posición más desfavorable, por lo que, vamos a elegir una rejilla con las siguientes dimensiones:

- A=34mm
- B=23mm
- H=20mm
- E=3mm

Por último, en la Ilustración 42, podemos observar unas vistas en 3D de dicha plataforma ensamblada. Una de las características de dicha plataforma es la facilidad



para ser desmontada puesto que es posible que en cualquier caso se tenga que trabajar desde cota 0 y la estructura moleste para llevar a cabo los trabajos pertinentes.

5.10. Regulación por posibles irregularidades del suelo.

A pesar de realizar un virador que sea capaz de absorber posibles desalineamientos entre el tren de viradores y garantizar el paralelismo entre ejes, es inevitable que el virador esté colocado en suelo irregular. Por ello, se va a prever 4 patas por equipo con capacidad de regulación mediante tornillos.

En la Ilustración 42 se pueden observar dichas patas de regulación diseñadas para este cometido. Se han previsto 4 tornillos de M16 que sirven de regulación ya que en función de lo enroscados que estén, habrá más o menos separación entre las

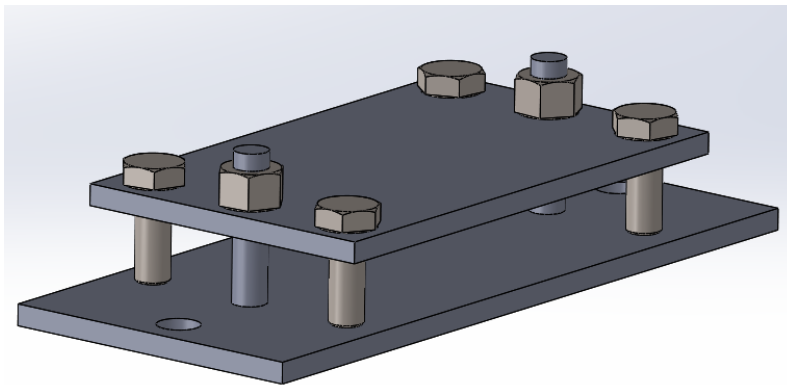


Ilustración 42 Vista 3D patas de regulación diseñadas.

placas bases, y por ende, absorbemos las diferentes cotas que un suelo irregular tiene. Por otro lado, se pueden ver dos espárragos que irán soldados a la placa base inferior cuya función será apretar ambas placas. Además, en caso de que el virador vaya a estar instalado en un sitio fijo, se prevé agujeros en las placas base para anclaje al suelo.

5.11. Problemas encontrados en la fase de diseño de detalle.

En el presente apartado prácticamente se detallan las soluciones finales que se han adoptado para el diseño del virador, no obstante, en la fase de diseño, lo cierto es que se han encontrado diversos problemas que han hecho cuestionarse la validez de la solución adoptada. A continuación, se detallan diversos problemas encontrados, entre los muchos que han surgido:

En primer lugar, los rodillos fueron diseñados y calculados con un diámetro de tubo externo de 6" y al llegar a la fase final del diseño (comprobación de los objetivos) se detectó que la configuración descrita no era la adecuada debido a que el serpentín para el cual ha sido diseñado el equipo, colisionaba con el virador, tal y como se puede observar en la Ilustración 43 Colisión del serpentín con el virador.:

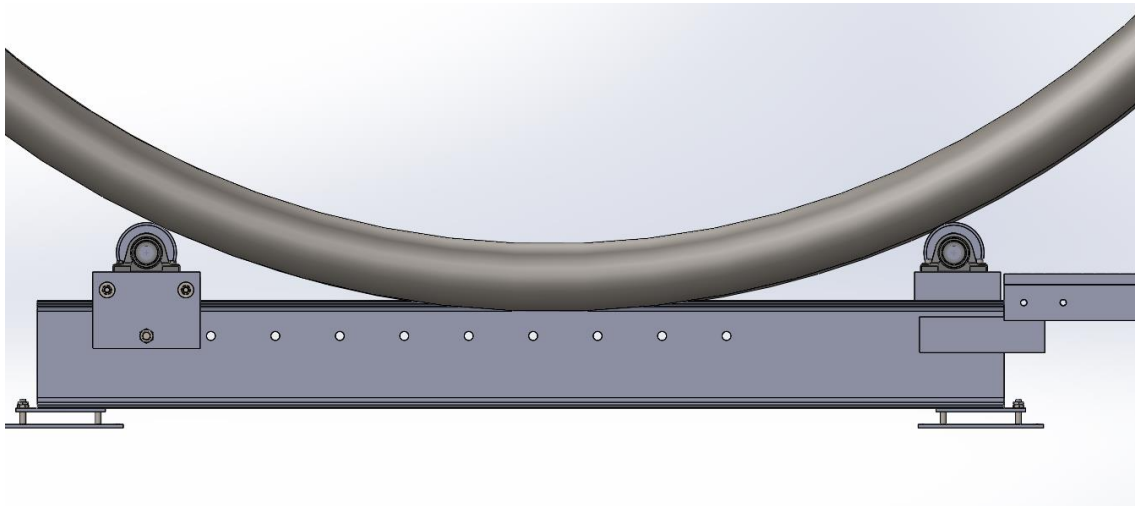


Ilustración 43 Colisión del serpentín con el virador.

Como solución, se incrementó el diámetro del rodillo a 8" y se repitieron los cálculos pertinentes que han sido mostrados en el apartado 5.2. En la Ilustración 44 se puede comprobar que este problema queda subsanado.

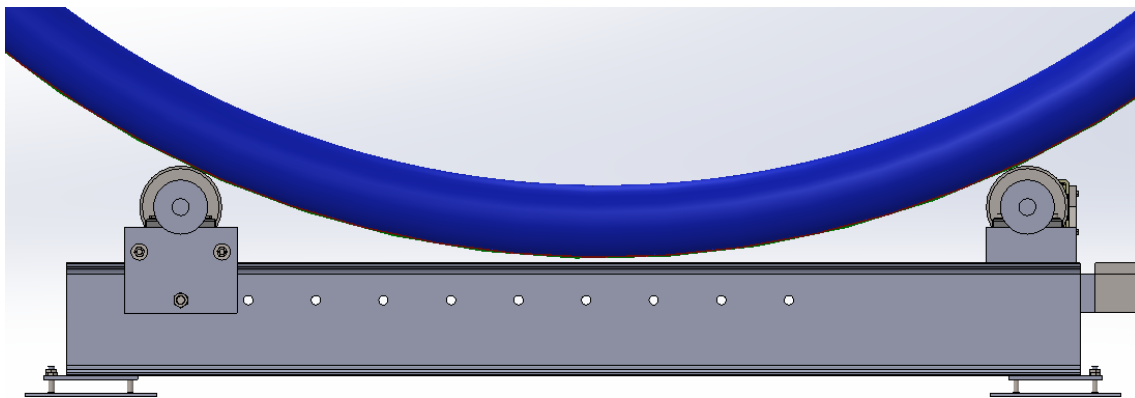


Ilustración 44 Colisión serpentín-virador subsanada.

Otro problema detectado fue el anclaje inicial previsto para la plataforma de operarios. El problema era que no había continuidad en la plataforma y quedaban espacios donde era muy fácil introducir la pierna y tener un riesgo alto de lesión. En la Ilustración 45 se observa el anclaje inicial.

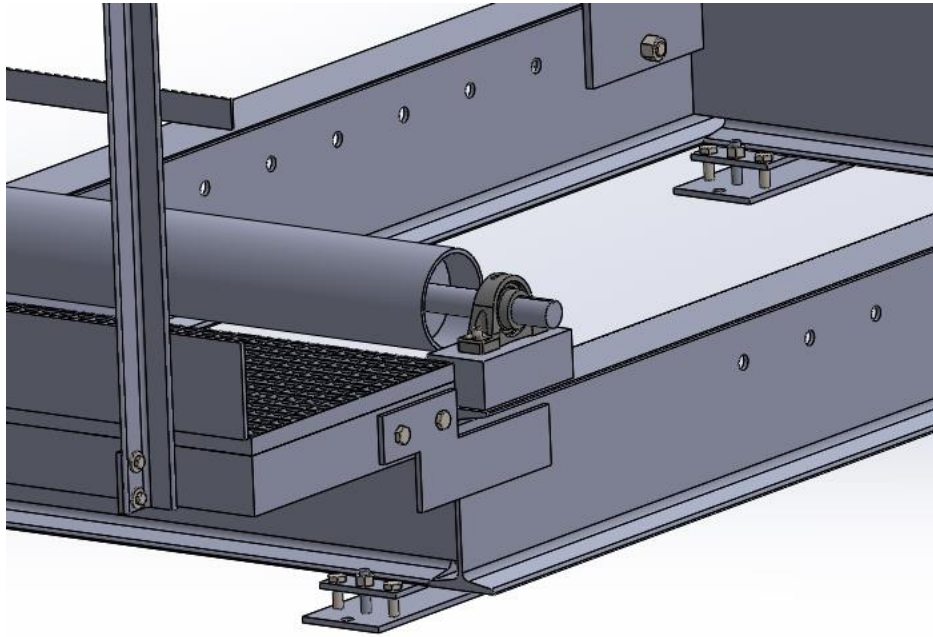


Ilustración 45 Anclaje de plataforma inicial.

A continuación, en la Ilustración 46 se puede comprobar la anchura sin plataforma que se obtenía y que era inadmisiblemente conservar.

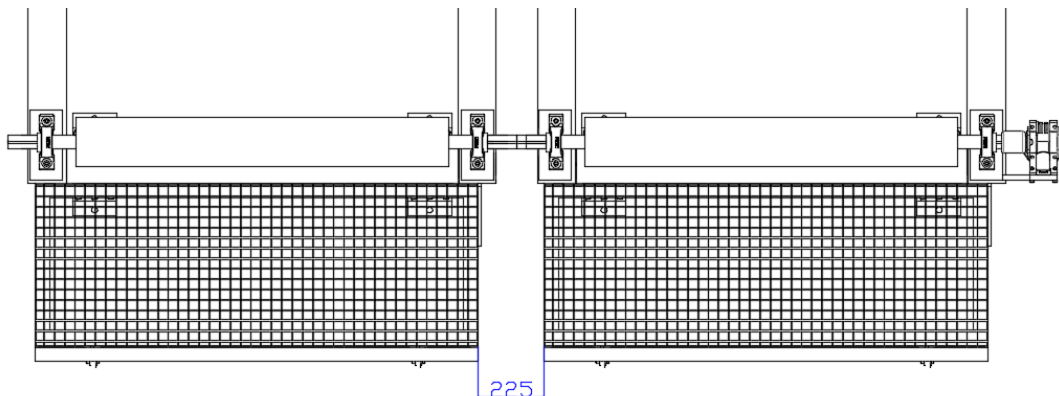


Ilustración 46 Anchura libre sin plataforma.

Tras idear un sistema de anclaje tipo ménsula, tal y como se puede observar en el apartado 5.9 y en los planos correspondientes, se hacía posible incrementar la anchura de la plataforma para minimizar esta anchura. Gracias a esta modificación, se consigue tener una plataforma continua con una separación de 20mm sin riesgos de tropiezos. Ver la Ilustración 47 para el resultado final.

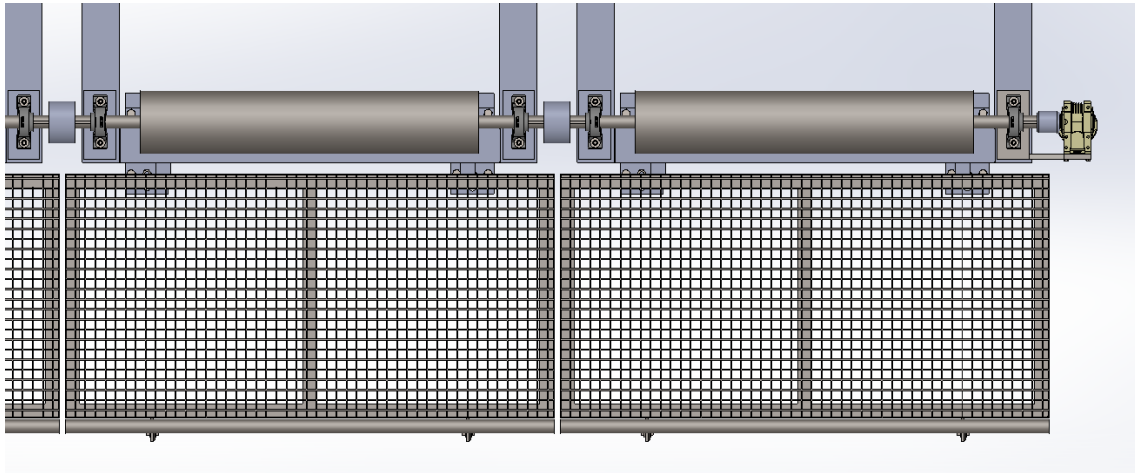


Ilustración 47 Diseño de plataforma de operarios final.

5.12. Resultado del diseño de detalle.

Como resultado del diseño de detalle se han obtenido dos modelos. Exactamente iguales excepto porque uno es motorizado y el otro no. Esto hace que el soporte del rodillo que se mantiene fijo en su lugar (no el rodillo que permite la regulación para albergar equipos de distinto tamaño) sea distinto ya que uno lleva una placa para acoplar el motorreductor. En la Ilustración 48 se puede ver dicha diferencia:

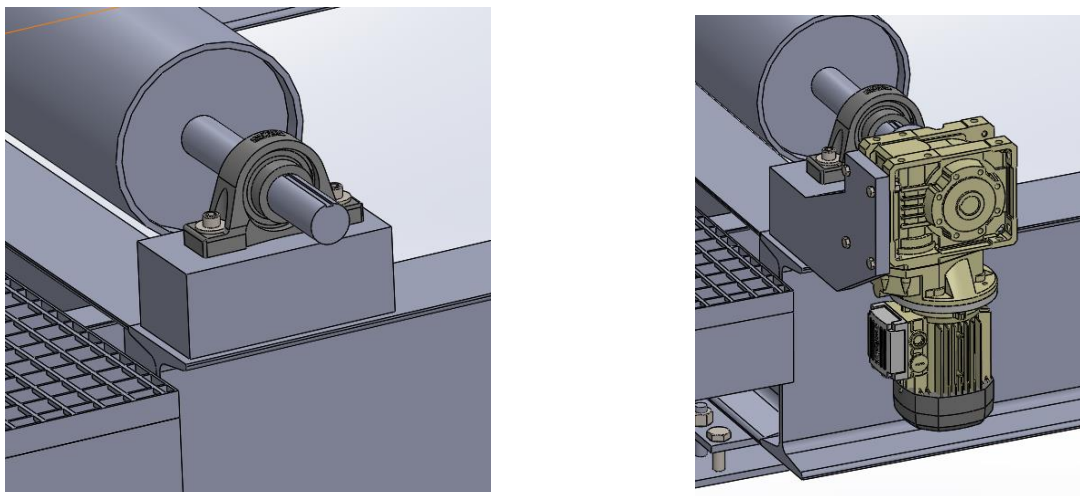


Ilustración 48 Diferencias virador libre y motriz.

A continuación, en la Ilustración 49, se pueden observar dichos viradores terminados:

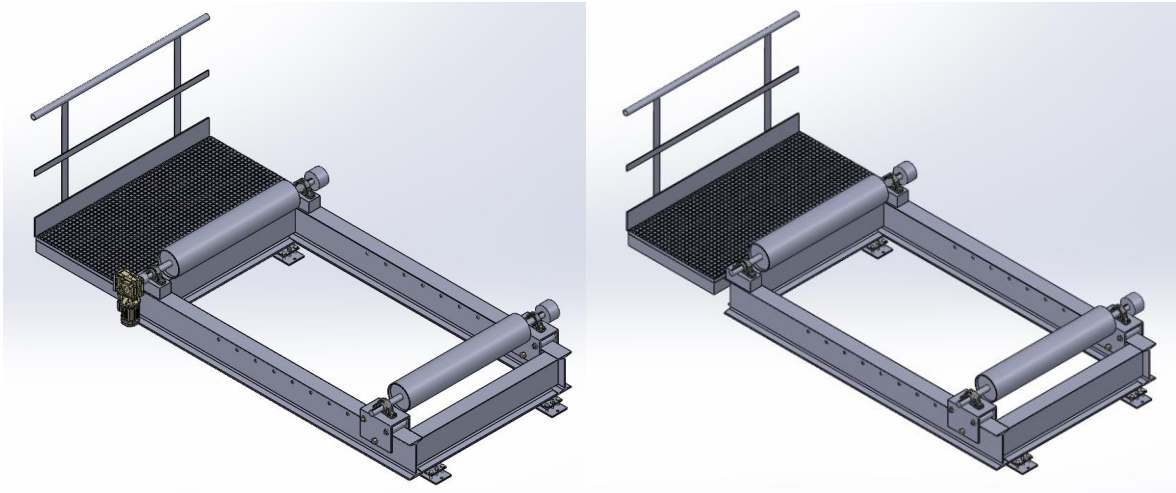


Ilustración 49 Vistas 3D viradores diseñados.

6. Pliego de condiciones.

6.1. Objeto.

El presente documento recoge los requisitos que se exigen al Contratista para llevar a cabo la realización del proyecto “Diseño de un virador para soldadura en calderería mediante software CAD/CAM.”. Para ello, se especificarán las condiciones técnicas, facultativas, económicas y legales que se han de tener en cuenta, para así determinar las obligaciones de las partes que forman parte del proceso de ejecución.

Será responsabilidad del Contratista asegurar que todos los detalles del proyecto estén de acuerdo a las normas de diseño y técnicas aplicables.

Se procurará que se permita ejecutar totalmente el proyecto gracias a los anexos, planos y pliego de condiciones.

6.2. Condiciones técnicas.

Para llevar a cabo el proyecto, la empresa pondrá a disposición del contratista los datos necesarios para diseñar todos los elementos, así como las especificaciones estructurales a las que ha de estar sometido el virador para garantizar que los análisis sean representativos. Los cálculos realizados se expondrán en el apartado de “Diseño de detalle” del documento “Memoria” y no se podrá alterar los elementos seleccionados tras los cálculos sin autorización.

En caso de subcontratación de alguna parte de la ejecución, el Contratista deberá demostrar que dicha subcontrata está cualificada para la tarea y se solicitará una conformidad por parte de la empresa.

6.2.1. Especificaciones informáticas.

En este apartado se detallan los requisitos mínimos que debemos tener en cuanto a Hardware y software se refiere, para poder utilizar el programa con un rendimiento aceptable, y las condiciones de utilización.

Hardware y software: El programa Solidworks de Dassault Systemes se puede ejecutar bajo los sistemas operativos Windows7, Windows 8.1 y Windows10.

Los requisitos mínimos de hardware necesarios para ejecutar dicho programa son:

- Procesador Intel o AMD con compatibilidad con SSE2. Además, requieren SO de 64 bits.
- Mínimo de 8GB de memoria RAM y un espacio libre de disco duro de 10 GB.
- Tarjeta gráfica potente. Para comprobarlo, Solidworks tiene habilitada una web donde aparece si es compatible o no.
- Unidad de DVD o conexión a Internet de banda ancha.
- Monitor por encima de 17" para una correcta visualización.
- Ratón y teclado.

Licencias: los programas utilizados para la elaboración del presente proyecto deben disponer de licencia, ya sea profesional o académica.

El resto de aplicaciones informáticas utilizadas han requerido las licencias respectivas para su uso, como el sistema operativo Windows 10 y Office para la creación del presente documento.

6.3. Condiciones facultativas.

Como director de fabricación, la empresa seleccionará a un ingeniero experimentado para la correcta fabricación del proyecto. Éste tendrá la obligación de comprobar que se realicen los trabajos y que se cumplen las pautas definidas en el proyecto.

El contratista designará a sus representantes de la fabricación del virador, entre ellos estará el jefe de fabricación. Esta persona será el encargado de cumplir los plazos de fabricación acordados con la empresa. Además, deberá facilitar toda la documentación e información necesaria, al igual que de incidencias al ingeniero designado por la empresa. En caso de no cumplir los plazos acordados o se ha de designar otro jefe de fabricación, se deberá informar a la dirección de fabricación para tomar la decisión que se considere oportuna.

6.4. Obligaciones y derechos del Contratista.

El Contratista será el mayor responsable de la fabricación en caso de que se incumplan alguna posible pauta marcada en el pliego de condiciones. Es por ello que debe presenciar la fabricación durante su jornada laboral.

Debe proporcionar los certificados de calidad de los materiales, maquinaria, así como los certificados de calibración de los equipos empleados durante la fabricación. Además, debe de notificar cualquier incidencia y abrir una no conformidad y proponer su solución y ésta deberá ser aceptada por la empresa.

Debe de garantizar su asistencia de forma obligatoria a todas las reuniones que se organicen, designando a una persona que la sustituya en caso de no poder asistir de manera justificada.

6.5. Obligaciones y derechos de la empresa.

6.5.1. Plazos de ejecución y comienzo de los trabajos.

Los plazos de ejecución y el comienzo se definirán en el contrato, siendo éste de obligado cumplimiento. Tal y como se ha explicado anteriormente, el responsable de cumplir los plazos es el contratista. Por ello, se podrán pedir nuevos plazos si la fabricación lo requiriera por motivos que se deberán justificar.

En caso de no poder comenzar la fabricación la fecha acordada, la dirección facultativa determinará una fecha de inicio.

6.5.2. Plazos de ejecución y comienzo de los trabajos.

Cualquier fallo o defecto producido durante la etapa de fabricación será responsabilidad directa del Contratista, debiendo volver a realizar la pieza o el montaje de forma correcta sin coste alguno.

Sólo se admitirán mejoras de fabricación en el caso de que mejoren la calidad de los trabajos y materiales previstos en el contrato. No se admitirán aumentos de unidades a fabricar, salvo en caso de error en las mediciones y se ordene por escrito.

6.5.3. Materiales defectuosos.

Los materiales defectuosos adquiridos por el contratista para la fabricación del virador serán responsabilidad del mismo, debiendo realizar su sustitución por un material que cumpla los requisitos de este pliego con el proveedor correspondiente.

6.6. Condiciones económicas.

6.6.1. Garantías.

A modo de cerciorar que el Contratista reúne las condiciones requeridas para el cumplimiento del contrato, se podrá exigir referencias bancarias y de otras entidades.

6.6.3. Gastos e impuestos.

Todos los gastos e impuestos a excepción del IVA que no se reflejen en el contrato y estén vigentes en la fecha de firma del contrato, deberán ser por cuenta del Contratista.

6.6.3. Precios contradictorios.

Si por algún motivo en especial, tuviese que fijarse un nuevo precio, éste procederá a ser estudiado de la siguiente manera. El contratista formulará el nuevo precio que se deba aplicar y la Dirección Técnica estudiará el precio que debe utilizarse. Si ambos coinciden en un intervalo cercano, se procederá a realizar un Acta, quedando así este precio formalizado. En caso de no coincidan dichos precios, se podrá segregar el proyecto para ser realizado por otro Contratista distinto.

La fijación de este precio deberá ser siempre al comienzo de la fabricación de una nueva unidad y preferiblemente antes, puesto que en el caso de que la fabricación se encuentre en un estado avanzado, el Contratista estará obligado a aceptar el precio inicial de contrato.

6.6.4. Mejoras y modificaciones.

Se permitirán mejoras y modificaciones que mejoren la calidad de los trabajos contratados y materiales con la salvedad de que así lo apruebe la empresa responsable del proyecto. No se admitirán cambios de cantidad en las unidades contratadas, salvo por error de las mediciones del proyecto y que se ordene por escrito la ampliación de las unidades contratadas.

6.6.5. Abono de los trabajos.

El abono de los trabajos se efectuará de la manera, plazos e importe que previamente se ha establecido en el contrato.

6.6.6. Penalizaciones.

En caso de retrasos en la entrega de las unidades contratadas, la penalización será de un 1% por día hasta un máximo de un 15% sobre el importe total del contrato.

En caso de incumplimiento de contrato, se anulará el pago por los servicios prestados.

6.7. Condiciones legales.

6.7.1. El contrato.

El contrato deberá ser de precio alzado. Se fijará un importe fijo por la totalidad de los trabajos de los trabajos y no deberá ser modificado, salvo en el caso de algún precio contradictorio o reducción en las unidades contratadas.

6.7.3. Arbitraje y jurisdicción competente.

A modo de subsanar cualquier litigio que se pueda producir entre la empresa y el contratista, las personas responsables del contrato actuarán como árbitro para llegar

a un acuerdo. En caso de no llegar a un acuerdo, se designará a otros responsables y si no se llega a ningún acuerdo, se llevará a juicio.

6.7.3. Responsabilidad del proyectista.

A continuación se indican las responsabilidades que debe de asumir el contratista mientras que el contrato esté vigente:

- Buena calidad de ejecución de los trabajos.
- Solvencia económica.
- Situación legal y laboral de los trabajadores correctas.
- Cumplir plazos de entrega.

6.7.4. Subcontratas.

Se podría subcontratar trabajos debiendo ser la subcontrata aprobada por la Dirección técnica y se hace constar que el contratista sigue siendo el único responsable frente a la empresa.

6.7.5. Causa de rescisión del contrato.

Las causas que se muestran a continuación son las que pueden llevar a la rescisión del contrato:

- No comenzar los trabajos en la fecha marcada por el contrato.
- Retraso excesivo en la entrega.
- Incumplimiento de responsabilidades.
- Fallos en los materiales y trabajos debido a negligencias.

6.8. Control de calidad en el proceso de fabricación y montaje.

6.8.1. Introducción.

El control de calidad sirve para que todos los productos fabricados cumplan una serie de condiciones para garantizar un uso seguro. Para el control de la calidad, se deberá utilizar una serie de herramientas que verifican la ausencia de riesgos o fallos y que el producto servido cumple con las especificaciones acordadas.

A modo de minimizar los posibles fallos, el control se deberá realizar durante toda la etapa de fabricación para evitar detectar los fallos en la etapa final de la fabricación y montaje.

6.8.2. Control de la documentación de fabricación y montaje.

La documentación deberá consistir como mínimo de:

- Planos de fabricación de todas las piezas con sus respectivas cotas

- Planos de montaje con sus respectivas cotas y detalles de soldadura.
- Plan de puntos de inspección, que se trata básicamente de un “checklist” que hay que seguir durante el proyecto en el cuál aparecen los procedimientos de control que ha de aplicarse a cada parte o a la pieza en conjunto.

6.8.3. Control de la fabricación.

Se debe comprobar la conformidad con las especificaciones establecidas previo a la fabricación, es decir, en la etapa de diseño del virador.

Realizar un control de los tiempos de fabricación para así detectar posibles retrasos y deficiencias durante la fabricación de nuestro virador.

6.9. Mantenimiento.

El mantenimiento de los componentes comerciales que forman la máquina se debe de realizar de acuerdo a lo que expone el fabricante en su ficha técnica. A continuación se detallan las operaciones de mantenimiento a realizar durante la vida de la máquina:

- Limpieza y soplado con aire comprimido del equipo según uso.
- Comprobación del apriete de las placas de anclaje (en caso de estar ancladas al suelo) cada 6 meses.
- Comprobación del apriete del resto de la tornillería de la máquina cada 6 meses.
- Comprobación visual del estado de los ejes.
- Comprobación del sistema eléctrico.

7. Presupuesto del proyecto.

Una vez está todo preparado para la fabricación, es el momento de determinar cuánto ha costado llevar el proyecto a cabo y poder poner el producto en el mercado. Además, de esta manera podemos fijar que costes se destinan a los materiales, a los trabajadores y a los materiales.

Siendo conocedores de estos costes, podemos determinar el precio de venta al público que tendrá cada uno de nuestros viradores en el mercado. Con esto, podemos hacernos una idea aproximada de la previsión de venta que se debe de tener para poder suplir los gastos del proyecto, así como comenzar a obtener beneficios.

En primer lugar, comenzaremos por conocer el coste total del ingeniero que ha intervenido en el desarrollo del proyecto con el coste por apartado:

Presupuesto proyecto	Días	Días	€/h	€
Objetivos	3		37	888,00 €
Objetivos principales		1		
Objetivos específicos		2		
Estudio de mercado	3		37	888,00 €
Criterios de optimización	7		37	2.072,00 €
Fabricación		2		
Mantenimiento		2		
Regulación		2		
Seguridad		1		
Diseño básico	14		37	4.144,00 €
Plataforma base		3		
Plataforma operario		3		
Sistema de potencia		5		
Ejes paralelos		3		
Diseño de detalle	27		37	7.992,00 €
Análisis FEM		5		
Dimensionado de los ejes		5		
Dimensionado de los rodamientos		3		
Dimensionado del motorreductor		8		
Dimensionado del acoplamiento		2		
Dimensionado de la plataforma de operarios		4		
Elaboración de los planos de fabricación	7		37	2.072,00 €
Elaboración del presupuesto	2		37	592,00 €
Total horas	504		TOTAL	18.648,00 €

Tabla 12 Presupuesto del proyecto.

Cómo puede observarse, el proyecto ha tenido un coste de 18.648€ que deberán repartirse entre los viradores que esperan ser vendidos. Vamos a suponer que solamente se van a adquirir 6 viradores, 1 motriz y 5 libres, justo lo esperado para poder alojar el serpentín. Es por ello que el coste de cada virador deberá incrementarse 3.108€ para poder absorber dichos costes. Lógicamente, en caso de sacar el producto al mercado y esperar más ventas, podría hacerse un estudio de expectativas y hacer una valoración del volumen que se espera vender y poder optar a disminuir este coste de 3.108€ y ser más competitivos. En el anexo 7, se puede observar el diagrama de Gantt con la planificación de los diferentes apartados del proyecto.

En cuanto a coste de fabricación, obtenemos los siguientes valores:

Presupuesto de ejecución				
Material				
Partidas	€/kg	KG	€	
Perfiles estructurales IPE300	0,55	415,1	228,31 €	
Chapas de oxicorte	1,1	60,3	66,33 €	
Bloque mecanizado 1	1,4	24,3	34,02 €	
Bloque mecanizado 2	1,4	19,8	27,72 €	
Perfiles estructurales UPN100	0,55	75,2	41,36 €	
Redondo calibrado f-114 Ø45	1,8	220,7	397,26 €	
Perfil pletina 160X10mm	0,55	8	4,40 €	
Perfil pletina 50X5mm	0,55	2,4	1,32 €	
Tubo redondo 1 1/2"	0,55	5,6	3,08 €	
TUBO 8" SCH STD	1,2	127	152,40 €	
			956,20 €	
	€/ud	Uds	€	
Rodamiento SKF SY 45 FM	111,94	2	223,88 €	
Rodamiento SKF 6005	7,59	8	60,72 €	
Acoplamiento SKF ECCN 040R	88,95	2	177,90 €	
BONFIGLIOLI WR63-57	586,15	1	586,15 €	
Chavetas	8	1	8,00 €	
Tornillería	40	1	40,00 €	
Tramex 24x20x3	60	1	60,00 €	
Eje regulación mecanizado (piezas 1 Y 2)	45	4	180,00 €	
Pintura RAL 9001	250	1	250,00 €	
			1.586,65 €	
Mano de obra	Horas	€/H		
Fabricación, soldadura, mecanizado, ensamblaje y pintura	140	26	3.640,00 €	
			3.640,00 €	

Tabla 13 Presupuesto de ejecución.

Con esto obtenemos:

PRESUPUESTO FABRICACIÓN VIRADOR MOTRIZ	6.182,85 €
PRESUPUESTO FABRICACIÓN VIRADOR LIBRE	5.596,70 €
PRECIO DE VENTA VIRADOR MOTRIZ	11.241,92 €
PRECIO DE VENTA VIRADOR LIBRE	10.532,68 €

Tabla 14 Precio de venta al público

El precio de venta mostrado en la Tabla 14 Precio de venta al público lleva cargado el 21% de IVA correspondiente y la parte proporcional del coste del proyecto, por lo que el importe total para cumplir los objetivos del proyecto asciende a 63.905.33€.

8. Elaboración de los planos de fabricación.

En el anexo 8, se muestran los planos de fabricación. Como podemos apreciar, cada uno de los conjuntos posee su plano de fabricación. Además, hay un plano de conjunto en el que podemos ver todas las piezas de nuestro virador.

El índice de este apartado de planos es el siguiente:

- Plano del rodillo.
- Plano de la chapa de anclaje de los rodillos.
- Plano del eje para la regulación de la anchura.
- Plano del ensamblaje del rodillo móvil.
- Plano del ensamblaje de la pata de regulación.
- Plano de la plataforma para operarios.
- Plano del bloque de sujeción del rodillo y motorreductor.
- Plano de la estructura principal del virador
- Plano general del virador.

9. Conclusiones y propuesta de mejora.

Debido a la realización de este proyecto, se ha podido aprender los puntos necesarios para llevar a cabo un proyecto industrial y una visión general de lo que se ha de realizar para diseñar una máquina desde cero. Como propuesta de futuro para dicho proyecto, se debería entrar en detalle con el circuito eléctrico y componentes electrónicos para alimentar nuestro virador.

Remarcar que los objetivos del presente proyecto han sido satisfechos puesto que en la Ilustración 50 se puede observar la batería de 6 viradores ensamblados para albergar al serpentín que ha sido objeto de cálculo para el dimensionado del virador.

Comentar que la ilustración se muestra desde debajo puesto que en caso contrario el propio modelo del serpentín tapa la visión.

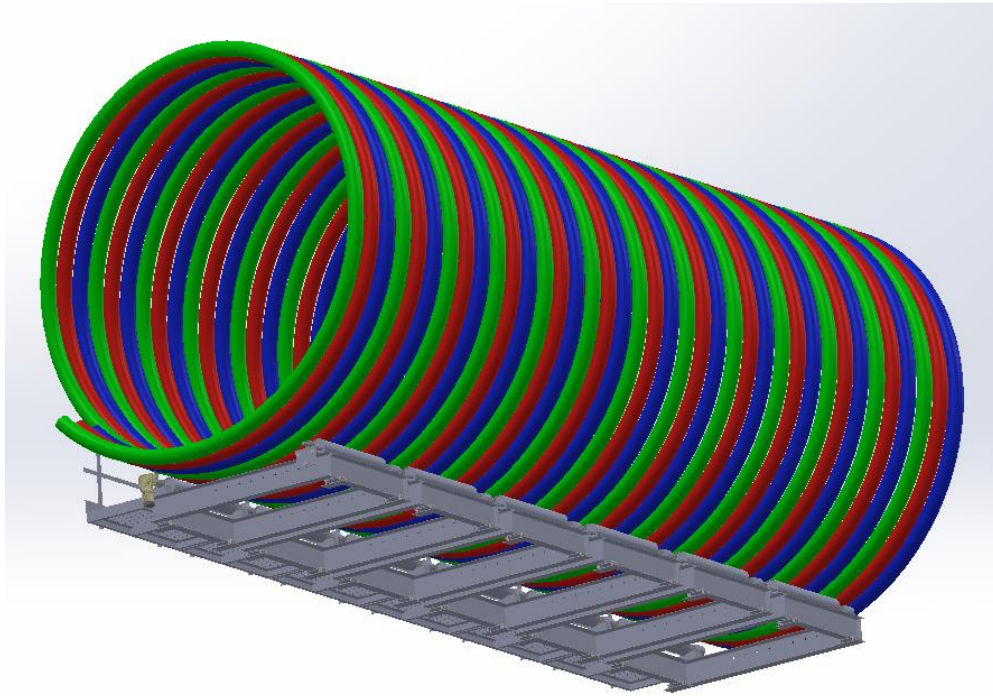


Ilustración 50 Tren de viradores con serpentín.

Cabe destacar que realizar un proyecto de diseño no solo consiste en realizar el diseño mediante software CAD/CAM, si no que se deben de realizar muchos más pasos, entre ellos un estudio de mercado para poder conocer los productos que se comercializan actualmente en el mercado y así poder definir los objetivos que se han de cumplir en nuestro producto, realizar el presupuesto, etc.

Estos pasos van a determinar en gran medida el producto final, ya que éste va a estar determinado por la facilidad de fabricación, mejoras posibles detectadas en el estudio de mercado, costes del diseño, tiempo, etc.

Las propuestas de mejora de nuestro virador serían:

- Realizar un virador más pequeño, para así ofrecer un abanico más amplio en lo que a precios se refiere. Por ejemplo, si un cliente no necesita un virador que abarque por encima de $\text{Ø}1000\text{mm}$ de diámetro, este cliente no va a hacer una inversión para instalar en sus instalaciones un virador capaz de albergar equipos de hasta $\text{Ø}5268\text{mm}$.
- Reducción de peso de la propia estructura, pudiendo aligerar éste mediante la selección de perfiles estructurales más pequeños. Esto requerirá la realización de análisis CAE para garantizar la viabilidad de la alternativa propuesta.
- Ofrecer un producto de mayor longitud para así simplificar las tareas de instalación del virador en las instalaciones en caso de que la instalación no sea definitiva (en caso de ser definitiva, solo se realizará una vez).

- Incorporar un motor con variador de frecuencia para poder regular la velocidad de giro del equipo ya que ciertos procesos de soldadura requieren una velocidad de avance distinta.

10. Referencias y bibliografía.

[1] Código Técnico de la Edificación. Documento Básico de seguridad estructural, parte Acero, [en línea]. [Mayo 2017]. Disponible en la Web: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/DBSE-A.pdf>

[2] Ponciano. Chapa lagrimada en hierro, [en línea]. [Junio 2017]. Disponible en la Web: <http://ponciano.com/D/product/chapa-lagrimada-en-hierro/>

[3] Ponciano. Chapa lagrimada en hierro, [en línea]. [Junio 2017]. Disponible en la Web: <http://ponciano.com/D/product/chapa-estriada-en-hierro/>

[4] Albarrán Ligeró, Justo. “Fundamentos del KBE. Aplicación al diseño de engranajes de ejes paralelos con CATIA V5”, [en línea]. Marzo 2008, [Julio 2017]. Disponible en la Web: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/>

[5] De Diego, Roberto; “Clasificación de aceros”, [en línea]. Marzo 2008, [Julio 2017]. Disponible en la Web: http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/tabla_1.htm

[6] Ipargama. “Acero de construcción al carbono F1140”, [en línea]. [Agosto 2017]. Disponible en la Web: <http://ipargama.com/pdf/F-1140.pdf>

[7] Laboratorio de Forja. “Acero al carbono de construcción”, [en línea]. [Agosto 2017]. Disponible en la Web: <https://laboratoriodeforja2.wordpress.com/2016/08/29/acero-al-carbono-de-construccion/>

[8] Wikipedia. “Motor eléctrico”, [en línea]. [Agosto 2017]. Disponible en la Web: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico

[9] Lelyen, Ruth; “Motor eléctrico ¿Cómo funciona?”, [en línea]. . Septiembre 2011. [Agosto 2017]. Disponible en la Web: <http://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2011/09/29/motor-electrico-como-funciona>

[10] Pintor Borobia, Jesús María. “Mecanismos de contacto directo: Engranajes”, Universidad Pública de Navarra [en línea]. [Agosto 2017]. Disponible en la Web: http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/assignaturas/tm/pdfdoc_th/apuntes/apuntes_tema7.pdf

[11] SKF [en línea]. [Septiembre 2017]. Disponible en la Web: <http://www.skf.com/es>

[12] EN ISO 14122-2 “Seguridad de las máquinas, medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales” Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas. 2001. [Septiembre 2017].

[13] ASME/ANSI B36.10M. 2004 [Septiembre 2017].

[14] Mollar, Miquel. “Apuntes Física I”, Universidad Politécnica de Valencia. [Junio 2018].

[15] Mata, Vicente. “Apuntes Máquinas y mecanismos”, Universidad Politécnica de Valencia. [Junio 2018].

[16] Valero, Francisco. “Apuntes Diseño de Máquinas I”, Universidad Politécnica de Valencia. [Junio 2018].

[17] Bonfiglioli. [Julio 2018]. Disponible en la Web: <https://www.bonfiglioli.com>

[18] Eduardo Valenzuela, Pedro. Varimak. “Nota técnica nº3 (Reductores)”, [en línea]. [Agosto 2018]. Disponible en la Web: <http://www.varimak.com.ar/notapdf03.pdf.pdf>

11. Anexos

11.1. Anexo 1

4 Materiales

4.1 Generalidades

- 1 Aunque muchos de los métodos de comprobación indicados en el DB pueden aplicarse a materiales de cualesquiera características, se considera que los elementos estructurales a que se refiere este DB están constituidos por aceros de los que se indican en este Capítulo.

4.2 Aceros en chapas y perfiles

- 1 Los aceros considerados en este DB son los establecidos en la norma UNE EN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general) en cada una de las partes que la componen, cuyas características se resumen en la Tabla 4.1.
- 2 En este DB se contemplan igualmente los aceros establecidos por las normas UNE-EN 10210-1:1994 relativa a Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grado fino y en la UNE-EN 10219-1:1998, relativa a secciones huecas de acero estructural conformados en frío.

Tabla 4.1 Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico			Tensión de rotura	
	f_y (N/mm ²)			f_u (N/mm ²)	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
S235JR					20
S235J0	235	225	215	360	0
S235J2					-20
S275JR					20
S275J0	275	265	255	410	0
S275J2					-20
S355JR					20
S355J0	355	345	335	470	0
S355J2					-20
S355K2					-20 ⁽¹⁾
S450J0	450	430	410	550	0

⁽¹⁾ Se le exige una energía mínima de 40J.

- 3 Las siguientes son características comunes a todos los aceros:

- módulo de Elasticidad: E 210.000 N/mm²
- módulo de Rigidez: G 81.000 N/mm²
- coeficiente de Poisson: ν 0,3
- coeficiente de dilatación térmica: α $1,2 \cdot 10^{-5}$ (°C)⁻¹
- densidad: ρ 7.850 kg/m³

11.2. Anexo 2

Tabla de dimensiones ASME. Tubos de acero al carbono segun norma ASME B 36.10. Tubos inoxidables según norma ASME B 36.19. ASME Pipes Schedules. Carbon steel pipes in acc. with ASME B36.10. Stainless steel pipes in acc. with ASME B36.19

Diametro Nominal		Diam. Ext.		Espesor. Wall thickness (mm) Peso. Weight (Kg/meter)																		
Nominal Pipe Size NPS	Nominal Diameter DN	Outside Diameter mm	SCH 5S	SCH 5	SCH 10S	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40S	STD	SCH 40	SCH 60	SCH 80S	XS	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140	SCH 160	XXS		
1/8	6	10,3			1,24		1,45		1,73					2,41								
					0,27		0,32		0,37					0,47								
					0,28		0,32		0,37					0,48								
1/4	8	13,7			1,65		1,85		2,24					3,02								
					0,49		0,54		0,63				0,80									
					0,50		0,55		0,64				0,81									
3/8	10	17,2			1,65		1,85		2,31					3,20								
					0,63		0,70		0,85				1,10									
					0,64		0,71		0,86				1,12									
1/2	15	21,3	1,65		2,11		2,41		2,77					3,73						4,78	7,47	
				0,8	1,00		1,13		1,27				1,62								1,95	2,56
				0,81	1,02		1,14		1,27				1,65								1,98	2,59
3/4	20	26,7	1,65		2,11		2,41		2,87					3,91						5,56	7,82	
				1,02	1,28		1,44		1,68				2,20								2,89	3,64
				1,03	1,30		1,46		1,71				2,23								2,94	3,69
1	25	33,4	1,65		2,77		2,90		3,38					4,55						6,35	9,09	
				1,29	2,10		2,18		2,50				3,24								4,24	5,45
				1,31	2,13		2,22		2,54				3,29								4,30	5,53
1 1/4	32	42,2	1,65		2,77		2,97		3,56					4,85						6,35	9,70	
				1,65	2,70		2,87		3,37				4,46								5,61	7,76
				1,67	2,73		2,92		3,44				4,53								5,69	7,88
1 1/2	40	48,3	1,65		2,77		3,18		3,68					5,08						7,14	10,16	
				1,90	3,10		3,54		4,05				5,41								7,24	9,55
				1,92	3,15		3,59		4,11				5,49								7,35	9,69
2	50	60,3	1,65		2,77		3,18		3,91					5,54						8,74	11,07	
				2,39	3,93		4,48		5,44				7,49								11,12	13,45
				2,42	3,99		4,55		5,52				7,60								11,29	13,66
2 1/2	65	73,0	2,11		3,05		4,78		5,16					7,01						9,53	14,02	
				3,69	5,26		8,05		8,64				11,41								14,92	20,40
				3,75	5,35		8,17		8,77				11,59								15,15	20,72
3	80	88,9	2,11		3,05		4,78		5,49					7,62						11,13	15,24	
				4,52	6,46		9,92		11,29				15,27								21,35	27,68
				4,59	6,56		10,07		11,47				15,51								21,67	28,11
3 1/2	90	101,6	2,11		3,05		4,78		5,74					8,08							16,15	
				5,18	7,41		11,41		13,57				18,63									34,03
				5,26	7,53		11,57		13,78				18,92									
4	100	114,3	2,11		3,05		4,78		6,02					8,56						11,13	13,49	
				5,84	8,37		12,91		16,08				22,32								28,32	33,54
				5,93	8,50		13,11		16,32				22,67								28,75	34,05
5	125	141,3	2,77		3,40				6,55					9,53						12,70	15,88	
				9,46	11,56				21,77				30,97								40,28	49,12
				9,61	11,74				22,10				31,44								40,90	49,87
6	150	168,3	2,77		3,40				7,11					10,97						14,27	18,26	
				11,31	13,82				28,26				42,56								54,20	67,55
				11,48	14,04				28,69				43,21								55,03	68,59
8	200	219,1	2,77		3,76	6,35	7,04		8,18		10,31			12,70		15,09	18,26	20,62	23,01	25,40	28,23	
				14,78	19,97	33,31	36,81		42,54		53,08		64,64		75,91	90,43	100,91	111,26	121,91	132,91	144,26	
				15,00	20,27	33,83	37,38		43,20		53,90		65,63		77,08	91,82	102,47	112,97	123,97	135,27	146,97	
10	250	273,1	3,40		4,19	6,35	7,80			9,27				12,70		15,09	18,26	21,44	25,40	28,58	32,40	
				22,61	27,78	41,76	51,02		60,30				81,54		95,99	114,73	133,03	155,12	172,30	195,12		
				22,96	28,21	42,41	51,81		61,23				82,79		97,47	116,50	135,08	157,51	174,95	197,51		
12	300	323,9	3,96		4,57	6,35	8,38		9,53	10,31	14,27			12,70	17,48	21,44	25,40	28,58	33,32	35,40	38,40	
				31,24	35,98	49,72	65,19		73,90		79,72	108,94		97,45	132,06	159,89	186,94	208,10	238,72	266,94		
				31,72	36,54	50,48	66,20		75,00		80,94	110,62		98,95	134,10	162,35	189,82	211,31	242,40	269,82		
14	350	355,6	3,96		4,78	6,35	7,92	9,53	9,53	11,13	15,09			12,70	19,05	23,83	27,79	31,75	35,71			
				34,34	41,35	54,69	67,90	81,33		81,33	94,55	126,71		107,39	158,10	194,96	224,65	253,56	281,70			
				34,87	41,99	55,53	68,95	82,58		82,58	96,00	128,66		109,04	160,54	197,97	228,11	257,47	286,04			

Fila negra: espesor en mm. Black row: wall thickness in mm.

Fila azul: aceros al carbono - peso Kg/metro. Blue row: Carbon Steel - weight Kg/meter

Fila roja: aceros inoxidables - peso Kg/metro. Red row: Stainless Steel - weight Kg/meter

Tabla de dimensiones ASME. Tubos de acero al carbono segun norma ASME B 36.10. Tubos inoxidables según norma ASME B 36.19. ASME Pipes Schedules. Carbon steel pipes in acc. with ASME B36.10. Stainless steel pipes in acc. with ASME B36.19

Diametro Nominal		Diam. Ext.	Espesor. Wall thickness (mm) Peso. Weight (Kg/meter)																				
Nominal Pipe Size NPS	Nominal Diameter DN		SCH 5S	SCH 5	SCH 10S	SCH 10	SCH 20	SCH 30	SCH 40S	STD	SCH 40	SCH 60	SCH 80S	XS	SCH 80	SCH 100	SCH 120	SCH 140	SCH 160	XXS			
16	400	406,4	4,19	4,78	6,35	7,92	9,53		9,53	12,70	16,66	12,70		21,44	26,19	30,96	36,53	40,49					
			41,56	47,34	62,64	77,83	93,27	93,27	123,30	160,12	123,30	203,53	245,56	286,64	333,19	365,36							
			42,20	48,07	63,61	79,03	94,71	94,71	125,20	162,59	125,20	206,67	249,34	291,06	338,32	370,99							
18	450	457,2	4,19	4,78	6,35	7,92	11,13	9,53	14,27	19,05	12,70		23,83	29,36	34,93	39,67	45,24						
			46,81	53,33	70,60	87,75	122,43	105,21	155,87	205,83	139,21	254,67	309,76	363,73	408,45	459,59							
			47,53	54,15	71,69	89,10	124,32	108,83	158,27	209,00	141,35	258,59	314,54	369,34	414,75	466,67							
20	500	508,0	4,78	5,54	6,35	9,53	12,70	9,53	15,09	20,62	12,70		26,19	32,54	38,10	44,45	50,01						
			59,32	68,64	78,55	117,20	155,12	117,15	183,42	247,83	155,12	311,17	381,53	441,49	508,11	564,81							
			60,23	69,70	79,76	119,00	157,51	118,95	186,25	251,65	157,51	315,97	387,41	448,30	515,94	573,52							
22	550	558,8	4,78	5,54	6,35	9,53	12,70	9,53	15,88	22,23	12,70		28,58	34,93	41,28	47,63	53,98						
			65,31	75,58	86,51	129,08	171,03	129,08	212,61	294,14	171,03	373,69	451,25	526,82	600,40	671,99							
			66,31	76,75	87,84	131,07	173,66	131,07	215,88	298,68	173,66	379,45	458,20	534,94	609,65	682,34							
24	600	609,6	5,54	6,35		9,53	14,27	9,53	17,48	24,61	12,70		30,96	38,89	46,02	52,37	59,54						
			82,53	94,46		141,02	209,50	141,02	255,24	355,02	186,94	441,78	547,33	639,58	719,63	807,63							
			83,80	95,92		143,20	212,72	143,20	259,17	360,49	189,82	448,58	555,76	649,44	730,72	820,07							
26	650	660,4			7,92	12,70			9,53				12,70										
					127,43	202,85			152,96						202,85								
					129,40	205,97			155,32						205,97								
28	700	711,2			7,92	12,70	15,88		9,53				12,70										
					137,36	218,76	272,29		164,90						218,76								
					139,47	222,13	276,48		167,44						222,13								
30	750	762,0	6,35	7,92		12,70	15,88		9,53				12,70										
			118,33	147,28		234,67	292,18		176,84						234,67								
			120,15	149,55		238,28	296,68		179,56						238,28								
32	800	812,8			7,92	12,70	15,88		9,53	17,48			12,70										
					157,20	250,58	312,07		188,78	342,83					250,58								
					159,62	254,44	316,88		191,69	348,11					254,44								
34	850	863,6			7,92	12,70	15,88		9,53	17,48			12,70										
					167,12	266,49	331,97		200,71	364,73					266,49								
					169,70	270,59	337,08		203,81	370,35					270,59								
36	900	914,4			7,92	12,70	15,88		9,53	19,05			12,70										
					177,04	282,40	351,86		212,65	420,61					282,40								
					179,77	288,75	357,28		215,93	427,09					288,75								
38	950	965,2							9,53				12,70										
40	1000	1016,0							9,53				12,70										
42	1050	1066,8							9,53				12,70										
44	1100	1117,6							9,53				12,70										
46	1150	1168,4							9,53				12,70										
48	1200	1219,2							9,53				12,70										

Fila negra: espesor en mm. Black row: wall thickness in mm.

Fila azul: aceros al carbono - peso Kg/metro. Blue row: Carbon Steel - weight Kg/meter

Fila roja: aceros inoxidables - peso Kg/metro. Red row: Stainless Steel - weight Kg/meter

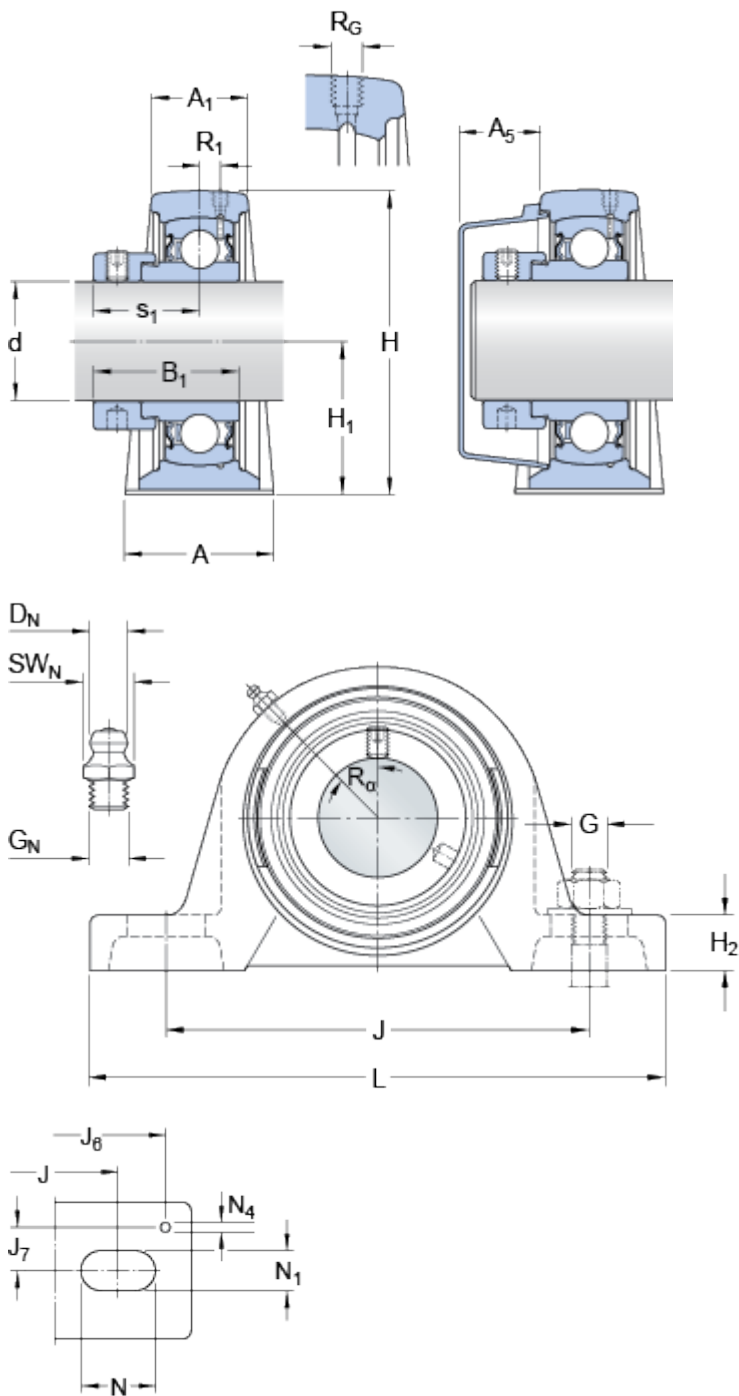
11.3. Anexo 3

SY 45 FM

Material

Fundición

Dimensiones



d	45	mm
A	48	mm
A ₁	32	mm
A ₅	23	mm
B ₁	43.7	mm
H	107	mm
H ₁	54	mm
H ₂	21	mm
J	143.5	mm
J	max. 152	mm
J	min. 135	mm
L	187	mm
N	22.5	mm
N ₁	14	mm
s ₁	32.7	mm

Orificio roscado

R _G	1/4-28 UNF	
R ₁	4	mm
R _α	45	°

Boquilla engrasadora

D _N	6.5	mm
SW _N	7	mm
G _N	1/4-28 SAE-LT	

Fijas de situación

J ₆	173	mm
J ₇	17	mm

N₄

4

mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	33.2	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	21.6	kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.915	kN
Velocidad límite (con tolerancia de eje h6)		4300	r/min

Masa

Unidad de masa	2.15	kg
----------------	------	----

Información de montaje

Tamaño de llave hexagonal para prisionero	N	5	mm
Par de apriete recomendado para el prisionero		16.5	N·m
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	12	mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.5	in

Productos correspondientes

Soporte	SY 509 M
Rodamiento	YET 209

Assosiated products

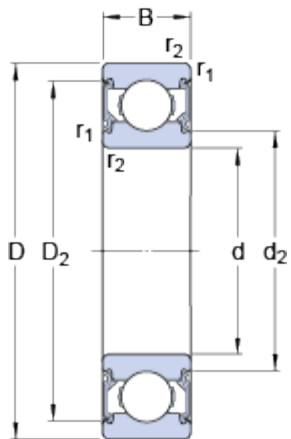
End cover	ECY 209
-----------	---------

11.4. Anexo 4

6005-2RSH

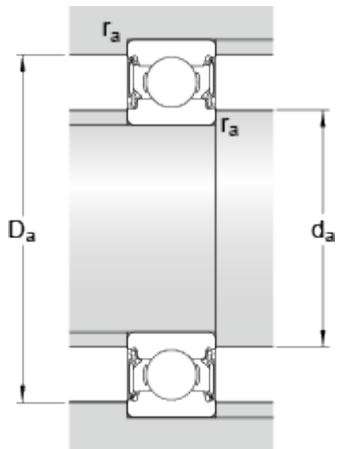
SKF Explorer

Dimensiones



d	25	mm
D	47	mm
B	12	mm
d ₂	≈ 29.45	mm
D ₂	≈ 42.2	mm
r _{1,2}	min. 0.6	mm

Dimensiones de los resaltes



d _a	min.	28.2	mm
d _a	max.	29.5	mm
D _a	max.	43.8	mm
r _a	max.	0.6	mm

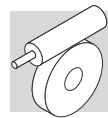
Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	11.9	kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	6.55	kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.275	kN
Velocidad límite		9500	r/min
Factor de cálculo	k _r	0.025	
Factor de cálculo	f ₀	14	

Masa

Rodamiento de masa		0.081	kg
--------------------	--	-------	----

11.5. Anexo 5



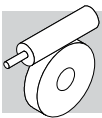
W 63 - WR 63

190 Nm

		i	η _s %	n ₁ = 2800 min ⁻¹					n ₁ = 1400 min ⁻¹								
				n ₂ min ⁻¹	M _{n2} Nm	P _{n1} kW	R _{n1} N	R _{n2} N	η _d %	n ₂ min ⁻¹	M _{n2} Nm	P _{n1} kW	R _{n1} N		R _{n2} N	η _d %	
W 63	W 63_7	7	70	400	105	4.9	480	1010	90	200	120	2.9	480	1550	88	169	
	W 63_10	10	66	280	125	4.2	370	1360	88	140	140	2.4	480	1840	86		
	W 63_12	12	63	233	125	3.5	435	1540	87	117	140	2.0	480	2070	85		
	W 63_15	15	59	187	125	2.8	410	1770	86	93	150	1.8	480	2280	83		
	W 63_19	19	55	147	130	2.4	310	1990	84	74	150	1.4	480	2600	81		
	W 63_24	24	52	117	130	1.9	370	2250	82	58	155	1.2	480	2890	78		
	W 63_30	30	44	93	125	1.6	440	2540	78	47	160	1.1	460	3170	74		
	W 63_38	38	40	74	130	1.3	330	2800	75	37	155	0.85	480	3580	70		
	W 63_45	45	37	62	130	1.2	380	3020	73	31	145	0.71	480	3920	67		
	W 63_64	64	31	44	110	0.75	480	3650	67	21.9	125	0.47	480	4680	61		
	W 63_80	80	27	35	100	0.59	480	4050	62	17.5	115	0.38	480	5000	56		
	W 63_100	100	23	28	100	0.51	480	4420	58	14.0	115	0.33	480	5000	51		
					n ₁ = 900 min ⁻¹					n ₁ = 500 min ⁻¹							
		W 63_7	7	70	129	130	2.0	480	1870	87	71	140	1.2	480	2420	84	169
		W 63_10	10	66	90	150	1.7	480	2220	84	50	165	1.1	480	2830	81	
		W 63_12	12	63	75	150	1.4	480	2480	82	42	165	0.92	480	3140	79	
		W 63_15	15	59	60	160	1.3	480	2740	80	33	180	0.83	480	3430	76	
		W 63_19	19	55	47	160	1.0	480	3100	78	26.3	180	0.68	480	3860	73	
		W 63_24	24	52	38	165	0.86	480	3440	75	20.8	185	0.58	480	4280	70	
		W 63_30	30	44	30	170	0.76	480	3770	70	16.7	190	0.52	480	4690	64	
	W 63_38	38	40	23.7	165	0.62	480	4240	66	13.2	185	0.42	480	5000	61		
	W 63_45	45	37	20.0	155	0.52	480	4630	63	11.1	170	0.34	480	5000	58		
	W 63_64	64	31	14.1	135	0.35	480	5000	56	7.8	150	0.24	480	5000	51		
	W 63_80	80	27	11.3	125	0.28	480	5000	52	6.3	135	0.19	480	5000	46		
	W 63_100	100	23	9.0	120	0.25	480	5000	46	5.0	130	0.17	480	5000	41		

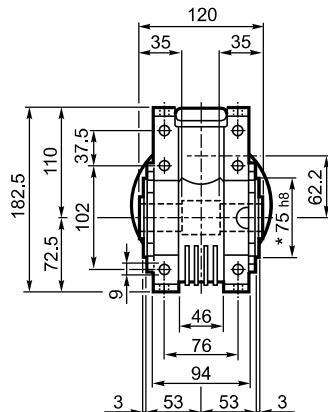
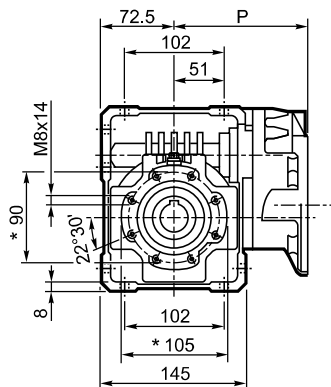
220 Nm

		i	η _s %	n ₁ = 2800 min ⁻¹					n ₁ = 1400 min ⁻¹								
				n ₂ min ⁻¹	M _{n2} Nm	P _{n1} kW	R _{n1} N	R _{n2} N	η _d %	n ₂ min ⁻¹	M _{n2} Nm	P _{n1} kW	R _{n1} N		R _{n2} N	η _d %	
WR 63	WR 63_21	21	69	133	130	2.1	180	1840	87	67	140	1.2	320	2510	84	171	
	WR 63_30	30	65	93	150	1.7	300	2180	84	47	165	1.0	320	2920	81		
	WR 63_36	36	62	78	150	1.5	320	2430	82	39	165	0.85	320	3240	79		
	WR 63_45	45	58	62	160	1.3	320	2690	80	31	180	0.77	320	3540	76		
	WR 63_57	57	54	49	160	1.1	320	3050	78	24.6	180	0.63	320	3980	73		
	WR 63_72	72	51	39	165	0.90	320	3390	75	19.4	185	0.54	320	4410	70		
	WR 63_90	90	44	31	170	0.79	320	3710	70	15.6	190	0.48	320	4830	64		
	WR 63_114	114	39	24.6	165	0.62	320	4170	68	12.3	185	0.39	320	5000	61		
	WR 63_135	135	36	20.7	155	0.53	320	4560	63	10.4	170	0.32	320	5000	58		
	WR 63_192	192	30	14.6	135	0.37	320	5000	56	7.3	150	0.22	320	5000	51		
	WR 63_240	240	26	11.7	125	0.29	320	5000	52	5.8	135	0.18	320	5000	46		
	WR 63_300	300	22	9.3	120	0.25	320	5000	46	4.7	130	0.15	320	5000	41		
					n ₁ = 900 min ⁻¹					n ₁ = 500 min ⁻¹							
		WR 63_21	21	69	43	155	0.85	320	2960	82	23.8	170	0.53	320	3750	80	171
		WR 63_30	30	65	30	180	0.72	320	3470	79	16.7	200	0.45	320	4360	77	
		WR 63_36	36	62	25.0	180	0.61	320	3830	77	14.0	200	0.40	320	4790	74	
		WR 63_45	45	58	20.0	190	0.54	320	4230	74	11.1	200	0.33	320	5000	71	
		WR 63_57	57	54	15.8	190	0.44	320	4740	71	8.8	200	0.27	320	5000	68	
		WR 63_72	72	51	12.5	190	0.37	320	5000	68	6.9	190	0.22	320	5000	64	
		WR 63_90	90	44	10.0	205	0.35	320	5000	62	5.6	220	0.22	320	5000	58	
	WR 63_114	114	39	7.9	200	0.29	320	5000	58	4.4	210	0.18	320	5000	54		
	WR 63_135	135	36	6.7	180	0.23	320	5000	54	3.7	190	0.15	320	5000	50		
	WR 63_192	192	30	4.7	150	0.16	320	5000	47	2.6	150	0.10	320	5000	43		
	WR 63_240	240	26	3.8	140	0.13	320	5000	43	2.1	140	0.08	320	5000	39		
	WR 63_300	300	22	3.0	130	0.11	320	5000	38	1.7	130	0.07	320	5000	34		

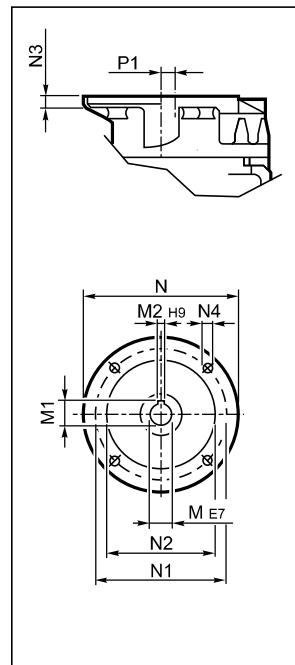


WR 63...P (IEC)

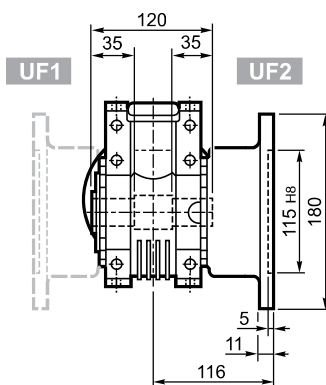
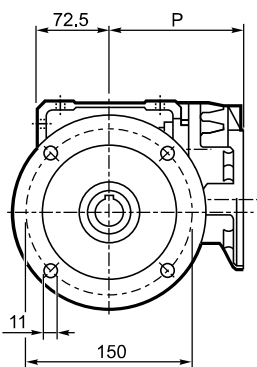
U



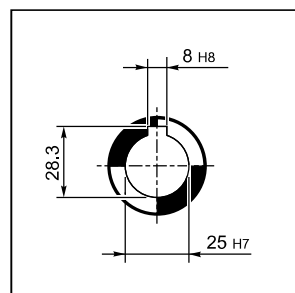
INPUT



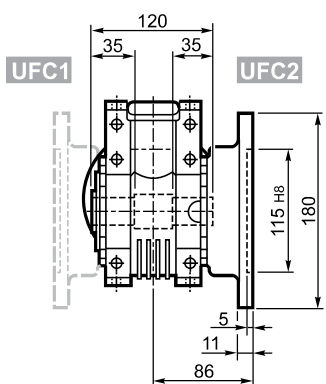
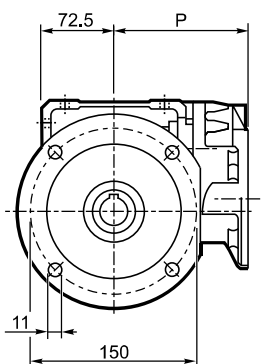
UF_



OUTPUT

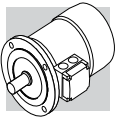





UFC_



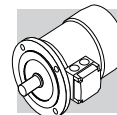
		M	M1	M2	N	N1	N2	N3	N4	P	P1	
WR 63	P63 B5	11	12.8	4	140	115	95	10	M8x10	133.5	11.42	7.1
WR 63	P71 B5	14	16.3	5	160	130	110	10	M8x10	133.5	11.42	

* De ambos lados

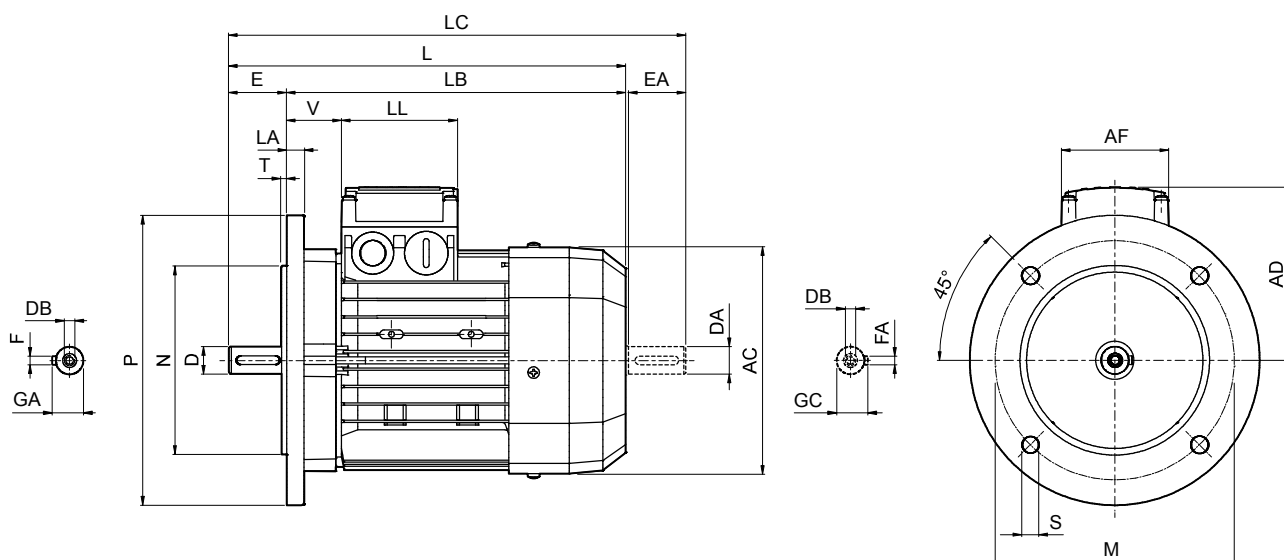


6P		1000 min ⁻¹ - S1												50 Hz													
P _n kW		n min ⁻¹	M _n Nm	IE1	η (100%) %	η (75%) %	η (50%) %	cosφ	In 400V A	Is In %	Ms Mn %	Ma Mn %	J _m x 10 ⁻⁴ kgm ²	IM B5 	freno C.C.					freno C.a.							
															FD					FA							
															Mod	Mb Nm	Z ₀ 1/h	NB	SB	Mod	Mb Nm	Z ₀ 1/h	IM B5 	J _m x 10 ⁻⁴ kgm ²	Mod	Mb Nm	Z ₀ 1/h
0.09	BN 63A	6	0.98	○	41.0	41.0	32.9	0.53	0.60	2.1	2.1	1.8	3.4	4.6	FD 02	3.5	9000	14000	9000	14000	FA 02	3.5	14000	4.0	6.3	4.0	6.1
0.12	BN 63B	6	1.32	○	45.0	44.0	41.8	0.60	0.64	2.1	1.9	1.7	3.7	4.9	FD 02	3.5	9000	14000	9000	14000	FA 02	3.5	14000	4.3	6.6	4.3	6.4
0.18	BN 71A	6	1.91	○	55.0	55.5	51.0	0.69	0.68	2.6	1.9	1.7	8.4	5.5	FD 03	5	8100	13500	8100	13500	FA 03	5.0	13500	9.5	8.2	9.5	7.9
0.25	BN 71B	6	2.70	○	62.0	58.5	51.4	0.71	0.82	2.6	1.9	1.7	10.9	6.7	FD 03	5	7800	13000	7800	13000	FA 03	5.0	13000	12	9.4	12	9.1
0.37	BN 71C	6	3.9	○	66.0	60.0	53.3	0.69	1.17	3.0	2.4	2.0	12.9	7.7	FD 53	7.5	5100	9500	5100	9500	FA 03	7.5	9500	14	10.4	14	10.1
0.37	BN 80A	6	3.9	○	68.0	67.4	63.3	0.68	1.15	3.2	2.2	2.0	21	9.9	FD 04	10	5200	8500	5200	8500	FA 04	10	8500	23	13.8	23	13.7
0.55	BN 80B	6	5.7	○	70.0	69.8	64.3	0.68	1.67	3.9	2.6	2.2	25	11.3	FD 04	15	4800	7200	4800	7200	FA 04	15	7200	27	15.2	27	15.1
0.75	BN 80C	6	7.8	●	70.0	70.0	64.4	0.65	2.38	3.8	2.5	2.2	28	12.2	FD 04	15	3400	6400	3400	6400	FA 04	15	6400	30	16.1	30	16.0
0.75	BN 90S	6	7.8	●	70.0	69.0	64.2	0.68	2.27	3.8	2.4	2.2	26	12.6	FD 14	15	3400	6500	3400	6500	FA 14	15	6500	28	16.8	28	16.7
1.1	BN 90L	6	11.4	●	72.9	72.6	69.1	0.69	3.2	3.9	2.3	2.0	33	15	FD 05	26	2700	5000	2700	5000	FA 05	26	5000	37	21	37	22
1.5	BN 100LA	6	15.2	●	75.2	74.2	70.3	0.72	4.0	4.1	2.1	2.0	82	22	FD 15	40	1900	4100	1900	4100	FA 15	40	4100	86	28	86	29
1.85	BN 100LB	6	19.0	●	76.6	72.8	62.6	0.73	4.8	4.6	2.1	2.0	95	24	FD 15	40	1700	3600	1700	3600	FA 15	40	3600	99	30	99	31
2.2	BN 112M	6	22	●	78.5	79.0	76.5	0.73	5.5	4.8	2.2	2.0	168	32	FD 06S	60	—	2100	—	2100	FA 06S	60	2100	177	42	177	44
3	BN 132S	6	30	●	79.7	77.0	75.1	0.76	7.1	5.1	1.9	1.8	216	36	FD 56	75	—	1400	—	1400	FA 06	75	1400	226	49	226	50
4	BN 132MA	6	40	●	81.4	81.5	79.5	0.77	9.2	5.5	2.0	1.8	295	45	FD 06	100	—	1200	—	1200	FA 07	100	1200	318	58	318	63
5.5	BN 132MB	6	56	●	83.1	80.9	79.1	0.78	12.2	6.1	2.1	1.9	383	56	FD 07	150	—	1050	—	1050	FA 07	150	1050	406	72	406	74
7.5	BN 160M	6	75	●	85.0	85.0	84.8	0.81	15.7	5.9	2.2	2.0	740	83	FD 08	170	—	900	—	900	FA 08	170	900	815	112	815	113
11	BN 160L	6	109	●	86.4	86.5	85.9	0.81	22.7	6.6	2.5	2.3	970	103	FD 08	200	—	800	—	800	FA 08	200	800	1045	133	1045	133
15	BN 180L	6	148	●	87.7	88.0	87.3	0.82	30	6.2	2.0	2.4	1550	130	FD 09	300	—	600	—	600	FA 08	200	800	1750	170	1750	170
18.5	BN 200LA	6	184	●	88.6	88.0	87.3	0.81	37	5.9	2.0	2.3	1700	145	FD 09	400	—	450	—	450	FA 08	200	800	1900	185	1900	185

○ = n.a. ● = IE1



BN - IM B5



	Eje					Brida					Motor									
	D DA	E EA	DB	GA GC	F FA	M	N	P	S	T	LA	AC	L	LB	LC	AD	AF	LL	V	
BN 56	9	20	M3	10.2	3	100	80	120	7	3	8	110	185	165	207	91	74	80	34	
BN 63	11	23	M4	12.5	4	115	95	140	9.5		10	121	207	184	232				95	26
BN 71	14	30	M5	16	5	130	110	160			11.5	11.5	138	249	219				281	108
BN 80	19	40	M6	21.5	6	165	130	200	11.5	3.5	11.5	156	274	234	315	119	98	98	38	
BN 90	24	50	M8	27	8							176	326	276	378	133			44	
BN 100	28	60	M10	31	8	215	180	250	14	4	14	195	367	307	429	142	98	98	50	
BN 112											15	219	385	325	448	157			52	
BN 132											20	258	493	413	576	193			118	118
BN 160 MR	42 38 (1)	110 80 (1)	M16 M12 (1)	45 41 (1)	12 10 (1)	300	250	350	18.5	5	15	258	562	452	645	245	187	187	218	
BN 160 M												310	596	486	680	51				
BN 160 L												310	640	530	724	51				
BN 180 M	48 38 (1)	110 110 (1)	M16 M12 (1)	51.5 41 (1)	14 10 (1)	350	300	400	18.5	5	18	348	708	598	823	261	187	187	52	
BN 180 L	48 42 (1)		M16 M16 (1)	51.5 45 (1)	14 12 (1)								722	612	837				66	
BN 200 L	55 42 (1)		M20 M16 (1)	59 45 (1)	16 12 (1)								66							

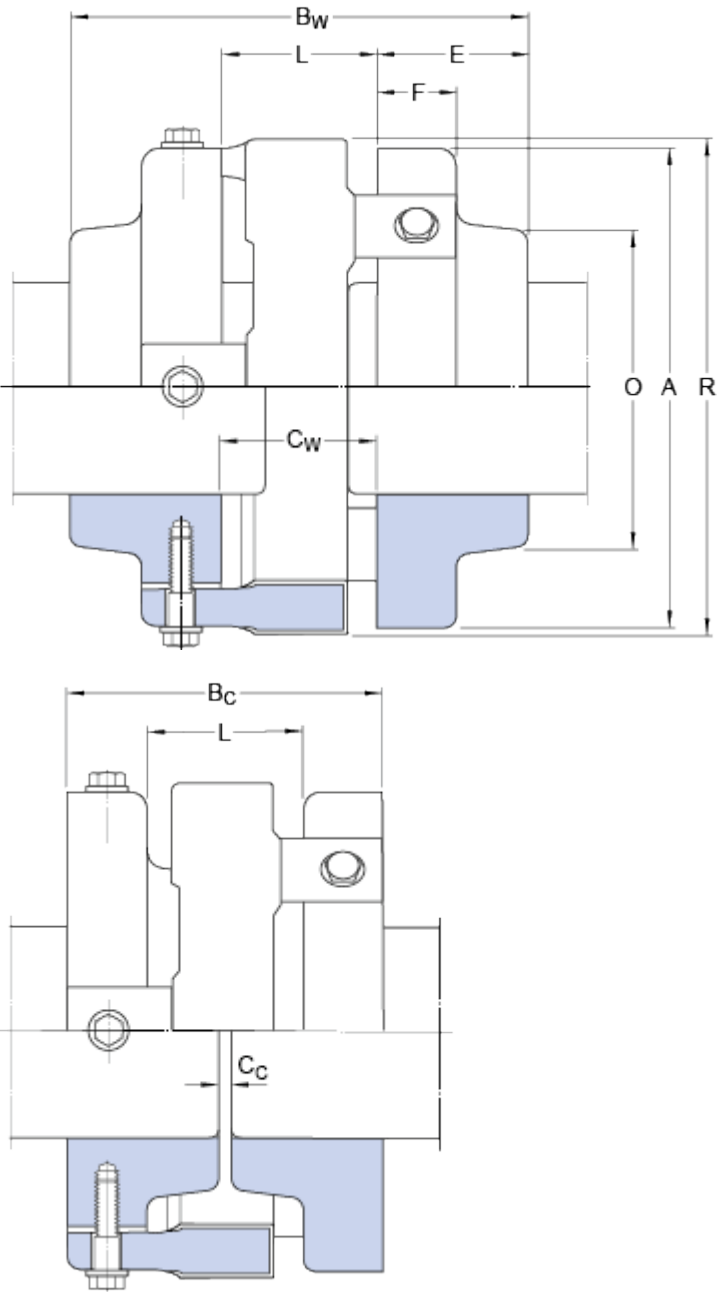
N.B.:

1) Estas dimensiones están referidas a la segunda extremidad del eje.

11.6. Anexo 6

ECCN 040 R

Dimensions



Shaft diameter

min.	14	mm
max.	50	mm

Other dimensions

A	137	mm
B _w	130	mm
C _w	41	mm
E	44	mm
F	25	mm
L	41	mm
O	70	mm
R	144	mm

Both hubs reversed

B _c	92	mm
C _c	3	mm

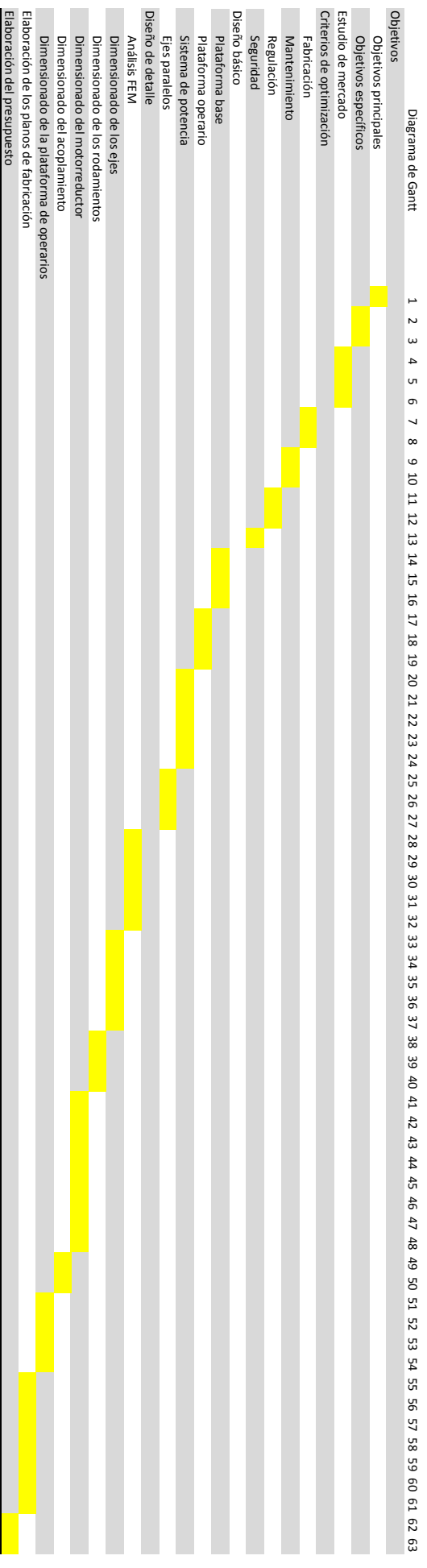
Calculation data

Torque, continuous	max.	0.082	kN·m
Speed	max.	4100	r/min

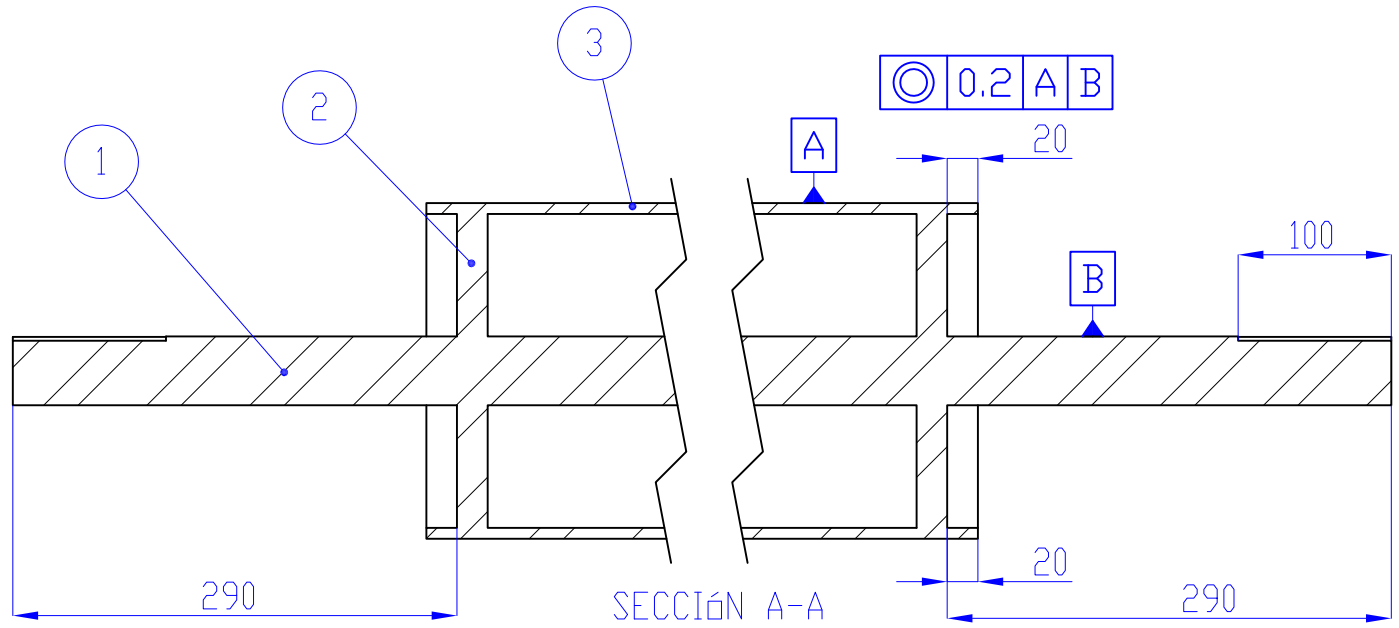
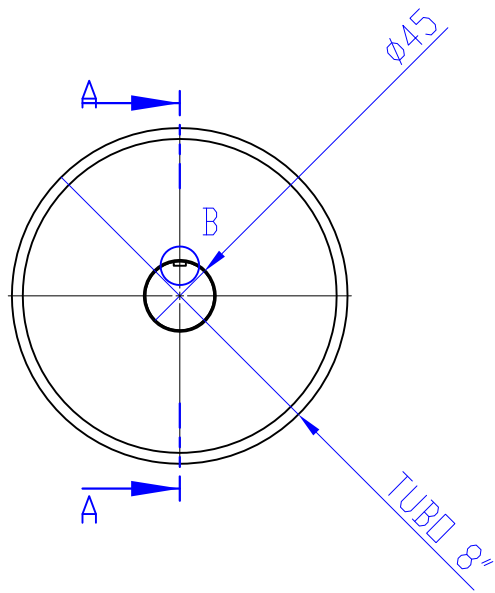
Mass

Mass elastic coupling		3	kg
-----------------------	--	---	----

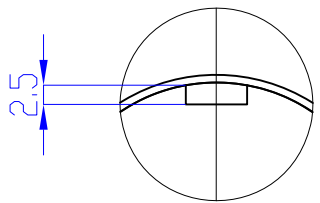
11.7. Anexo 7



11.8. Anexo 8



⊙ 0.2 A B

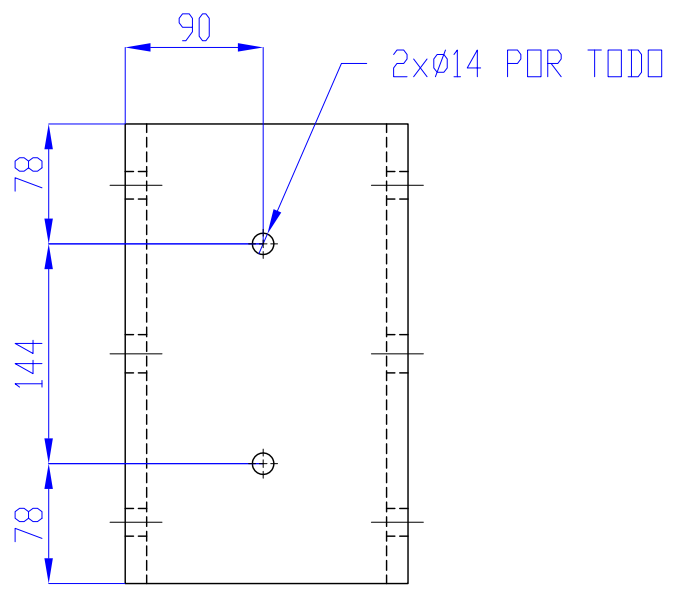
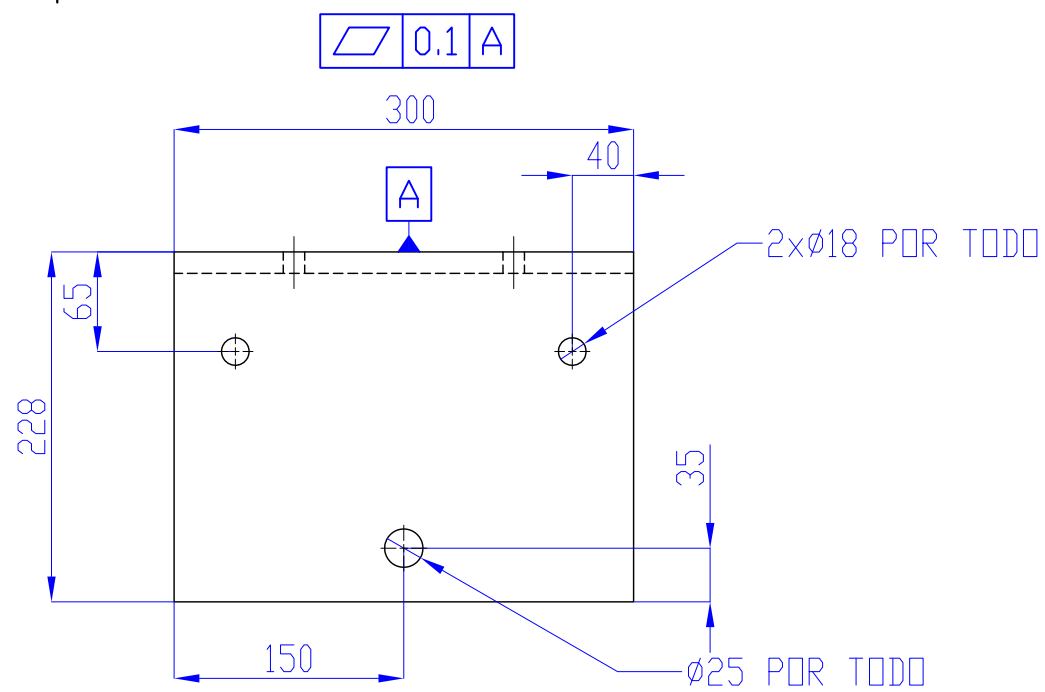
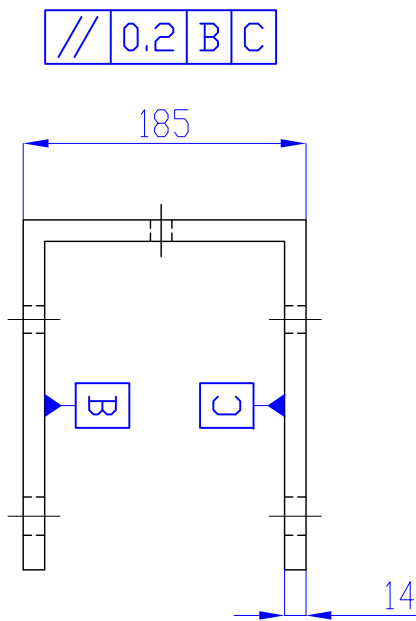


DETALLE B
ESCALA 1 : 1

- 1.- REPASAR ARISTAS VIVAS
- 2.- VER RESTO DE COTAS EN MODELO CAD
- 3.- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
- 4.- TOLERANCIAS DE ACUERDO A DIN 2768-ck
- 5.- SE DEBE GARANTIZAR LA COAXIALIDAD ENTRE EJE-TUBO

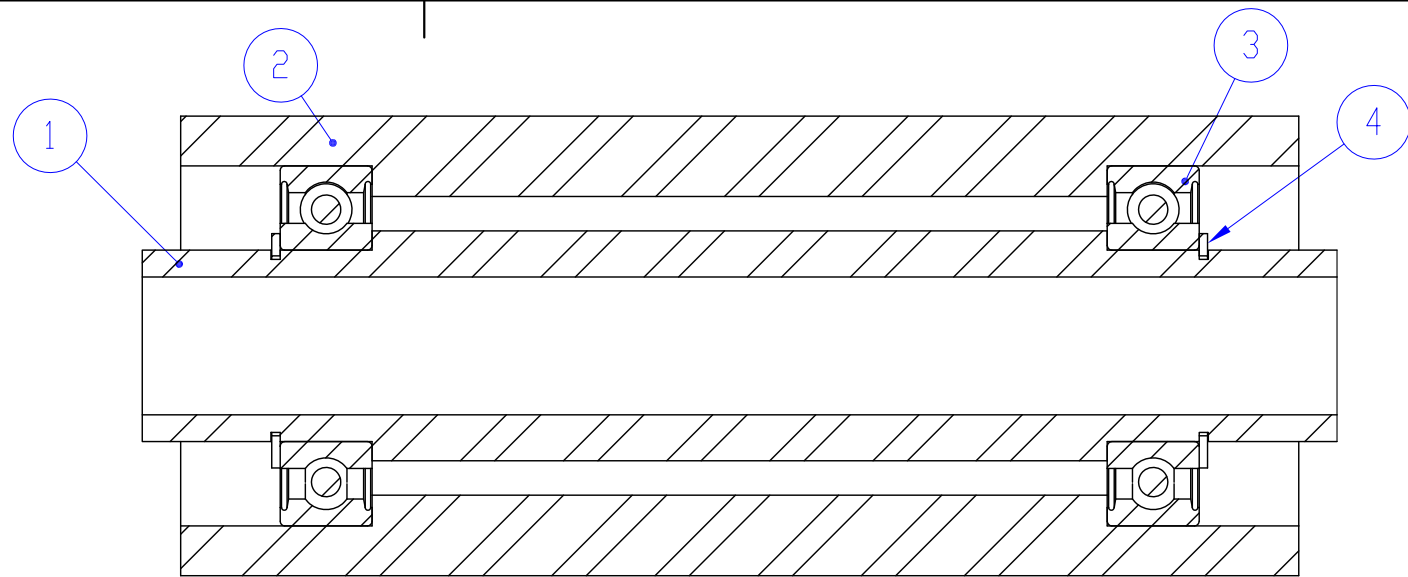
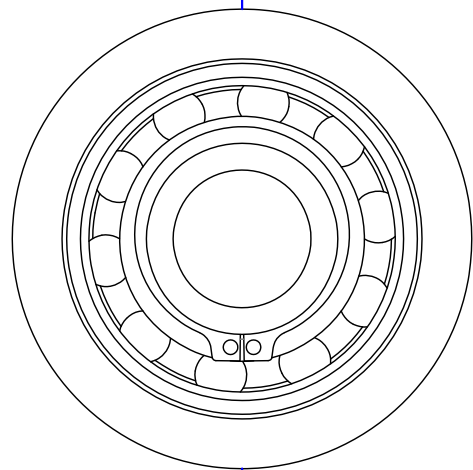
Ítem	Descripción	Dimensiones	Uds
1	Eje acero F114	L1720 x Ø45	1
2	Chapa circular Acero carbono	Ø204xØ46x20	2
3	Tubo acero al carbono 8" SCH STD	L1180	1

TÍTULO: Plano fabricación rodillos			
N.º DE DIBUJO JC_2018_001			A4
DIBUJ. JAVIER CORDERO			REVISIÓN 3
ESCALA: 1:5	PESO: 75KG	HOJA 1 DE 1	

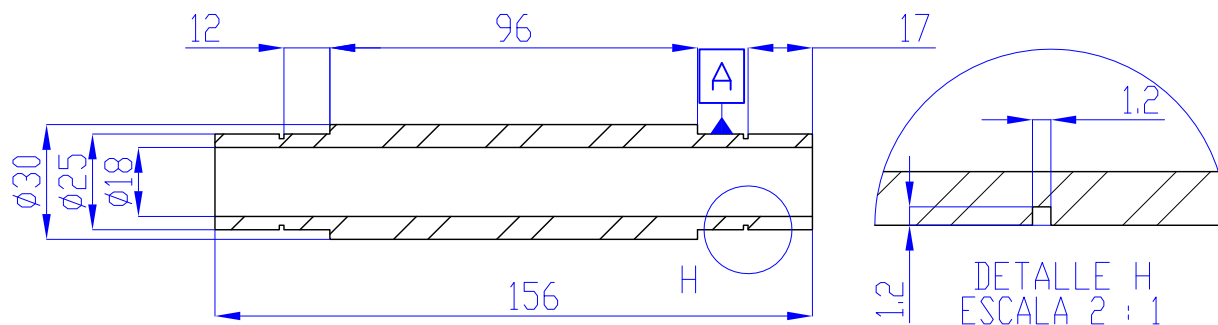
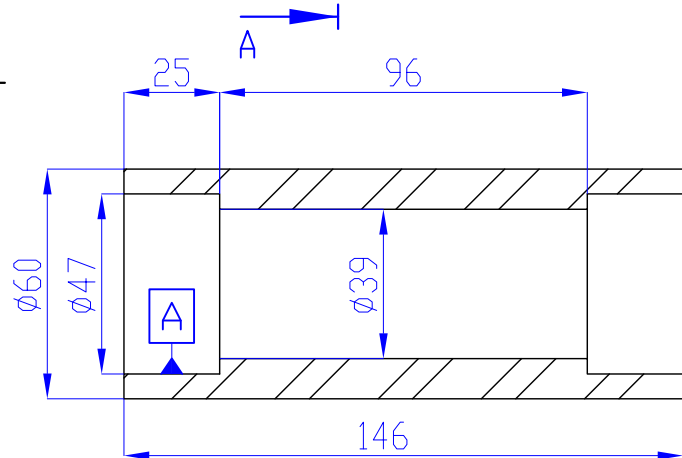


- 1.- REPASAR ARISTAS VIVAS
- 2.- VER RESTO DE COTAS EN MODELO CAD
- 3.- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
- 4.- TOLERANCIAS DE ACUERDO A DIN 2768-cK
- 5.- LA CARA "A" DEBERÁ RECTIFICARSE PARA BUEN ASIENTO CON RODAMIENTO
- 6.- SE PERMITE LA FABRICACIÓN EN TRES PIEZAS CON SOLDADURA. HABRÁ QUE GARANTIZAR LA PERPENDICULARIDAD Y PARALELISMO.
- 7.- MATERIAL ACERO AL CARBONO

TÍTULO:			Plano chapa anclaje rodillos		
N.º DE DIBUJO		JC_2018_002		A4	
DIBUJ.		JAVIER CORDERO		REVISIÓN 3	
ESCALA:		1:5		HOJA 1 DE 1	
PESO:		21KG			



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1



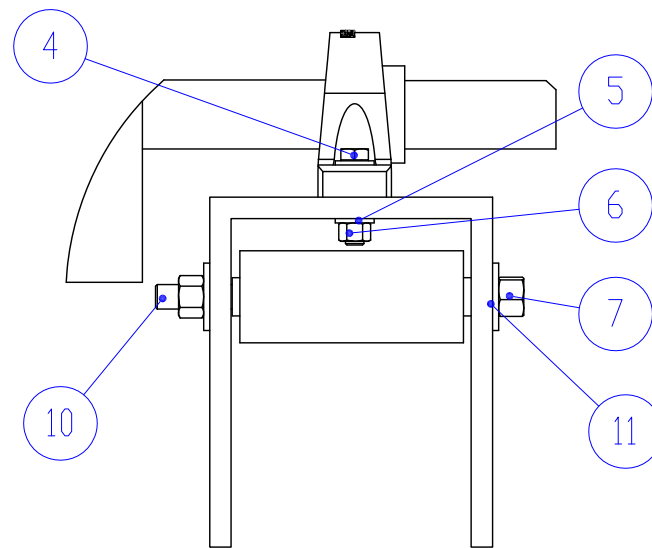
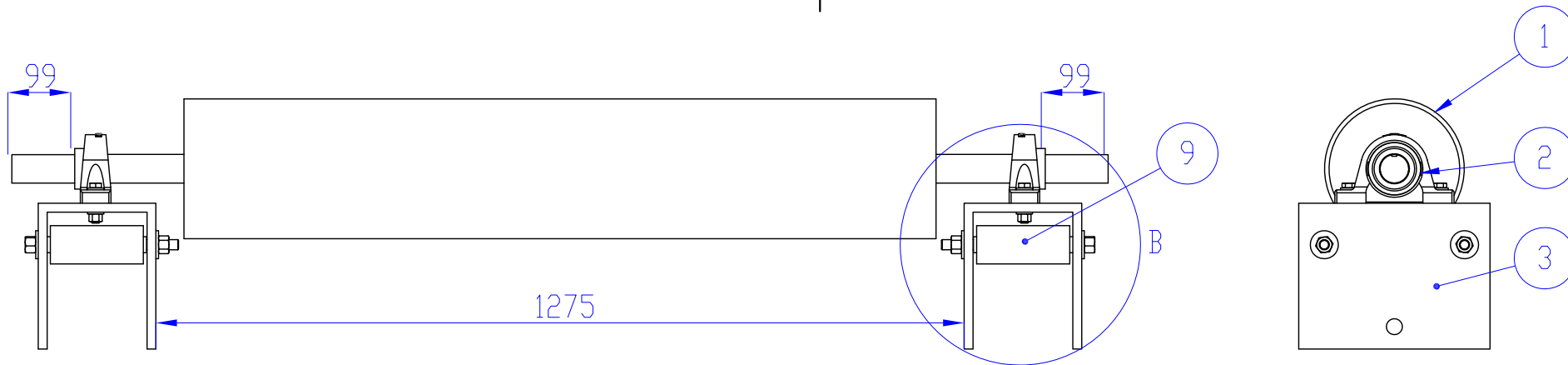
DETALLE H
ESCALA 2 : 1

- 1.- REPASAR ARISTAS VIVAS
- 2.- VER RESTO DE COTAS EN MODELO CAD
- 3.- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
- 4.- TOLERANCIAS DE ACUERDO A DIN 2768-ck

— 0.1 A

Ítem	Descripción	Dimensiones	Uds
1	Pieza interior eje acero carbono	ver plano	1
2	Pieza exterior eje acero carbono	ver plano	1
3	Rodamiento SKF 6005	comercial	2
4	Circlip B27.7M 3AM1-25	comercial	2

TÍTULO: Eje regulación rodillos		A4
N.º DE DIBUJO JC_2018_003		REVISIÓN 3
DIBUJ. JAVIER CORDERO	ESCALA: 1:2	PESO: 2.5KG
		HOJA 1 DE 1

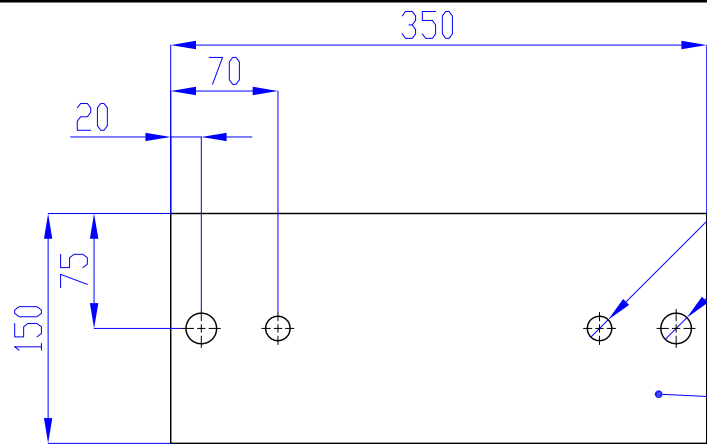


DETALLE B
ESCALA 1 : 5

- 1.- REPARAR ARISTAS VIVAS
- 2.- VER RESTO DE COTAS EN MODELO CAD
- 3.- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
- 4.-TOLERANCIAS DE ACUERDO A DIN 2768-cK

ítem	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Rodillo	1
2	Rodamiento SKF SY45FM+YET 209	2
3	Chapa anclaje rodillos	2
4	Tornillo cabeza hexagonal M12x55 B18.2.3.1M	4
5	Arandela plana Ø12 B18.22M	8
6	Tuerca hexagonal M12 B18.2.4.2M	4
7	Tuerca hexagonal M16 B18.2.4.2M	8
9	Eje regulación rodillos	4
10	Varilla roscada M16 L240	4
11	Arandela plana Ø16 B18.22M	8

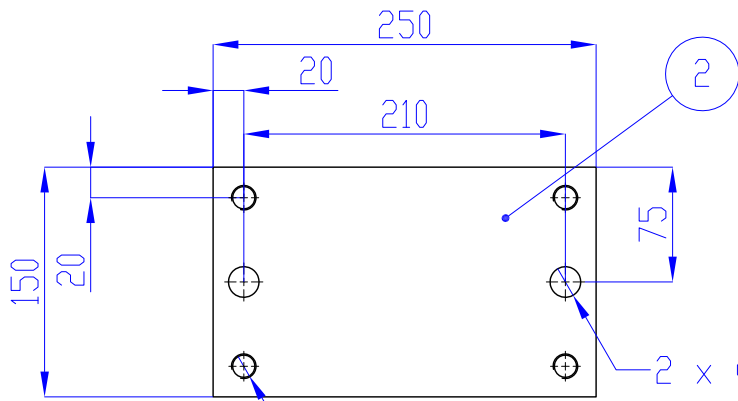
TÍTULO: Plano montaje rodillo móvil	
N.º DE DIBUJO JC_2018_004	A4
REVISIÓN 3	
DIBUJ. JAVIER CORDERO	ESCALA: 1:10 PESO: 125KG
HOJA 1 DE 1	



Varilla roscada M16 soldada. Altura libre 70mm

2 x $\varnothing 20$ POR TODO

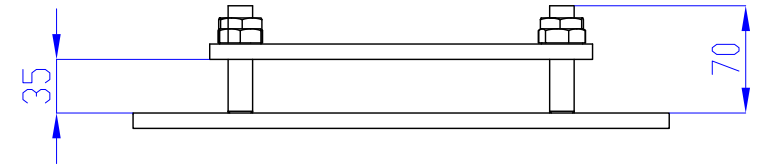
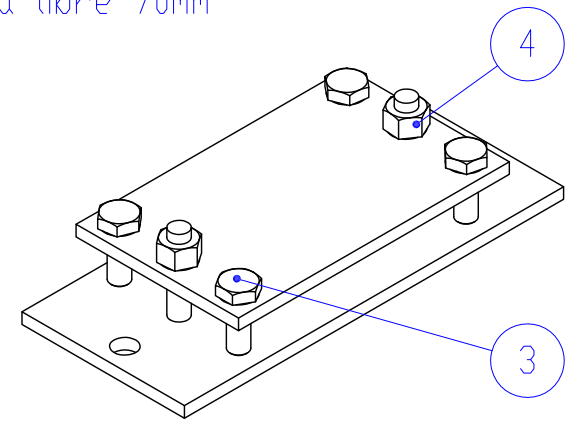
1



2

2 x $\varnothing 20$ POR TODO

4 x $\varnothing 14.5$ POR TODO
M16x1.5 - 6H POR TODO

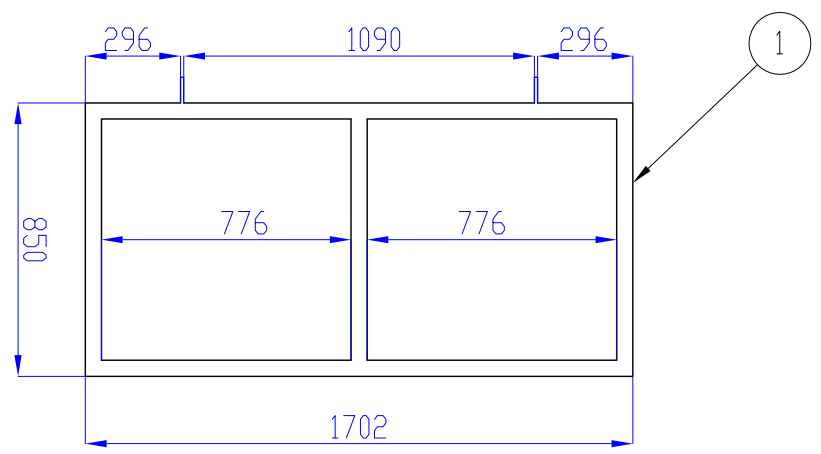
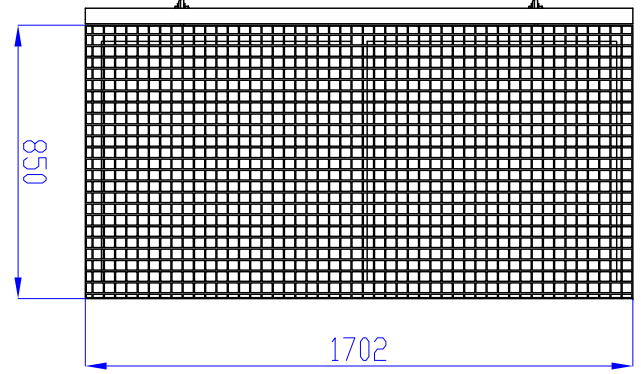
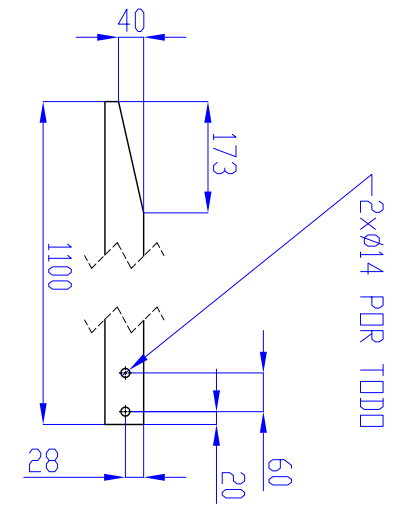
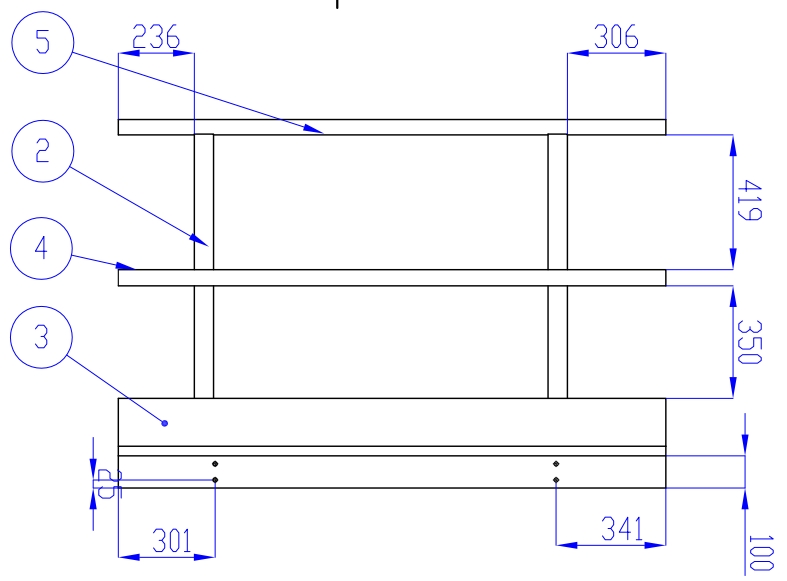
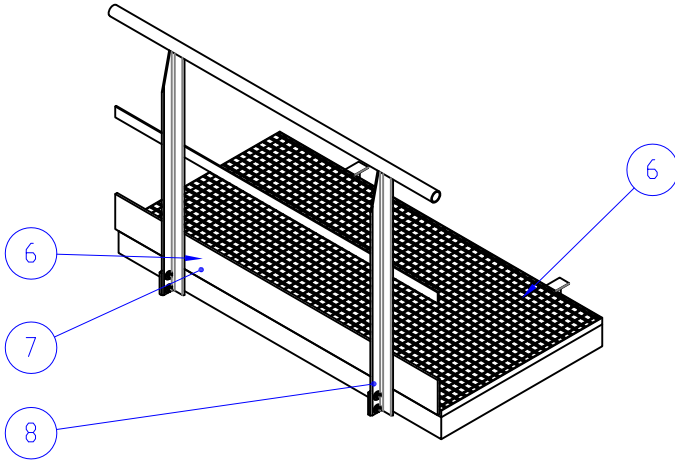


- 1- REPASAR ARISTAS VIVAS
- 2- VER RESTO DE COTAS EN MODELO CAD
- 3- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
- 4- TOLERANCIAS DE ACUERDO A DIN 2768-ck

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Dimensiones	CANTIDAD
1	Chapa acero carbono	350x150x10	1
2	Chapa acero carbono	250x150x10	1
3	Tornillo hexagonal M16x45 ISO7412	--	4
4	Tuerca hexagonal M16 ISO 4775	--	2

TÍTULO: Ensamblaje patas
anclaje al suelo con
regulación

N.º DE DIBUJO JC_2018_005		A4
DIBUJ. JAVIER CORDERO		REVISIÓN 3
ESCALA: 1:5	PESO: 1KG	HOJA 1 DE 1



N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Plataforma UPN100 S275JR	1
2	Angular L60 S275JR	2
3	Pletina 160x100 S275JR	1
4	Pletina 50x5 S275JR	1
5	Tubo 1 1/2" S275JR	1
6	Rejilla electrosoldada S235JR	1
7	Tuerca hexagonal M12 B18.2.4.1M	4
8	Arandela plana 12mm B18.22M	8
9	Tornillo hexagonal M12x35 B18.2.3.1M	4

- 1- REPARAR ARISTAS VIVAS
- 2- VER RESTO DE COTAS EN MODELO CAD
- 3- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
- 4- TOLERANCIAS DE ACUERDO A DIN 2768-cK

TÍTULO: Ensamblaje plataforma para operarios	
N.º DE DIBUJO: JC_2018_006	A4
REVISIÓN 3	
DIBUJ.: JAVIER CORDERO	ESCALA: S/E
PESO: 144KG	HOJA 1 DE 1

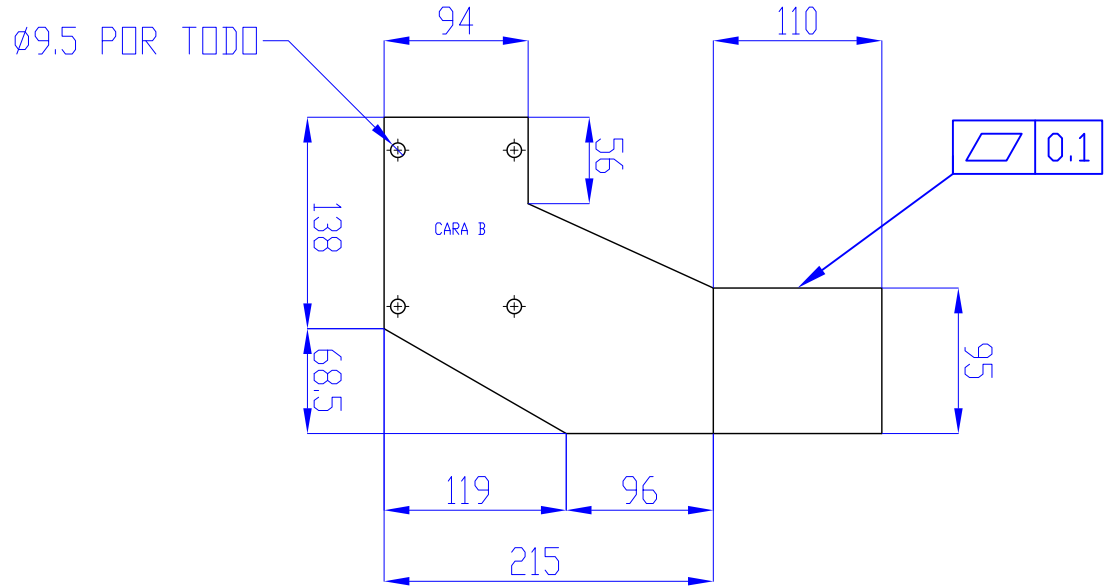
6 5 4 3 2 1

D

C

B

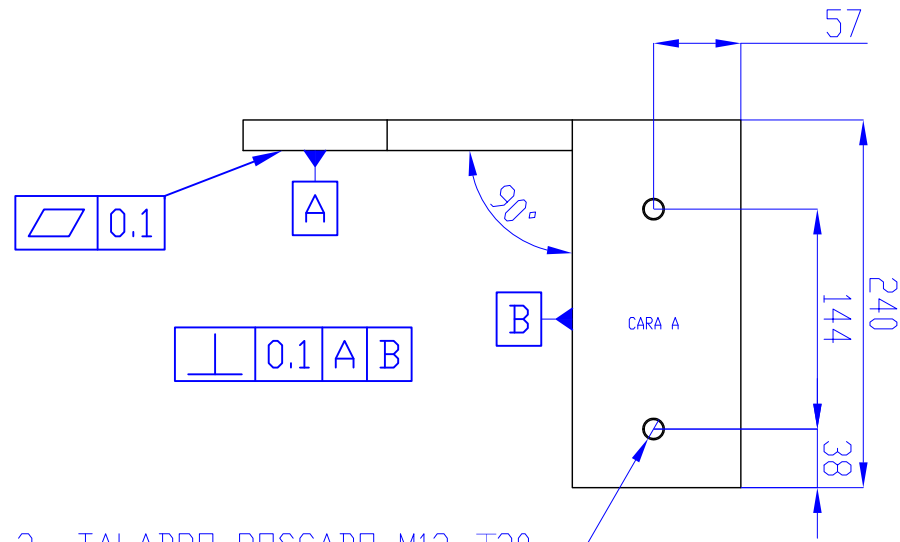
A



Ø9.5 POR TODO

CARA B

0.1



0.1

A

90°

B

CARA A

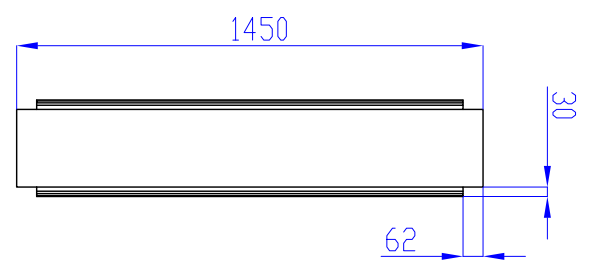
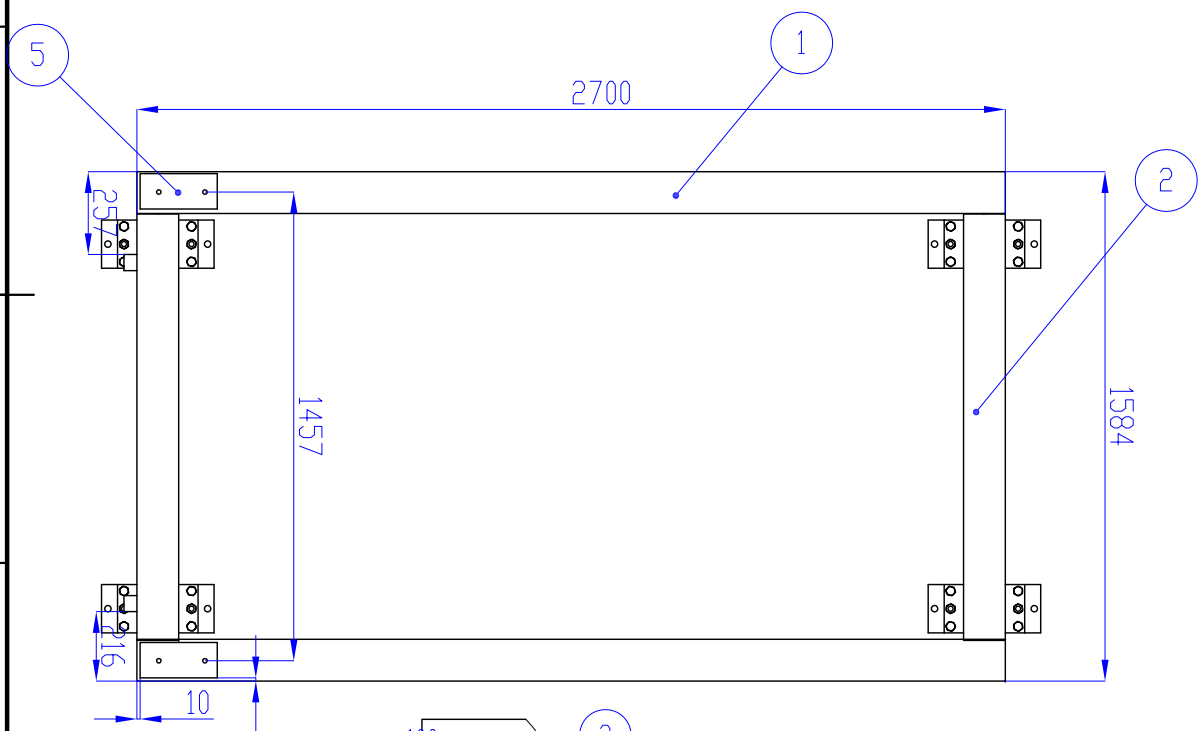
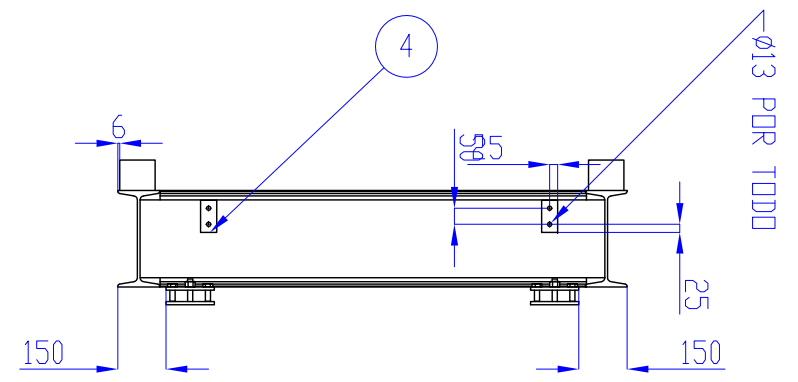
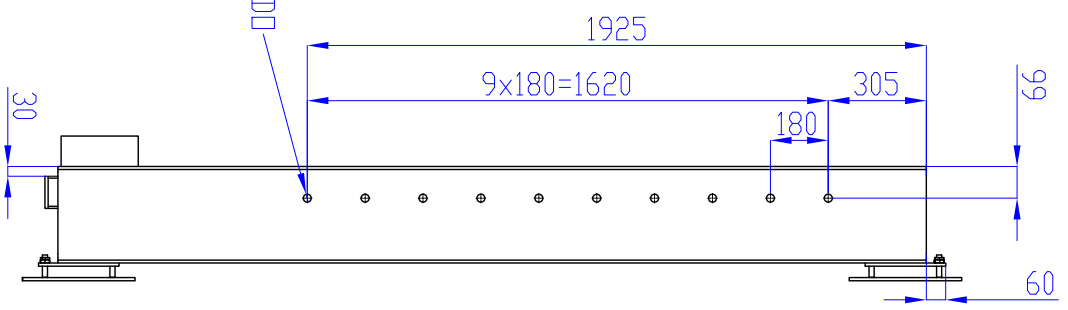
0.1 A B

2x TALADRO ROSCADO M12 ∇30

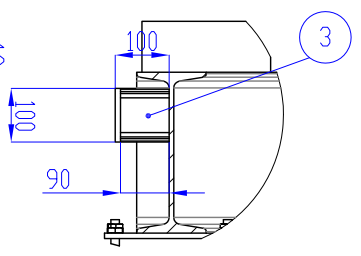
- 1.- REPASAR ARISTAS VIVAS
- 2.- VER RESTO DE COTAS EN MODELO CAD
- 3.- LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
- 4.-TOLERANCIAS DE ACUERDO A DIN 2768-ck
- 5.- LA CARA 'A' Y 'B' DEBERÁ RECTIFICARSE PARA BUEN ASIENTO CON RODAMIENTO Y MOTORREDUCTOR
- 6.-SE PERMITE LA FABRICACIÓN EN DOS PIEZAS CO SOLDADURA. HABRÁ QUE GARANTIZAR LA PERPENDICULARIDAD.

TÍTULO: Bloque sujeción rodillo y motorreductor		
N.º DE DIBUJO JC_2018_007	A4	
REVISIÓN 3		
DIBUJ. JAVIER CORDERO	ESCALA: 1:5	PESO: 24.3KG
HOJA 1 DE 1		

6 5 4 3 2 1



ÍTEM 2 DETALLE ESCOTADO



DETALLE ANCLAJE
ESCALA 1 : 10

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	UDs
1	IPE300 275JR TALADRADA	L2700	2
2	IPE300 S275JR ESCOTADA S/PLANO	L1450	2
3	UPN100 ACERO AL CARBONO	L90	2
4	CHAPA ACERO AL CARBONO	100X50X10	2
5	BLOQUE ANCLAJE RODILLO FIJO	240X110X95	2

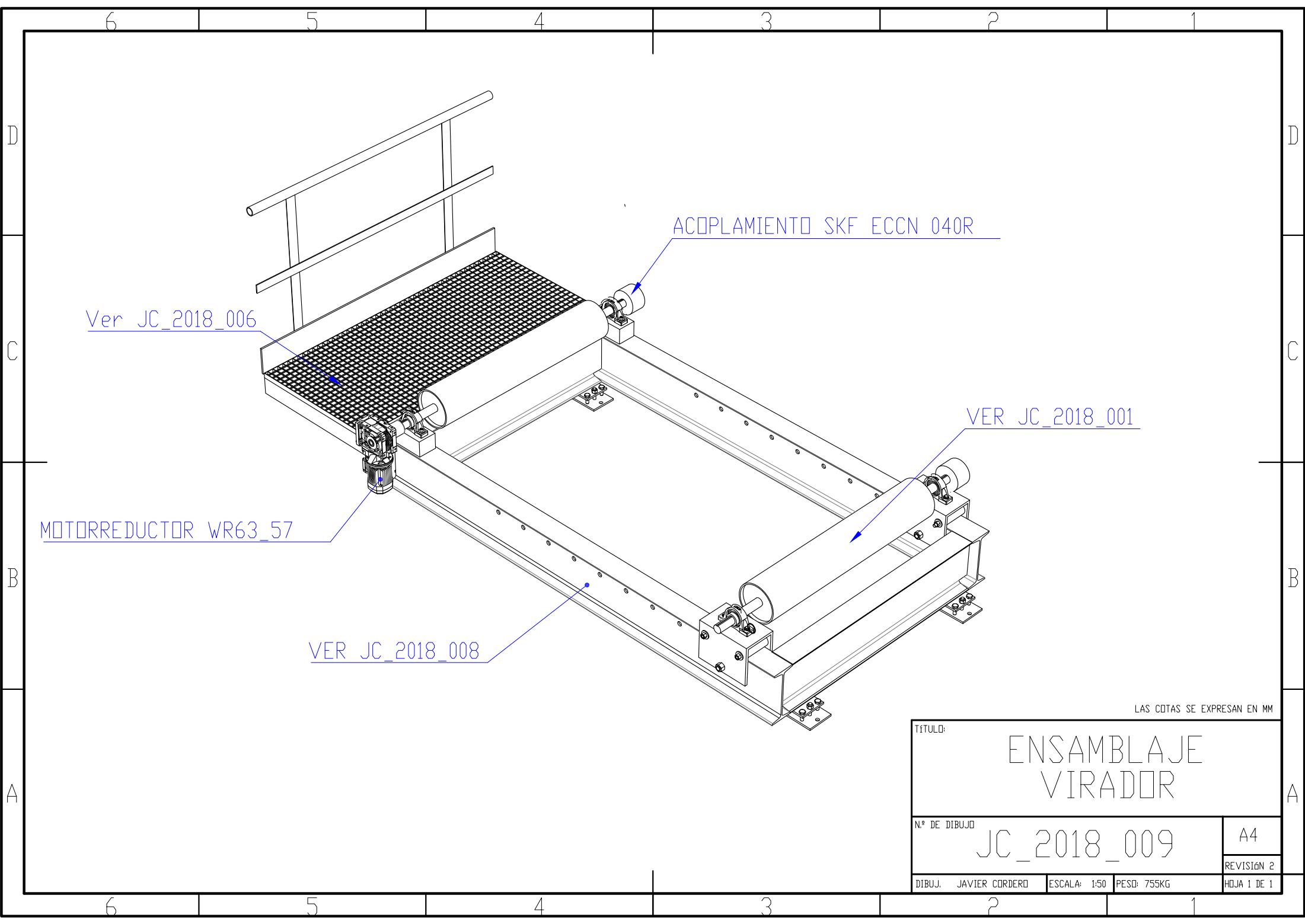
REPASAR ARISTAS VIVAS
VER RESTO DE COTAS EN MODELO CAD
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
TOLERANCIAS DE ACUERDO A DIN 2768-cK

TÍTULO:
ESTRUCTURA PRINCIPAL

Nº DE DIBUJO: **JC_2018_008**

REVISIÓN 3

DIBUJ: JAVIER CORDERO | ESCALAS/E | PESO: 415.1KG | HOJA 1 DE 1



Ver JC_2018_006

ACOPPLAMIENTO SKF ECCN 040R

MOTORREDUCTOR WR63_57

VER JC_2018_001

VER JC_2018_008

LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM

TÍTULO:		ENSAMBLAJE VIRADOR	
N.º DE DIBUJO		JC_2018_009	A4
DIBUJ.		JAVIER CORDERO	REVISIÓN 2
ESCALA:	1:50	PESO:	755KG
		HOJA 1 DE 1	