

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE  
ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



"DISEÑO DE UN TRANSPORTADOR SIN  
FIN REFRIGERADO"

TRABAJO FIN DE GRADO

Enero - 2024

AUTOR: Jorge Bonastre Artigas

DIRECTORES: Miguel Fabra Rodríguez  
Francisco Javier Simón Portillo



# Índice

Palabras clave .....	5
<b>1. Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Gestión de residuos y su valorización.....</b>	<b>6</b>
1.2. Pirólisis.....	7
1.3. Contexto.....	9
1.4. Tonillo sin fin.....	11
1.5. Objetivos del proyecto.....	12
<b>2. Cálculos .....</b>	<b>12</b>
2.1. Datos de partida.....	13
2.1.1. Datos del CHAR:.....	13
2.1.2. Datos del agua de refrigeración.....	13
2.1.3. Datos del motor.....	13
2.2. Predimensionamiento.....	13
2.3. Transmisión de calor.....	17
2.4. Elección del motor.....	20
2.5. Rodamientos.....	25
<b>3. Diseño.....</b>	<b>27</b>
3.1. Eje.....	28
3.2. Camisas.....	31
3.3. Otros componentes.....	36
3.3.1. Brida de cierre.....	36
3.3.2. Tapa a medida.....	38
3.3.3. Motorreductor.....	40
3.3.4. Junta Rotativa.....	42
<b>4. Presupuesto .....</b>	<b>43</b>
4.1. Desglose del presupuesto.....	43
4.2. Total presupuesto.....	45
<b>5. Conclusiones.....</b>	<b>45</b>

<b>6. Bibliografía.....</b>	<b>46</b>
<b>Anejo I. Características Técnicas.....</b>	<b>51</b>
<b>I.1. Motorreductor.....</b>	<b>51</b>
<b>I.2. Junta Rotativa.....</b>	<b>52</b>
<b>I.3. Rodamiento UCF 210 .....</b>	<b>53</b>
<b>I.4. Rodamiento UCF 214 .....</b>	<b>56</b>
<b>Anejo II. Planos. ....</b>	<b>60</b>



## Palabras clave

- [I] **Pirólisis:** degradación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno; dichas sustancias se descomponen mediante calor, sin que se produzcan las reacciones de combustión. Las características básicas de dicho proceso son: la ausencia de oxígeno (solo el del material presente), las temperaturas de trabajo, que oscilan entre 300 °C y 800 °C y que son inferiores a las de la gasificación, y lo que se obtiene como resultado, gas de síntesis, residuo sólido y residuo líquido.
- [II] **Pirolizador:** horno rotativo en el que se lleva a cabo la pirólisis. Piroliza material aportándole calor, aporte que puede ser directo o indirecto.
- [III] **CHAR:** residuo carbonoso que queda tras la pirólisis de la biomasa. Aunque está formado principalmente por carbono y cenizas, también contiene hidrógeno, oxígeno y una pequeña cantidad de nitrógeno y azufre.
- [IV] **Syngas:** combustible gaseoso obtenido a partir de sustancias ricas en carbono (hulla, carbón, coque, nafta, biomasa), principalmente lignocelulósicos, sometidas a un proceso químico a alta temperatura. Es decir, residuos forestales y agrícolas. Fundamentalmente, este gas de síntesis o sintegás presenta en su composición H<sub>2</sub> (18-20 %), CO (18-20 %), CO<sub>2</sub> (8-10 %), CH<sub>4</sub> (2-3 %), trazas de hidrocarburos y agua. Sus usos comprenden desde la producción de energía eléctrica o térmica, hasta el de materia prima para la obtención de diferentes productos químicos.
- [V] **Craqueo:** proceso químico en el cual los hidrocarburos saturados se descomponen en hidrocarburos más pequeños, siendo así hidrocarburos instaurados. Es el principal proceso industrial para producir los alquenos más ligeros.

# 1. Introducción.

## 1.1. Gestión de residuos y su valorización.

La situación actual del medio ambiente preocupa cada vez más. Se han producido cambios rápidos y generalizados en la atmósfera, la biosfera, la criosfera y el océano. El cambio climático producido por el hombre está afectando a innumerables condiciones climáticas y meteorológicas que vivimos en la actualidad, lo que ha supuesto considerables daños y pérdidas tanto en la naturaleza como a nivel humano [1].

Solo en 2012, se generaron en España más de 21,9 millones de toneladas de residuos entre hogares, comercios e industrias, es decir 463 kilogramos de residuos por persona al año [2]. Por ello es necesaria una correcta gestión de residuos, constituida por las actividades de tratamiento y gestión de los mismos, así como el tratamiento de aguas residuales.

Esta situación ha motivado que se presenten nuevas opciones para la gestión de residuos y que la Unión Europea haya definido una jerarquía para su tratamiento. Dicha jerarquía, recogida en la Ley 07/2022 de residuos, prima la prevención, el reciclaje y otras formas de valorización, así como la eliminación de los residuos. Estos cuatro pasos contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector [3].

Por lo tanto, llegamos a la conclusión de que hay que reducir la cantidad de residuos generada para poder tener un hábitat más estable en los años venideros. Por desgracia, el continuo crecimiento de la población y los recursos de los que se dispone hace que se incremente la generación de residuos y sea muy difícil reducir su cantidad. Es por ello que, en lugar de centrarse en producir menos residuos, la alternativa consiste en darle utilidad a los componentes materiales de los residuos que no hayan perdido su valor, que puedan reutilizarse y servir como sustitutos de otros productos.

Éste es precisamente el objetivo de la valorización. Entre otras alternativas, comprende las actividades de reutilización, reciclaje y compostaje. Existen dos tipos de valorización: la energética y la material. Esta última hace referencia a la transformación física, química o de cualquier otra forma de las actividades mencionadas al principio de este párrafo, de forma que demuestren su viabilidad técnica, económica y ambiental [4].

Estos procesos se llevan a cabo en plantas industriales dirigidas por empresas que se dedican tanto a la gestión de residuos como a su valorización. Estas plantas se ubican en puntos estratégicos de España y del mundo, tras realizar estudios de la viabilidad técnica y económica. En ellas se obtienen productos sólidos, como puede ser el CHAR, y productos líquidos tales como aceites [5].

Uno de los procesos que más se lleva a cabo para reducir la contaminación y reducir las consecuencias del cambio climático es la fabricación de combustibles alternativos a partir de biomasa. Dado que las emisiones de CO<sub>2</sub> son realmente preocupantes, se plantea como alternativa el uso de biocombustibles, que se genera mediante la combustión, la gasificación, la *pirólisis* y la licuefacción directa [6].

## 1.2. Pirólisis.

La máquina que se ha diseñado es una de las muchas que componen el proceso de la valorización de residuos; de ahí la importancia de conocer el porqué de su trata y el proceso del cual es partícipe la máquina.

Como se ha comentado anteriormente, la pirólisis es uno de los procesos para convertir biomasa en biocombustible, pero no es su única aplicación. La máquina ha sido diseñada para el proceso de valorización material, en el cual se va a utilizar la pirólisis como método principal para obtener los productos finales.

Antes de entrar en materia con la pirólisis, hemos de elegir el material que se va a valorizar. Las diferentes empresas que realizan este proceso eligen el material según conveniencia y localización. En nuestro caso, nos centramos en la parte plástica de aquellos residuos que se valorizan; cuanto mayor fracción plástica contenga el material, mejor. El proceso de pirólisis requiere de una serie de máquinas e instrumentos que son diseñados conforme a ciertas especificaciones, una de ellas es la humedad. Normalmente, el material proviene con una fracción de agua de alrededor del 30 %. Las máquinas y equipos que vamos a utilizar están diseñados para que la humedad sea del 10 % o menor.

Se presenta así el primer equipo del proceso, el secadero u horno de secado industrial. Esta máquina elimina el exceso de humedad que contiene el material mediante el calentamiento de una masa de aire caliente que entra en contacto con éste [7][8]. El proceso requiere de un control exhaustivo de la cantidad de material que entra y que se recoge en forma de sólido, líquido o gas. Cuando el material sale del secadero, tiene diferente peso que cuando se introdujo, debido a la extracción de la parte acuosa. Si se mide entonces el peso mediante células de carga dispuestas en la tolva de entrada al secadero, se debe situar otra tolva con células de carga a su salida antes de que se pirolíce.

Estas tolvas están diseñadas conforme a la densidad del material y al tiempo de residencia de éste en ellas. Los operadores a cargo de la planta controlan el flujo en la tolva y por ende cuánto material se introduce en la misma. Sin embargo, dado que no todo funciona siempre según lo esperado, los tiempos de residencia de las tolvas son bastante altos, ocho horas aproximadamente, por si hubiera algún imprevisto. Cuanto mayor sea el tiempo de residencia del material en la tolva, mayor tendrá que ser su capacidad y más espacio ocupa, por lo tanto, es primordial dimensionarla correctamente para ocupar el menor espacio posible.

Una vez extraído el contenido en humedad deseado e introducido el material en la siguiente tolva, éste se conduce hasta el pirolizador. Es aquí donde se produce la valorización del material.

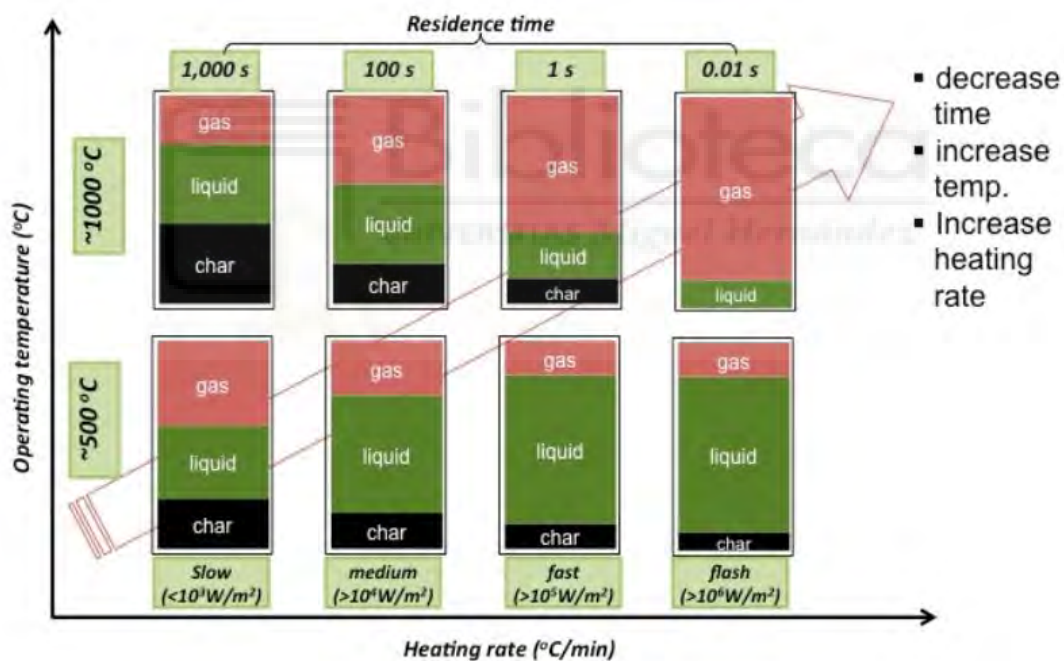
Existen tres tipos de pirólisis, las cuales se diferencian según su temperatura de trabajo, el tiempo de residencia del material y la velocidad de calentamiento, como se puede observar en la tabla 1:

**Clasificación de métodos de pirólisis con diferencias de temperatura, tiempo de residencia, velocidad de calentamiento y productos principales.**

Método	Temperatura (°C)	Tiempo de residencia	Velocidad de calentamiento (°C/s)	Productos principales
Pirólisis convencional/lenta	Medio-alto 400-500	Largo 5-30 min	Bajo 10	Gases Char Bio-aceite (alquitrán)
Pirólisis rápida	Medio-alto 400-650	Corto 0,5-2 s	Alto 100	Bioaceite (diluyente) Gases Char
Pirólisis ultrarrápida/flash	Alto 700-1000	Muy corto < 0,5 s	Muy alto >500	Gases Bio-aceite

*Tabla 1: Diferentes tipos de pirólisis [6].*

También se expone en la figura 1 la cantidad de residuo que se obtiene según las condiciones de temperatura:



*Figura 1: Residuo obtenido según temperatura y tiempo de residencia [6].*

Por lo tanto, a la salida del pirolizador obtenemos pyrogas, se denomina así el residuo gaseoso puesto que sale directo del pirolizador, y CHAR, residuo sólido que se recoge y se almacena.

El residuo gaseoso o pyrogas sigue el proceso y se introduce en un filtro. Este gas sigue un proceso para poder enviarse al exterior de la manera más limpia posible. El pyrogas se introduce en un filtro de mangas, donde se lleva a cabo la primera limpieza del gas. La suciedad que se queda adherida en las mangas se recoge y se almacena como residuo, al cual se le denomina particulado volante de pyrogas (PVP).



El gas continúa el proceso y se hace pasar por un tren de condensación. En esta etapa del proceso es donde se obtiene el residuo líquido o aceite. Luego de esta etapa de condensación, se procede a craquear el gas. A partir de esta etapa, podemos denominar al gas como *syngas*. De nuevo se hará pasar por otro filtro, esta vez de *syngas*, del cual obtenemos el particulado volante de *syngas* (PVS). Por último, el *syngas* se enfría mediante intercambiadores de calor y se expulsa al ambiente.

La amplia mayoría de las máquinas que forman parte del proceso, como el pirolizador, se calientan o enfrían mediante una cámara de combustión. En este caso, la pirólisis es indirecta. Los humos que calienta la cámara se distribuyen por todo el proceso mediante la depresión que fuerzan los ventiladores repartidos por toda la planta.

### 1.3. Contexto.

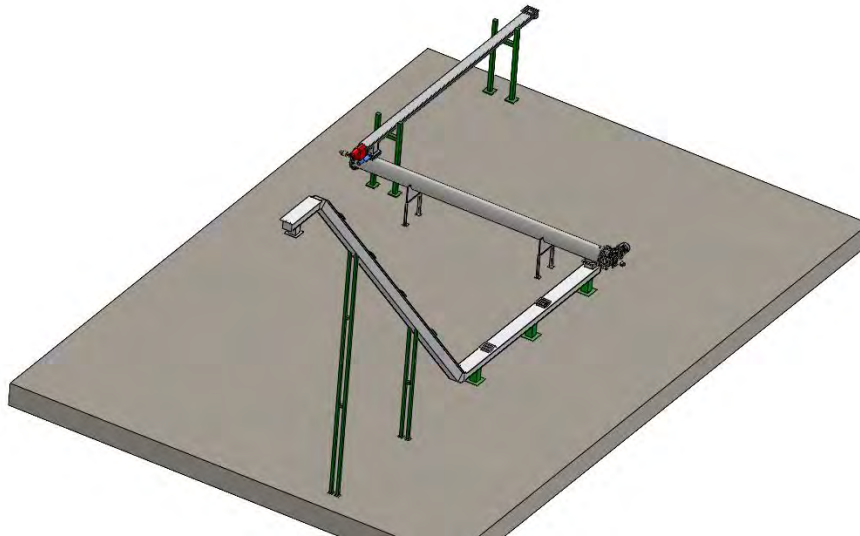
Con respecto al trabajo realizado, nos vamos a centrar en el proceso del transporte de material desde la salida del pirolizador hasta el silo o dispositivo de almacenaje del CHAR. Normalmente, en este tipo de procesos en el ámbito industrial, se utilizan transportadores helicoidales o transportadores de cadena para hacer avanzar el material durante el proceso.

El transportador de cadena o redler es ideal para transportar de manera eficiente y en largas distancias todo tipo de productos granulados (cereales, semillas, astillas de madera, orujos, etc.), ya sea en horizontal o en inclinaciones pronunciadas. Están fabricados de forma modular, son de fácil montaje y mantenimiento. Su sistema motriz puede estar accionado directamente o mediante cadena, siempre según las características técnicas que se requieran. El diseño estanco del redler permite que nunca produzca vertidos y al mismo tiempo que la lluvia y efectos climatológicos externos no entren en contacto con el producto. Éste es transportado por cadenas de arrastre simple o doble dependiendo de la aplicación [9]. En la figura 3 podemos visualizar una imagen de un redler.



*Figura 2: Transportador de cadenas/Redler [10].*

El redler es la mejor opción, aunque también la más cara, por ello se decide depositar el CHAR en este tipo de transportador. El problema es que, a la salida del pirolizador, nos encontramos con una temperatura de material muy alta, en nuestro caso particular la temperatura es de 500 °C, y por tanto es imposible depositarlo en el redler. Por ello se va a hacer uso del transportador sin fin.



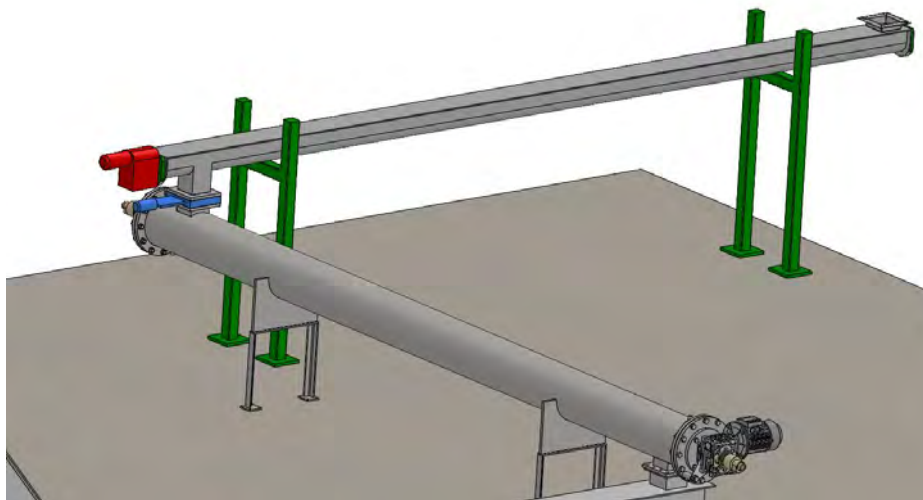
*Figura 3: Vista isométrica implantación.*

En la figura 3, podemos observar las máquinas encargadas del proceso de avance del material desde la salida del pirolizador hasta su deposición en el silo. La boca de salida del pirolizador desemboca en la boca de entrada del primer transportador helicoidal, la máquina más alejada de la figura 3, cuya función es trasladar el material hasta el siguiente transportador. La temperatura a la que entra el material en este segundo helicoidal es muy alta, por ello es necesaria asegurar la estanqueidad para asegurar que no haya ninguna entrada de aire y no se produzca combustión. Para ello, se hace uso de una válvula de guillotina, figura 4, a la entrada de nuestro transportador. Podemos observar en la figura 5, cómo se coloca esta válvula entre las bridas de ambos transportadores.

Las válvulas de guillotina están diseñadas precisamente para el aislamiento de sistemas con un alto contenido en su interior de válvulas en suspensión [12]. Están diseñadas para abrir y cerrarse lentamente y así evitar el golpe de ariete, pero, a menos que estén diseñadas para ello, normalmente estas válvulas no regulan el flujo del caudal. Es decir, se abren y se cierran totalmente.



*Figura 4: Válvula de guillotina [11].*



*Figura 5: Disposición de ambos transportadores.*

Luego de haber refrigerado el material en el segundo transportador, este se deposita en el redler a una temperatura adecuada para él y lo transporta hasta el silo.

#### **1.4. Tonillo sin fin.**

Arquímedes diseñó el primer transportador de tornillo helicoidal en el siglo III a. C. [13]. Se utilizó para eliminar el agua de los barcos y para el riego de las tierras de cultivo. El dispositivo consistía en un cilindro hueco con un eje central y una espiral fijada a la pared interna del cilindro y el eje central. A medida que el conjunto giraba, el agua se transportaba y se elevaba de un lugar a otro.

El transportador de tornillo comenzó a evolucionar a fines de 1800 y se utilizó como un medio para aumentar la producción de alimentos y granos para satisfacer las necesidades de la población estadounidense en rápido crecimiento. Los primeros molinos de alimentación utilizaron transportadores de tornillo durante todo el proceso. Incluso las fábricas de alimentación más modernas de la actualidad dependen de transportadores de tornillo para muchos de sus requisitos de manejo de materiales. El transportador de tornillo ha evolucionado hasta los tiempos modernos, ahora se usa en casi todas las grandes industrias.

Por lo general, consisten en un canal o tubo que contiene una hélice espiral enrollada alrededor de un eje, impulsada por un extremo y sujeta por el otro, o una espiral sin eje, impulsada por un extremo y libre en el otro. La velocidad de transferencia de volumen es proporcional a la velocidad de rotación del eje. En aplicaciones de control industrial, el dispositivo se usa a menudo como un alimentador de velocidad variable al variar la velocidad de rotación del eje para entregar una velocidad o cantidad medida de material en un proceso.

Los transportadores de tornillo se pueden operar con el flujo de material inclinado hacia arriba. Cuando el espacio lo permite, este es un método muy económico de elevar y transportar. A medida que aumenta el ángulo de inclinación, la capacidad de una unidad dada disminuye rápidamente [14].

Como acabamos de mencionar, se puede inclinar el transportador, es decir, existen varias disposiciones para éste. En concreto, hay tres disposiciones que son las más comunes: transportador helicoidal horizontal, inclinado y vertical.

El transportador helicoidal inclinado requiere de más potencia y además tiene menos capacidad que el horizontal. Estas dos características dependen del grado de inclinación y del material a transportar. Con respecto a los verticales, suelen incluir una alimentación helicoidal integrada para evitar atascos, ya que su alimentación debe ser uniforme [15].

No solo existen configuraciones para la disposición del transportador, también se dispone de diferentes tipos de roscas helicoidales, entre ellas el sin fin estándar, el cónico, de paso reducido y el sin fin sin eje, entre otros [16]. Con respecto a este último, es más conveniente tener en cuenta la posición del motor respecto al material. Es decir, si situamos el motorreductor empujando el material, se puede dar la situación de que en la boca de entrada se acumule material y el sin fin tenga que realizar una fuerza excesiva que haga que este se levante y choque contra la artesa o tubo que lo envuelva. Es por ello que ante un sinfin sin eje se colocará el motorreductor de forma que traiga el material hacia él mismo.

### **1.5. Objetivos del proyecto.**

El fin del proyecto entonces, consiste en diseñar un transportador helicoidal sin fin que permita hacer avanzar el residuo sólido que ha transportado el primer transportador desde la salida del pirolizador, mientras que se hace descender su temperatura desde los 500 °C hasta unos 60 °C para poder depositarlo en el redler que lo llevará hasta el silo correspondiente. Para ello, habrá que cumplir una serie de objetivos:

- Predimensionar el transportador helicoidal para cerciorarnos de que es capaz de trasegar el caudal que se va a hacer pasar por él, así como para elegir y diseñar las piezas que lo van a conformar.
- Calcular el recorrido, en metros, que va a necesitar el agua de refrigeración para descender la temperatura a los 60 °C.
- Seleccionar los componentes necesarios para completar el transportador mediante los cálculos necesarios, así como el diseño y montaje de piezas de fabricación.

## **2. Cálculos**

Una vez definido el objetivo del proyecto, se procede a mostrar los cálculos realizados para el diseño del transportador.

## 2.1. Datos de partida

Antes de comenzar a dimensionar el transportador, hay que tener en cuenta los datos iniciales que tenemos para realizar los cálculos previstos. Los datos de partida que tenemos son limitaciones de diseño, excepto el calor específico del agua. Existe además una limitación de diseño con respecto a la longitud del transportador, esta no puede ser mayor de 8 metros, pues invadiría el paso de camiones de la planta. Además, tampoco puede ser menor de 3 metros, pues hay que recordar como se muestra en la figura 3, que el redler está girado 90 grados respecto al transportador, por lo que interferiría con otras máquinas del proceso (estas no se muestran en la figura 3 porque no forman parte del proceso de transporte del CHAR).

### 2.1.1. Datos del CHAR:

- Densidad:  $300 \text{ kg/m}^3$
- Caudal a trasegar:  $1500 \text{ kg/h}$
- Temperatura de entrada al transportador:  $500 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura de salida del transportador:  $60 \text{ }^\circ\text{C}$
- Calor específico:  $1,1 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$

### 2.1.2. Datos del agua de refrigeración

- Temperatura de entrada al transportador:  $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Calor específico:  $4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$  [19]

### 2.1.3. Datos del motor

- Velocidad:  $70 \text{ RPM}$ .

## 2.2. Predimensionamiento

A partir de los datos de los que partimos, hemos de predimensionar el transportador sin fin para cerciorarnos de que pueda trasegar el caudal que va a pasar a través de él. Además, hemos de jugar con los valores y resultados, iterando para ser capaces de dimensionar un transportador sin fin que tenga la capacidad para hacer avanzar el material sin tener ningún problema.

Como se puede observar en los datos de partida, el caudal de CHAR que va a tener que pasar es de  $1500 \text{ kg/h}$ . Con este dato, debemos dimensionar un transportador que sea capaz de trasegar esa cantidad de material por su interior.

El primer paso va a ser elegir el tipo de sin fin que nos venga mejor para nuestra aplicación, pues hay varios tipos de sinfines. Primero, los hay con o sin eje. En nuestro caso lo vamos a elegir con eje, puesto que vamos a refrigerar el sin fin con la junta rotativa, que hace pasar agua de un lado a otro a través del eje. Hay varios dentro de esta categoría, como el progresivo, el de 2 o 3 pasos o el cónico, y vamos a elegir el estándar. Es un tipo de sin fin apropiado para muchos tipos de materiales y que se caracteriza por tener un paso de hélice igual al diámetro exterior [16]. Para elegir el sin fin y sus medidas me he decantado por el catálogo de Sinfines Factory. Según se especifica en el catálogo, el sin fin estándar está fabricado en una máquina especial de enrollado que transforma una tira de acero en una espiral continua de una sola pieza, de diámetro, paso y grosor deseado para ajustarse a tubos de transportadores helicoidales. Se obtiene mediante trabajo en frío con un procedimiento patentado que aumenta las características del material. Actualmente es la serie de sin fin más económica del mundo.

En la tabla 2 observamos una serie de medidas que nos van a ayudar a dimensionar el sin fin. Nos hemos decantado por un diámetro exterior y por lo tanto un paso de 180 mm, con un diámetro interior de 60,3 mm (DN 50) y con un espesor de 3,91 mm [17].

Diámetro Exterior	Paso	Diámetro Interior	Espacio Interior	Espacio Exterior
60	60	21,3	3	1,5
80	80	21,3	3	1,5
90	90	33,4	3	1,5
100	100	26,7	3	1,5
110	110	26,7	3	1,5
125	125	33,4	3	1,5
140	140	42,2	3	1,5
150	150	48,3	4	2
180	180	48,3	4	2
180	180	60,3	4	2
190	180	60,3	4	2
200	200	48,3	5	2,5
200	200	60,3	4	2
200	150	60,3	5	2,5
250	250	60,3	4	2
300	300	76	6	3
300	220	88,9	6	3
300	250	88,9	6	3
350	350	88,9	6	3
350	300	88,9	6	3
350	250	88,9	6	3
500	400	219,1	6	3

Tabla 2: Medidas sin fin estándar acero inoxidable [16].

Por lo tanto, solo nos faltaría las dimensiones de los tubos que recubrirán el sin fin. El tubo de acero que recubre más inmediatamente el sin fin lo elegimos de DN 200, lo que significa que tendrá un diámetro exterior de 219,08 mm y un espesor de 8,18 mm (SCH40), como se puede observar en la tabla 3, que resultará en un diámetro interior de 202,72 mm y una distancia entre la hélice y el tubo de 11,36 mm, suficiente para que no choquen cuando flecte el eje. Para la segunda y última camisa, por donde circulará el circuito de agua exterior, elegimos un tubo de DN 300.



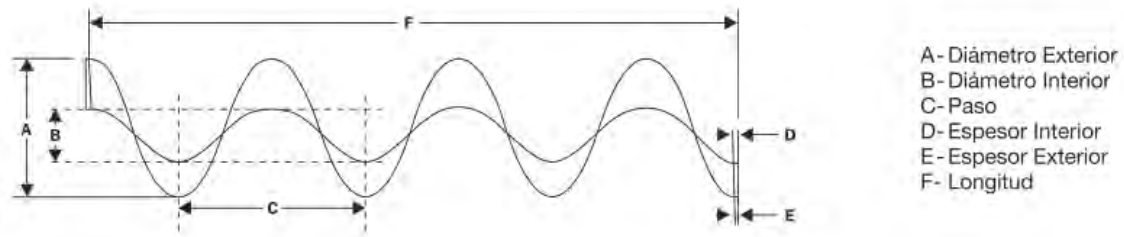


Figura 6: Imagen esquemática de las medidas del sin fin [16].

Tabla espesores tubería Acero Inoxidable según ASME B36.19M

Tamaño Nominal		Diámetro exterior tubería in (mm)	SCH 5S	SCH 10S	SCH 40S	SCH 80S
NPS in	DN mm		in (mm)	in (mm)	in (mm)	in (mm)
1/8	6	0.405 (10.3)	... (...)	0.049 (1.24)	0.068 (1.73)	0.095 (2.41)
1/4	8	0.54 (13.7)	... (...)	0.065 (1.65)	0.088 (2.24)	0.119 (3.02)
3/8	10	0.675 (17.1)	... (...)	0.065 (1.65)	0.091 (2.31)	0.126 (3.2)
1/2	15	0.84 (21.3)	0.065 (1.65)	0.083 (2.11)	0.109 (2.77)	0.147 (3.73)
3/4	20	1.05 (26.7)	0.065 (1.65)	0.083 (2.11)	0.113 (2.87)	0.154 (3.91)
1	25	1.315 (33.4)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.133 (3.38)	0.179 (4.55)
1 1/4	32	1.66 (42.2)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.14 (3.56)	0.191 (4.85)
1 1/2	40	1.9 (48.3)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.145 (3.68)	0.2 (5.08)
2	50	2.375 (60.3)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.154 (3.91)	0.218 (5.54)
2 1/2	65	2.875 (73)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.203 (5.16)	0.276 (7.01)
3	80	3.5 (88.9)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.216 (5.49)	0.3 (7.62)
3 1/2	90	4 (101.6)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.226 (5.74)	0.318 (8.08)
4	100	4.5 (114.3)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.237 (6.02)	0.337 (8.56)
5	125	5.563 (141.3)	0.109 (2.77)	0.134 (3.4)	0.258 (6.55)	0.375 (9.53)
6	150	6.625 (168.28)	0.109 (2.77)	0.134 (3.4)	0.28 (7.11)	0.432 (10.97)
8	200	8.625 (219.08)	0.109 (2.77)	0.148 (3.76)	0.322 (8.18)	0.5 (12.7)
10	250	10.75 (273.05)	0.134 (3.4)	0.165 (4.19)	0.365 (9.27)	0.5 (12.7)
12	300	12.75 (323.85)	0.156 (3.96)	0.18 (4.57)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
14	350	14 (355.6)	0.156 (3.96)	0.188 (4.78)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
16	400	16 (406.4)	0.165 (4.19)	0.188 (4.78)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
18	450	18 (457.2)	0.165 (4.19)	0.188 (4.78)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
20	500	20 (508)	0.188 (4.78)	0.218 (5.54)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
22	550	22 (558.8)	0.188 (4.78)	0.218 (5.54)	... (...)	... (...)
24	600	24 (609.6)	0.218 (5.54)	0.25 (6.35)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
30	750	30 (762)	0.25 (6.35)	0.312 (7.92)	... (...)	... (...)

Tabla 3: Tabla de espesores para tuberías de acero inoxidable [17].

Una vez definido el tipo de sin fin y sus dimensiones podemos pasar a predimensionar el transportador para trasegar el caudal que necesitamos. El caudal que puede trasegar el transportador por sí solo con las condiciones de partida lo vamos a calcular con la fórmula (2.1) [18]:

$$Q = S v \rho i \tag{2.1}$$

siendo Q el caudal máximo que puede trasegar el transportador, en kg/h

siendo S el área de relleno del transportador, en m<sup>2</sup>

siendo v la velocidad de paso del material, en m/s

siendo  $\rho$  la densidad del material, en kg/m<sup>3</sup>

siendo i el coeficiente de disminución de flujo de material debido a la inclinación del transportador, que se obtiene de la tabla 5.

Este caudal ha de ser superior al que debemos trasegar por consigna, 1500 kg/h, para cerciorarnos de que el mismo puede transportar el material sin problemas. En caso contrario habrá que predimensionar de nuevo el transportador haciendo una serie de iteraciones hasta encontrar las dimensiones precisas para transportar el caudal de material que se requiere.

La primera incógnita de nuestra ecuación es el área de relleno del transportador, la cual se obtiene de la fórmula (2.2) [18]:

$$S = \lambda \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.2)$$

siendo  $\lambda$  el coeficiente de relleno de la sección.

siendo D el diámetro del canal, en metros.

El coeficiente de relleno depende del material a trasegar, tal y como se puede observar en la siguiente tabla representada en la tabla 4:

Tipo de carga	Coficiente de relleno, $\lambda$
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Tabla 4: Tabla coeficiente de relleno de la sección [18].

Al ser el material ligero y poco abrasivo, el coeficiente tendrá un valor de 0,32.

Con respecto al diámetro exterior, como se ha comentado anteriormente en este apartado, es de 180 mm.



Una vez obtenidos estos valores podemos calcular el área de relleno del transportador, que tiene un valor de 0,00814 m<sup>2</sup>.

La segunda incógnita de la ecuación es la velocidad de paso del material la cual se obtiene de la fórmula (2.3) [18]:

$$v = \frac{p \cdot n}{60} \quad (2.3)$$

siendo p el paso, en metros.

siendo n la velocidad de giro de la hélice, en revoluciones por minuto.

El paso de la hélice ya hemos comentado que es igual que el diámetro exterior 180 mm.

Con respecto a la velocidad de giro de la hélice se ha decidido que será de 70 rpm.

Una vez sabido, esto el valor de la velocidad del material es de 0,21 m/s.

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
<i>i</i>	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Tabla 5: Tabla de inclinación del transportador [18].

El transportador es horizontal, por lo que el coeficiente *i* en este caso deberá tomar un valor igual a 1.

Una vez obtenidas todas las variables, obtenemos el valor del caudal que puede trasegar el transportador, que tiene un valor de 1850 kg/h. Este valor es superior a los 1500 kg/h del material, de hecho un es casi un 25% de éste, por lo que se puede considerar bien dimensionado en lo que a seguridad se refiere.

### 2.3. Transmisión de calor

Una vez predimensionado el transportador para que sea capaz de transportar el caudal de material que va a circular por éste, debemos calcular la transferencia de calor que ocurre en su interior para determinar, entre otras cosas, la temperatura de entrada y salida del agua y verificar que somos capaces de enfriar el material, que es el objetivo principal del transportador, aparte de transportar el material.

La única dimensión del transportador que nos falta por determinar es su longitud. Así pues, el objetivo principal de este apartado es, teniendo en cuenta las condiciones de

partida, verificar y obtener la longitud óptima del transportador para poder enfriar el CHAR desde 500 °C a unos 60 °C. Mediante la fórmula 2.4 [19], podremos obtener esta longitud:

$$A_S = L \pi D \quad (2.4)$$

siendo  $A_S$  el área de intercambio, en metros cuadrados.

siendo  $L$  la longitud necesaria para el intercambio, en metros.

siendo  $D$  el diámetro del área de sección, en metros.

Nuestra única incógnita de la ecuación va a ser la longitud, pues el diámetro del área de sección será la suma del tubo exterior y del interior. Hay que recordar que fluirá agua a contracorriente por dentro del transportador, tanto por fuera como por dentro de las hélices. Con respecto al área de intercambio, vamos a utilizar la fórmula 2.5 [19] para calcularla:

$$\dot{Q} = A_S U \Delta T_{lm} \quad (2.5)$$

siendo  $\dot{Q}$  el intercambio de calor, en kW.

siendo  $U$  el coeficiente de transferencia de calor, en kW/m<sup>2</sup>°C.

siendo  $\Delta T_{lm}$  la diferencia de temperaturas logarítmica, en °C.

Aparte del área de intercambio, el coeficiente de transferencia de calor va a ser otra incógnita. En este caso será una incógnita final, para iterar junto con la longitud.

El intercambio de calor que se lleva a cabo se calcula con la fórmula 2.6 [19]:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{CHAR} \cdot c_{pCHAR} \cdot (T_e - T_s)_{CHAR} \quad (2.6)$$

siendo  $\dot{m}_{CHAR}$  el flujo másico de CHAR, en Kg/s.

siendo  $c_{pCHAR}$  el calor específico del CHAR, en KJ/Kg\*°C.

siendo  $T_e$  la temperatura de entrada del CHAR, en °C.

siendo  $T_s$  la temperatura de salida del CHAR, en °C.

Puesto que disponemos de todos los datos, obtenemos el resultado de 201,7 kW. Dado que hemos decidido la temperatura de salida del CHAR, hay que verificar las

temperaturas del agua que refrigera el material. Se va a introducir agua a 20°C y hay que ver a qué temperatura sale con los datos del CHAR introducidos, utilizando la fórmula 2.7 [19]:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{agua} \cdot c_{p_{agua}} \cdot (T_e - T_s)_{agua} \quad (2.7)$$

La temperatura de salida del agua será de 80 °C. La salida de esta agua se hará pasar por un intercambiador para volver a bajar su temperatura hasta los 20°C y reintroducirla en el transportador. Una vez obtenidas las temperaturas de entrada y salida del agua y del material, podemos obtener la temperatura media logarítmica mediante la fórmula 2.8 [19]. Para completarla, utilizaremos las fórmulas 2.9 y 2.10 [19]:

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left( \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (2.8)$$

$$\Delta T_1 = T_{c,e} - T_{f,s} \quad (2.9)$$

$$\Delta T_2 = T_{c,s} - T_{f,e} \quad (2.10)$$

siendo  $T_{c,e}$  la temperatura caliente de entrada, es decir la del CHAR

siendo  $T_{f,s}$  la temperatura fría de salida, es decir la del agua

siendo  $T_{c,s}$  la temperatura caliente de salida, la del CHAR

siendo  $T_{f,e}$  la temperatura fría de entrada, es decir la del agua

La temperatura media logarítmica tiene un valor entonces de 161,6 °C.

Una vez obtenidos todos estos datos, podemos iterar para conseguir los valores de U,  $A_S$  y L.

$$U = 305 \text{ W/m}^2\text{°C} ; A_S = 4 \text{ m}^2 ; L = 5 \text{ m}$$

Por lo tanto, sabemos que nuestro transportador necesita una longitud de 5 metros para enfriar el material de 500 °C a 60 °C. Además, una de las limitaciones de la planta era que el transportador midiera más de 3 metros y menos de 8, por lo que podemos darnos más que por satisfechos con los cálculos.

## 2.4. Elección del motor

El tornillo sin fin debe ser accionado para trasegar el material de manera que su eje gire, para ello habrá que hacer uso de un motor. Generalmente para transportar material se utilizan los motorreductores. Se trata de dispositivos mecánicos que constan de dos partes: un motor eléctrico que aporta la potencia inicial y un reductor cuya función, como indica su nombre, es reducir la alta velocidad que proporciona el motor para salir con un par más alto [20]. Este tipo de motores son apropiados para situaciones en las que se necesita una velocidad de giro constante o variable. Es el caso de nuestra planta, el caudal de material que pasa por el transportador no siempre va a ser constante, ya sea por ahogamiento del redler que haga que tengamos que hacer pasar un menor caudal para que vuelva a estar estable, o por algún cambio en la alimentación de caudal en la entrada al secadero por cualquier circunstancia.

Para elegir el motor habrá que calcular la potencia que necesita el transportador para trasegar el material. En este caso, el caudal que vamos a usar como variable en las ecuaciones que nos ayudarán a calcular el valor de la potencia final, será el máximo que puede trasegar el transportador por medio de su predimensionamiento (1850 kg/h), calculado en su apartado correspondiente. Teniendo la velocidad de éste y la que queremos para el sin fin, sabremos la relación que debemos llevar a cabo para elegir el reductor. La potencia requerida es la suma de la potencia necesaria para vencer la fricción ( $HP_f$ )(2.11) y la potencia necesaria para mover el material dentro del transportador a la capacidad especificada ( $HP_m$ )(2.12) multiplicado por el factor de sobrecarga ( $F_o$ ) y dividido entre la eficiencia total de la transmisión ( $e$ )(2.13) [15]:

$$HP_f = \frac{L N F_d f_b}{1000000} = (\text{Potencia para mover el transportador vacío}) \quad (2.11)$$

$$HP_m = \frac{C L W F_f F_m F_p}{1000000} = (\text{Potencia para mover el material}) \quad (2.12)$$

$$HP_f = \frac{(HP_f + HP_m) F_o}{e} \quad (2.13)$$

siendo L la longitud del transportador, en pies

siendo N la velocidad de operación, en RPM

siendo  $F_d$  el factor del diámetro del transportador (diámetro hélice), tabla

siendo  $F_b$  el factor del buje para colgante, tabla

siendo C la capacidad, en pies cúbicos/hora

siendo W la densidad del material, en libras por pie cúbico

siendo  $F_f$  el factor del helicoidal, tabla

siendo  $F_m$  el factor del material, tabla

siendo  $F_p$  el factor de las paletas (cuando se requieran), tabla

siendo  $F_o$  el factor de sobrecarga, tabla

siendo E la eficiencia de la transmisión

Con lo referido a la ecuación 2.11:

- Longitud: 5 metros, 16'4 pies.

- Velocidad de operación: 70 RPM.

-  $F_d$  (Tabla 6): el diámetro de la hélice es de 180 mm, que son 7". Por lo tanto, interpolando según la tabla correspondiente tenemos un valor de  $F_d$  de 22,334.

Factor del Diámetro del Transportador, $F_d$	
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor $F_d$
4	12.0
6	18.0
9	31.0
10	37.0
12	55.0
14	78.0
16	106.0
18	135.0
20	165.0
24	235.0
30	365.0
36	540.0

Tabla 6: Tabla del factor del diámetro del transportador [15].

-  $f_b$  (Tabla 7): puesto que vamos a utilizar un rodamiento de bolas (ver en el apartado 3.5), el factor del buje para colgante es 1.

Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante $F_b$
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	<i>Martin</i> Bronce	
S	* Bronce Grafitado	2.0
	* Bronce, Impregnado en Aceite	
	* Madera, Impregnado en Aceite	
	* Nylatron	
	* Nylon	
	* Teflón	
	* UHMW	
	* Melamine (MCB)	
	* Ertalyte® Quadrent	
* Uretano		
H	* <i>Martin</i> Hierro Endurecido*	3.4
	* Superficie Endurecida	4.4
	* Stellite	
	* Cerámico	
	* Aleación de Hierro Blanco	

\* Bujes no lubricados o bujes sin lubricación adicional.

Tabla 7: Tabla del factor del buje para colgante [15].

Por lo tanto, obtenemos que la solución para la fórmula 2.11 es de 0,0256 HP.

Respecto a la potencia para mover el material:

- Capacidad: hace referencia al caudal que puede trasegar el transportador, 1850 kg/h como hemos comentado antes. Son 217,774 ft<sup>3</sup>/h.
- Longitud: 16,4 pies.
- $F_f$  (Tabla 8): al haber elegido el tipo de hélice estándar, nuestro factor va a ser igual a la unidad.

Factor $F_f$				
Tipo de Helicoidal	$F_f$ Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doble	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—

\*No recomendada

Tabla 8: Tabla del factor por porcentaje de carga del transportador [15].

- $F_m$  (Tabla 9): dado que la ceniza no tiene por qué estar siempre seca al 100%, para más seguridad elegimos de la tabla siguiente ceniza de carbón, mojada media pulgada, cuyo valor es de 3.

Cemento, Clinker	75-95	D3-36	H	3	1.8	30B
Cemento, Mortero	133	B6-35q	H	3	3	30A
Cemento, Pórtland	94	A100-26M	H	2	1.4	30B
Ceniza de alto horno	57	D3-36T	H	3	1.9	30B
Ceniza de caldera, seca	30-45	A40-36LM	H	3	2	30B
Ceniza de carbón	40	D3-36T	H	3	1.8	30B
Ceniza de carbón, mojada - 1/2"	45-50	C1/2-46T	H	3	3	30B
Ceniza de carbón, mojada - 3"	45-50	D3-46T	H	3	4	30B
Ceniza de carbón, seca - 1/2"	35-45	C1/2-46TY	H	3	3	30B
Ceniza de carbón, seca - 3"	35-40	D3-46T	H	3	2.5	30B
Ceniza de Hueso (Fosfato Tricalcico)	40-50	A100-45	L-S	1	1.6	30A
Ceniza muy fina (Fly Ash)	30-45	A40-36M	H	3	2	30B

Tabla 9: Tabla del factor de material [15]

-  $F_p$  (Tabla 10):

Factor de Paleta $F_p$					
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta - $F_p$	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

Tabla 10: Tabla del factor de la paleta [15].

Por lo tanto, la fórmula 2.12 da como resultado 0,0107 HP.

Una vez calculado el valor de ambas, podemos obtener la potencia final necesaria, a falta de dos factores:

-  $F_o$  (Figura 7): ambas potencias sumadas no llegan ni a 0,2 HP, por lo que cogemos un valor de factor de sobrecarga de 3 [15].

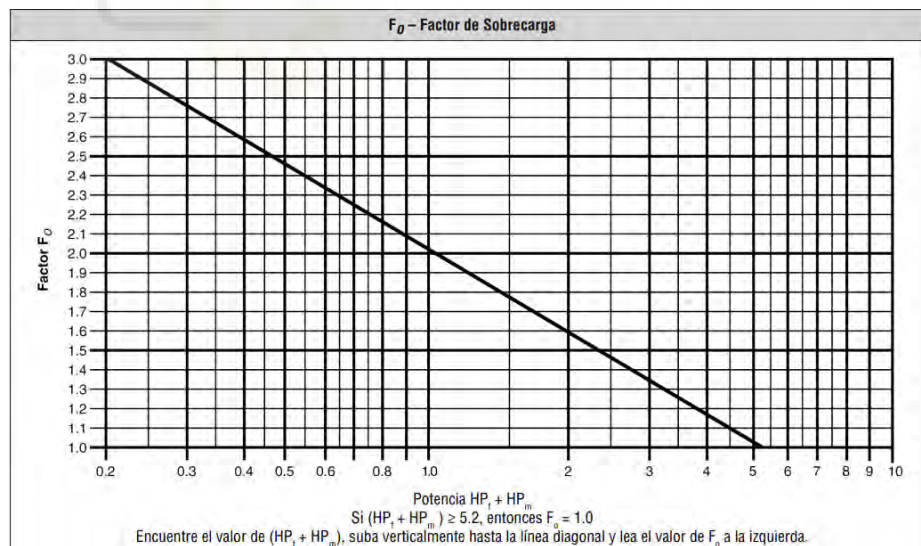


Figura 7: Gráfica del factor de sobrecarga [15].

- e (Tabla 11): el reductor que vamos a escoger es de corona sin fin; puesto que no hay valor, escogeremos 0,9 que es bastante similar a los valores reflejados en la tabla 11 [15].



Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones				
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motorreductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena	Corona Sinfín
.88	.87	.95	.87	Consulte a <i>Martin</i>

Tabla 11: Tabla del factor de eficiencia [15].

El resultado para la fórmula 2.13, por lo tanto, es de 0,121 HP.

Tras realizar todos los cálculos y pasándolo a Watios tenemos una potencia de 90W, que multiplicada por 2,5 para asegurar, nos da un resultado de 0,225 kW.

Una vez obtenida la potencia que necesita el transportador para trasegar el material, podemos elegir motor. Entonces, sabremos la velocidad a la que gira y podremos calcular la relación necesaria para el reductor.

Para ello hemos elegido la opción de Cidepa [21], cuya web nos da la opción no solo de elegir el motor sino también el reductor. Según las características que necesitamos y que hemos calculado:

KM-90/ 20 4	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Referencia	KM-90/ 20 4
CV Instalados	4,00
Kw Instalados	3,00
Relación	20,0
Accionamiento	Motor Cidepa B-5
Tamaño	90
Factor de servicio	1,10
Par nominal Kpm	34,37
RPM salida (50 Hz)	70,00
Rendimiento (%)	0,84
Relación exacta	20,00
CV disponibles	3,36
Peso	36,00 Kg.

Figura 8: Características del reductor elegido [21].

La imagen nos muestra el reductor elegido a partir del motor. Este último es el motor Cidepa B-5, que tiene una velocidad de 1440 RPM; por lo tanto, la relación será de 20. Con estos datos, obtenemos este reductor.



## 2.5. Rodamientos

Hemos dimensionado hasta ahora lo que es el tornillo sin fin en sí y la transmisión de calor con respecto al agua que lo rodea, tanto por dentro como por fuera. El tornillo debe estar apoyado y sujeto, puesto que algo debe soportar su peso y mantenerlo a la altura a la que lo queremos tener, pero debe tenerla en este caso, pues el material entrará por una boca de entrada y saldrá por otra de salida. Estas bocas estarán colocadas en la camisa exterior del sin fin. No podemos apoyar directamente el sin fin en la chapa metálica, pues la desgastaría por la fricción entre ambos. Para ello dispondremos de dos rodamientos, uno a cada lado de la chapa. Es decir, vamos a apoyar el eje en 2 rodamientos que tendrán su soporte para engancharlos a la tapa del transportador, que consistirá como veremos más adelante en una chapa metálica.

Hay distintos tipos de rodamientos y hay que elegirlos conforme a las necesidades del sin fin. En este caso, el rodamiento soportará una fuerza axial contraria a la dirección en la que hace avanzar el material y una fuerza radial debida a la gravedad.

Sabiendo esto y el diámetro del eje donde va a apoyar el rodamiento, obtenemos mediante la ayuda del catálogo online de SKF [22], una unidad de rodamiento de bolas con pestaña cuadrada. Están formados por un rodamiento de inserción, con un aro interior prolongado y fijación con tornillo, y son adecuados para aplicaciones en las que el sentido de giro es constante o alternado. El rodamiento está montado en un soporte de fundición, que puede atornillarse a la pared o al marco de la máquina. Las unidades de rodamientos de bolas pueden admitir una desalineación inicial moderada, pero normalmente no permiten el desplazamiento axial [22]. Como bien dice, no soportará carga axial, pero solo a partir de cierta cantidad. Presumiblemente esta carga axial no va a ser muy grande, por lo que con la unidad de rodamiento de bolas nos basta. No obstante, vamos a comprobarlo.

Lo primero, es elegir los rodamientos. Hay que recordar que el transportador va a estar apoyado por ambos lados, por lo que habrá que elegir dos rodamientos, ya sean iguales o diferentes. Una vez que sabemos el tipo de rodamiento, la única incógnita que nos hace falta saber es el diámetro del eje en el que este va a ir apoyado. Ambos rodamientos irán apoyados cada uno en uno de los dos acoples del eje, ambos de distinto tamaño y forma como veremos más adelante.

Para el acople del eje del lado del motorreductor, la parte donde el rodamiento va a ir apoyado es de 50mm. Con la ayuda de la web SKF, obtenemos que el rodamiento elegido es el UCF 210. Por otra parte, el acople del eje del lado opuesto tiene un diámetro de 70mm en la parte en la que se apoya, por ello el rodamiento elegido aquí es el UCF 214.

Una vez elegidos los rodamientos, procedemos a verificar si son capaces de soportar las cargas a las que van a ser sometidos:

Tenemos un eje apoyado en dos rodamientos, por lo tanto, la fórmula para calcular la fuerza radial será:

$$F_r = \frac{m \cdot g}{2} \quad (2.14)$$

siendo,  
 $F_r$  la fuerza radial, en N.  
 $m$  la masa del eje y la hélice, en Kg.  
 $g$  la gravedad, en m/s<sup>2</sup>.

La masa del eje más la hélice es de 59,3 Kg y la gravedad 9,8 m/s<sup>2</sup>. Por lo tanto, la fuerza radial será de 290,38 N.

Para la fuerza axial tendremos la siguiente fórmula:

$$F_a = F_{roz} \quad (2.15)$$

siendo,  
 $F_a$  la fuerza axial, en N.  
 $F_{roz}$  la fuerza de rozamiento, en N.

Puesto que el transportador es horizontal completamente, la fuerza axial será igual a la fuerza de rozamiento del material.

$$F_{roz} = \mu m g \quad (2.16)$$

siendo,  
 $\mu$  el factor de rozamiento para el acero inoxidable.

Este factor de rozamiento para el acero es de 0,57. Con esto podemos decir que la fuerza axial es de 331 N.

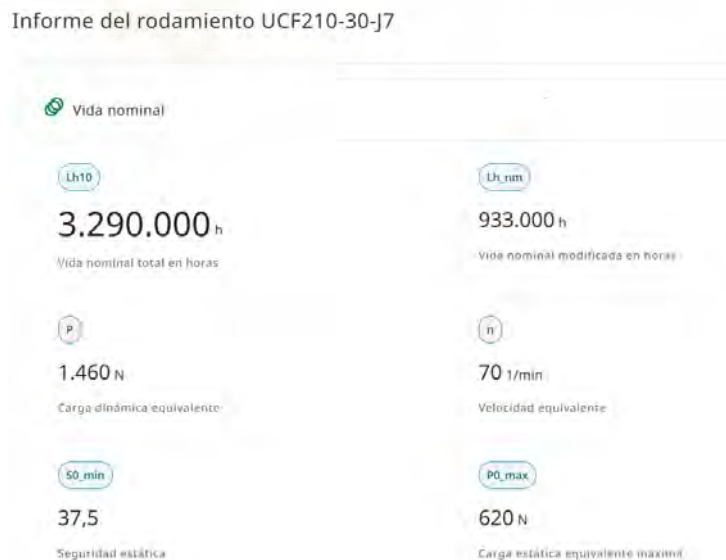


Figura 9: Cálculos de la carga dinámica y estática equivalentes UCF 210[23].

## Informe del rodamiento UCF214-J7

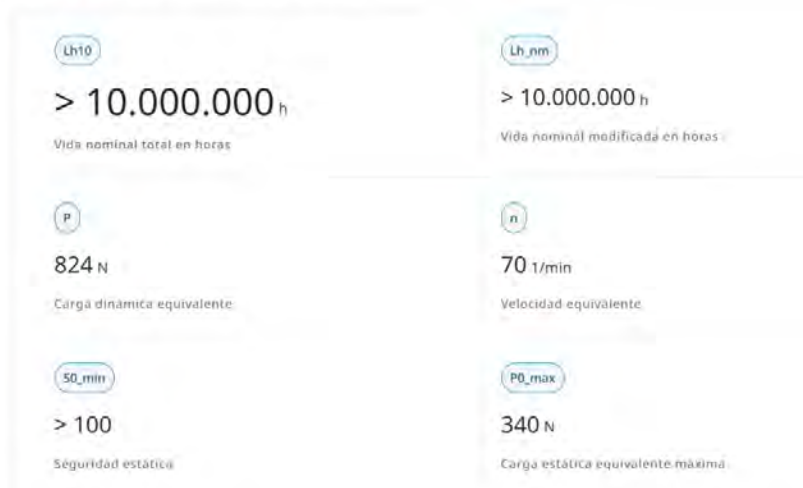


Figura 10: Cálculos de la carga dinámica y estática equivalentes UCF 214[23].

En las figuras 9 y 10, podemos observar los cálculos re la carga dinámica y la estática según las cargas radial y axial calculadas en el apartado. Si comparamos con la especificación técnica del rodamiento elegido, observamos que aguanta sobradamente. En la figura 11 podemos observar una imagen del rodamiento que se ha determinado:



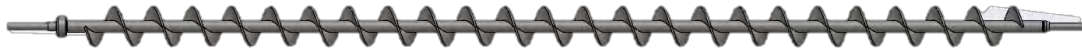
Figura 11: Unidad de rodamiento de bolas con pestaña cuadrada [22]

### 3. Diseño

En este apartado se pretende explicar el diseño y/o elección de componentes del transportador que no hayan sido expuestos hasta ahora, así como advertir de los componentes que conllevan más riesgos y precauciones.

### 3.1. Eje

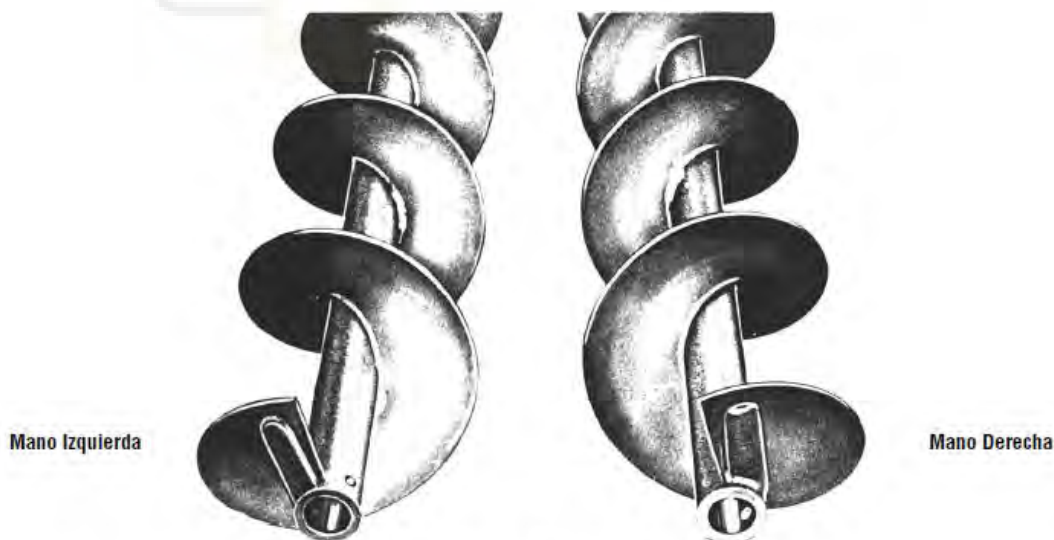
El primer elemento del que se va a hablar es la parte rotativa del transportador y lo que permite que se transporte el material de un lado a otro, figura 12:



*Figura 12: Eje principal con la hélice soldada y los dos acoples en los extremos.*

Todos los elementos que componen el eje y las hélices son de acero inoxidable AISI 304. El eje principal del transportador es un tubo de DN 60, al cual se le suelda una hélice alrededor de sus más de 5 metros de longitud. Cabe recordar que este eje será hueco, pues por su interior circulará agua proveniente de la junta rotativa para mejorar la transmisión de calor.

Esta hélice es estándar, es decir tiene el mismo diámetro y paso, que es de 180 mm. El helicoidal puede ser izquierdo o derecho y dependiendo de su sentido de giro y esta configuración de izquierdas o derechas, alejará o acercará el material [11]. Si observamos la figura 13, vemos que hay dos opciones para enrollar la hélice alrededor del tubo. En la configuración a izquierdas, la hélice está enrollada en el sentido opuesto a las agujas del reloj alrededor del tubo; por el contrario, en la configuración a derechas se enrolla la hélice por el tubo en el mismo sentido a las agujas del reloj.



**Helicoidales Mano Derecha e Izquierda**

*Figura 13: Imagen de las dos posibles configuraciones de la hélice alrededor del tubo [11].*

Una vez se decide si el transportador va a ser a derechas o a izquierdas, se procede con el sentido de giro de este. Para nuestro transportador, se ha elegido la configuración a derechas y dependiendo hacia donde queramos llevar el material, hacia delante o hacia atrás, haremos girar este en un sentido u otro. Como se observa en la figura 14, para

cualquier configuración, si se hace rotar el eje en el sentido contrario al que está enrollada la hélice, desplazaremos el material hacia delante.

En el siguiente apartado se hará saber que el motorreductor se encuentra en la parte más cercana a la boca de salida del transportador, por tanto, es necesario traer el material hacia salida con la hélice. Es por ello que, habiendo elegido la configuración de la hélice a derechas, habrá que hacerla girar en el mismo sentido de giro, es decir, el sentido de las agujas del reloj.

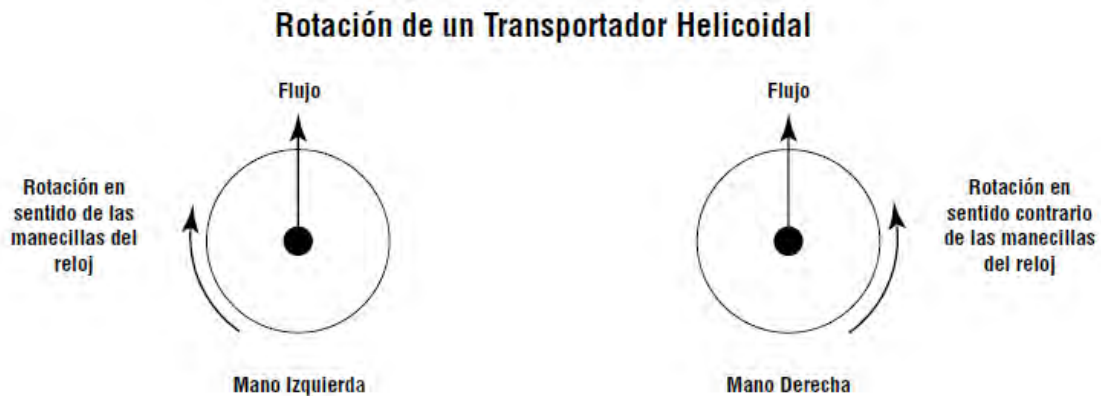


Figura 14: Explicación sentido de giro del helicoidal [11].

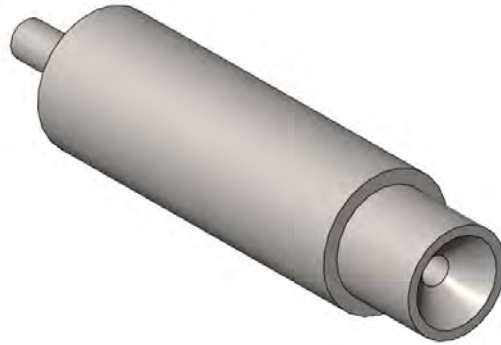
Por ambos lados del eje se unen dos acoples de ejes diferentes, uno para el motorreductor y la junta rotativa y el rodamiento de ese lado (figuras 15 y 16), y otro para el rodamiento y la junta rotativa del lado opuesto (figuras 17 y 18). Estos dos acoples van soldados al eje y tienen un diámetro exterior de 35 mm, los cuales tienen un chaflán próximo a su entrada al eje para facilitar la entrada y salida del agua en ellos.



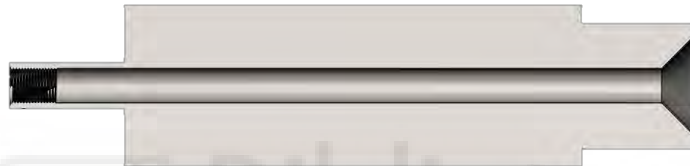
Figura 15: Acople del eje del lado del motorreductor.



*Figura 16: Sección del acople del eje del lado del motorreductor*

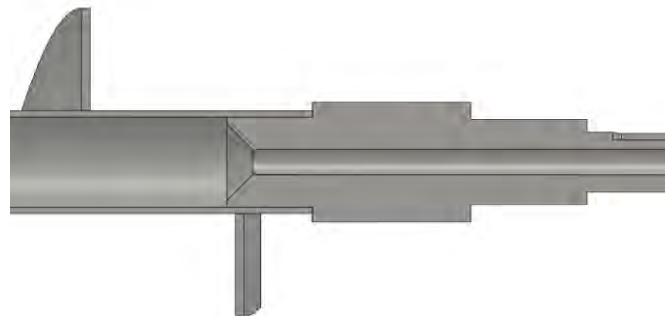


*Figura 17: Acople del eje del lado opuesto*



*Figura 18: Sección del acople del eje del lado opuesto*

En la figura 19, podemos observar la unión entre el eje y, el propio acople. Ambos están mecanizados para poder acoplarse el uno al otro. Se especifican más detalles en los planos.



*Figura 19: Acople y eje juntos*

El motorreductor se acopla al eje mediante una chaveta, que le transmite a este el giro que aporta el reductor. Es este último el que nos va a indicar la anchura de debe tener la chaveta y por tanto el chavetero. A partir de ella podemos encontrar la altura necesaria de la chaveta con la tabla de la figura 20 y saber la altura suficiente que necesita el

chavetero dentro del eje. La longitud de éste la vamos a definir dejando un espacio de 20 mm entre los extremos del chavetero y el extremo del eje más cercano.

Ø eje d mm desde-hasta	Medida chaveta b x h mm
6-8	2x2
8-10	3x3
10-12	4x4
12-17	5x5
17-22	6x6
22-30	8x7
30-38	10x8

Figura 20: Tabla de chavetas y chaveteros [24].

Los riesgos que presenta este dispositivo son principalmente cortes y contactos con elementos móviles y atrapamientos con las hélices. Por ello, aparte de para refrigerar el sin fin, éste dispone de un tubo exterior.

Estos riesgos aparecen o se acentúan a la hora de hacer mantenimientos o reparaciones. En el momento de hacerlas, la máquina debe estar totalmente parada para que no se produzcan ni cortes ni atrapamientos, tanto al quitar el tubo exterior como al ponerlo [25].

### 3.2. Camisas

Como ya se ha comentado con anterioridad, el sin fin está envuelto por un par de camisas a las que denominaremos interior y exterior respectivamente. En la figura 21, podemos observar el ensamblaje de estas dos. Por ambas, se soldarán las caídas de entrada y salida de material. Todos los componentes que aparecen en la figura son de acero inoxidable AISI 304.



*Figura 21: Ensamblaje camisas*

Abordemos primero la camisa interior, de la cual poco queda por explicar a estas alturas. Se comentó en el apartado de predimensionamiento, que el tubo escogido era de DN 200, explicando sus medidas. En las figuras 22 y 23 podemos observar una imagen más detallada de la camisa. Tenemos dos cortes cuadrados de 150 mm, situados a 280 mm del borde (desde su centro), que permitirán soldar la caída de entrada y salida del material para que este circule por dentro de la camisa mientras la hélice del sin fin lo arrastra. En el plano de la camisa que se encuentra en los anejos se amplía la información.



*Figura 32: Vista isométrica de la camisa interior*



*Figura 33: Vista de sección de la camisa interior*

Por esta camisa entonces, circulará el material que hemos de transportar y refrigerar. Es por la camisa exterior, que envuelve a la interior, por la que pasará el agua que debe refrigerar el material. Esta última camisa, cuyo diámetro nominal es de 300 mm,



tiene también dos cortes idénticos a los de la camisa interior, además de otros dos circulares para los dos manguitos de rosca interior. Podemos observar en las figuras 24 y 25 las vistas de esta camisa en la que aparecen estos dos cortes circulares de 29 mm de diámetro, situados a 100 mm del borde de la camisa. Estos dos manguitos, que se muestran en la figura 26, servirán para conectar la entrada y salida de la bomba de agua y pueda circular por el interior de la camisa.



*Figura 24: Vista interior de la camisa exterior*

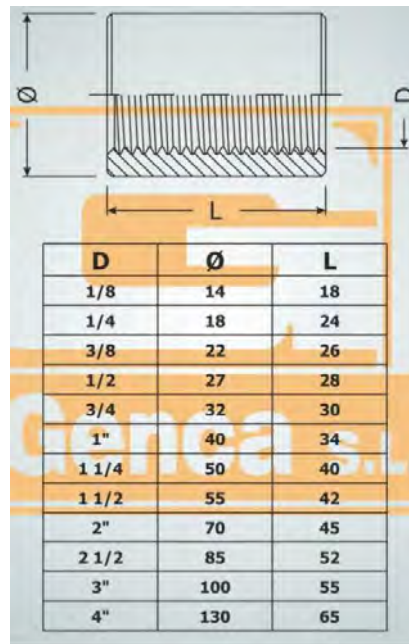


*Figura 25: Vista isométrica de la camisa exterior*



*Figura 26: Manguito rosca interior*

Para la elección de los manguitos, se ha consultado catálogo [26]. De las diferentes medidas que podemos observar en la tabla 12, se ha decidido escoger el de  $\frac{1}{2}$  pulgada, de diámetro 27 mm y longitud 28 mm. Es un manguito figura 270, de la norma ISO 7/1 EN10226.



D	Ø	L
1/8	14	18
1/4	18	24
3/8	22	26
1/2	27	28
3/4	32	30
1"	40	34
1 1/4	50	40
1 1/2	55	42
2"	70	45
2 1/2	85	52
3"	100	55
4"	130	65

Manguito figura 270 (Rosca compatible EN10226-1 / BSPP / ISO7/1)

Tabla 12: Tabla catálogo Manguito Figura 270 [26].

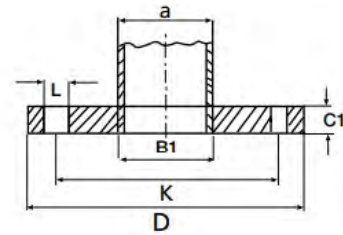
Por último, tenemos las bridas, tanto las de las camisas como las de las caídas. En la figura 27 podemos observar la brida que se dispondrá en cada extremo de las camisas. Para su elección se ha consultado el catálogo de Hastinik [27] de bridas. La camisa exterior tiene un diámetro nominal de 300 mm, por lo que la brida que elegiremos también lo tendrá, pues esta irá soldada a la camisa. Se ha optado por una brida plana DIN-2576, de PN 10. En la tabla 13 se observa la imagen del catálogo de estas bridas y la elección tomada.



Figura 27: Brida DN 300 PN 10.

# Bridas planas de acero inoxidable

DIN-2576



Presión nominal 10 Kg/cm <sup>2</sup>										
Tubo		Brida					Tornillos			Peso aprox. Kg
Diámetro Nominal	a	B1	D	C1	K	Cant.	Rosca	L		
DN	Pulg.	mm	mm	mm	mm	mm		mm		
15 a 150 Utilizar las medidas de PN 16										
200	8"	204 219,1*	206 221,8	340	24	295	8	M20	22	10,23 9,31
250	10"	254 273*	256 276,2	395	26	350	12	M20	22	13,8 11,9
300	12"	304 323,9*	307 327,6	445	26	400	12	M20	22	14,8 13,8
350	14"	355,6*	359,7	505	28	460	16	M20	22	20,6
400	16"	406,4*	411	565	32	515	16	M24	26	27,9
450	18"	457,2*	462,5	615	38	565	20	M24	26	35,6
500	20"	508*	513,6	670	38	620	20	M24	26	41,1
600	24"	610*	616,5	780	40	725	20	M27	30	51,87

Tala 13: Tabla catálogo Hastinik Brida plana DIN-2576 [27].

Con respecto a la brida de las caídas, esta no va a ser conforme a catálogo. Se decidió realizar la caída recta, de forma cuadrada, para que fuese más fácil el diseño y la entrada de material, lo que concluye en tener que realizar nosotros mismos la brida. En la figura 28 se puede observar una imagen de la brida en cuestión y en los anejos se puede mirar con más detalle sus medidas.

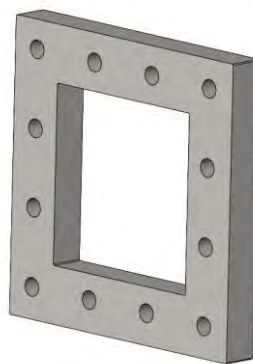


Figura 28: Brida cuadrada.

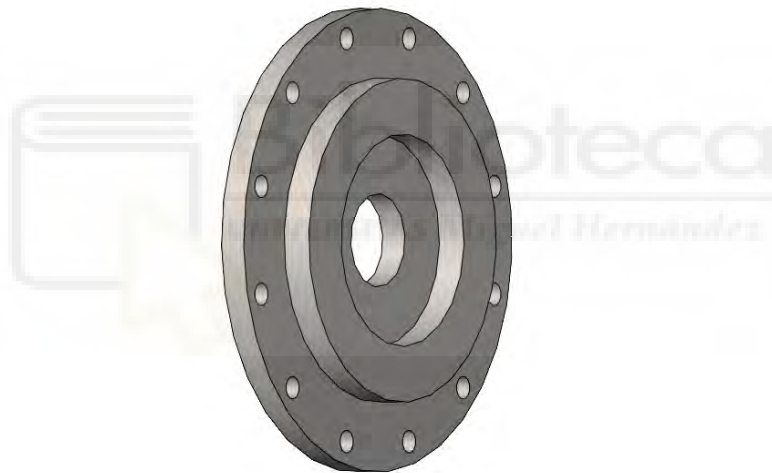
Con respecto a la seguridad con las camisas, cuando todo el sistema esté en funcionamiento, estarán a muy alta temperatura, por lo que si vamos a maniobrar sobre ellas por fuera es absolutamente necesaria la disposición de guantes y otra ropa de seguridad contra las altas temperaturas. Si se efectúan pruebas para ver cómo funciona el sin fin y las bridas de entrada y salida no están conectadas a ninguno de los componentes

que les corresponde, habrá que llevar mucho cuidado de no meter la mano accidentalmente en las bocas y estar atentos si llevamos ropa larga y ancha para que no se escurra dentro de estas.

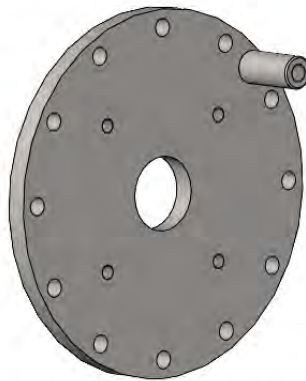
### 3.3. Otros componentes

#### 3.3.1. Brida de cierre

Denominamos brida de cierre a aquella que se coloca junto a la brida de la camisa para terminar de cerrar el transportador. Esta brida va a ser especial, pues vamos a tener que realizar sobre el tocho de acero una operación de mecanizado. Al tener una brida en cada extremo de la camisa exterior, tendremos por ende una brida de cierre para cada una de ellas y al contrario que las bridas de las camisas, estas bridas de cierre serán diferentes la una de la otra. En las figuras 29 y 30 podemos observar la forma de las bridas, mientras que en las figuras 31 y 32 se muestra una sección del transportador de cómo están atornilladas a otros componentes y montadas en el eje.



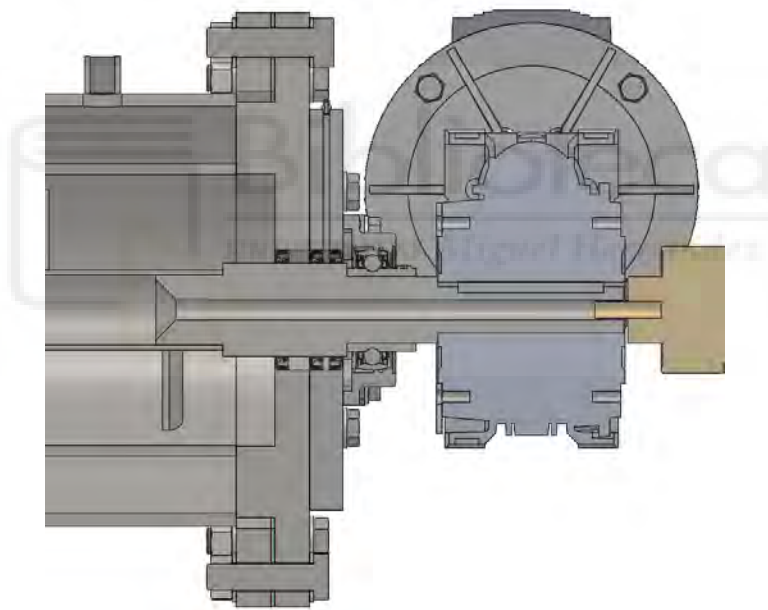
*Figura 29: Brida cierre lado opuesto.*



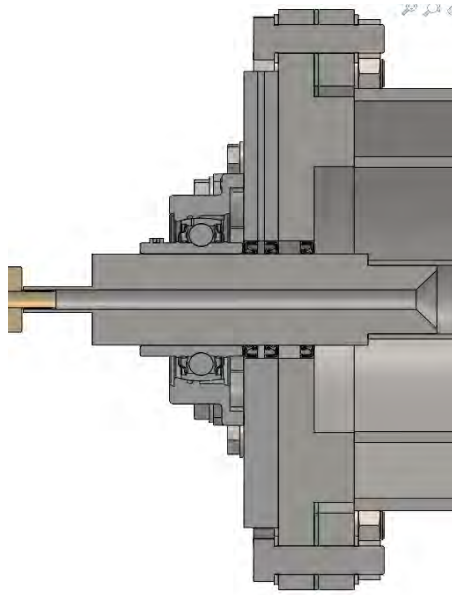
*Figura 30: Brida cierre lado motorreductor.*

Ambas figuras 29 y 30 son cada una de un lado opuesto de la brida. La cara que conecta con la brida de la camisa exterior, que se observa en la figura 29, es igual para ambas bridas. Es la cara de la brida que se muestra en la figura 30 la que cambia. La primera diferencia se puede observar a primera vista, se trata del tocho de acero que lleva soldado a esa cara exterior la brida del lado del motorreductor, necesario para conectar con el motorreductor y que este tenga un apoyo. Este tocho conecta con el motorreductor mediante un brazo de reacción, el cual nos aporta Cidepa [22] a la hora de elegir el motorreductor. Tanto sus medidas como el plano de las bridas se encuentran en los anejos.

La otra diferencia se encuentra en la disposición de los cuatro agujeros roscados que se pueden observar en la figura 30. En la figura 31 y 32, podemos advertir que en la cara exterior de la brida se atornilla a ella una tapa de acero a medida, de la cual hablaremos luego, en la que se atornillará a ella también el rodamiento correspondiente. Al tener dos rodamientos diferentes por los distintos diámetros del eje, la posición de los tornillos en la carcasa de los rodamientos es más grande en una que en otra. Por ello, las dos tapas a medida y las dos bridas de cierre, serán diferentes a cada lado del transportador.

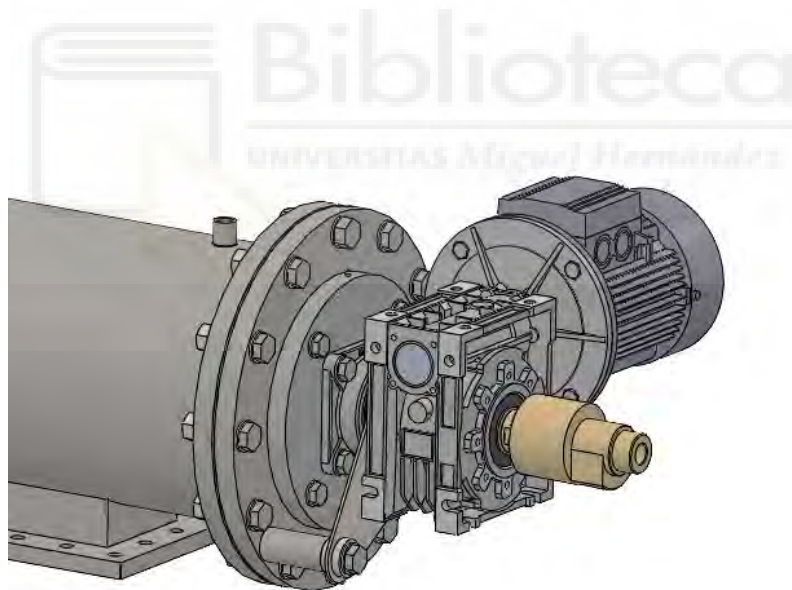


*Figura 31: Sección del transportador en el lado del motorreductor*



*Figura 32: Sección del transportador lado opuesto*

Se presenta además una imagen del conjunto atornillado de la parte del motorreductor en la figura 33.



*Figura 33: Conjunto atornillado lado motorreductor.*

### **3.3.2. Tapa a medida.**

La razón del diseño de la tapa a medida, se debe a la importancia de disponer de retenes. Estos impiden que el polvo provocado por el material en el interior del sin fin, se escape hacia el rodamiento, que también observamos que está atornillado a esta chapa metálica. Podríamos haber situado los retenes en la propia brida de cierre de no ser por un inconveniente, la lubricación de los mismos.



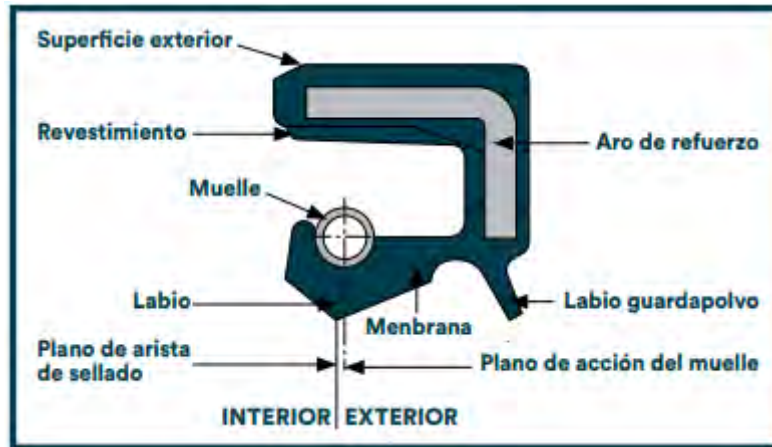


Figura 34: Imagen de un retén [28].

En la figura 34 se muestra una imagen de un retén. El labio de sellado, que es la parte del retén que va a estar en contacto con el eje en movimiento, nunca debe funcionar en seco [28]. Para ello, se lubrica dicho retén a la hora de su montaje sobre el eje. El único contratiempo a prever es la succión del lubricante por parte del retén. Se ha creído necesaria la disposición de dos retenes, enfrentados cara a cara, antes del rodamiento, y para prevenir este contratiempo mencionado, se cree conveniente aportar lubricación extra a este par de retenes mediante una boquilla de lubricación. Para ello habrá que realizar un canal en la pieza donde estén ubicados estos retenes para hacer llegar hasta ellos la lubricación. Va a ser bastante complicado realizar este canal en la brida de cierre debido a su diámetro, es por ello entonces que elegimos atornillar a la brida una chapa metálica de menor diámetro para introducir en ella este par de retenes. Con respecto al retén individual que se coloca en la brida de cierre, no consideramos necesaria su lubricación extra, pues es un retén que colocamos para mayor seguridad.

En la figura 35, podemos observar una imagen de la tapa. En este caso, ambas tapas se diferencian en dimensiones, para más información ver el plano en los anejos. Podemos observar en la parte superior un pequeño agujero, que es el canal para la lubricación. En las figuras 31 y 32 se tiene una mejor visión del canal a lo largo de la tapa en la vista de sección. Esta lubricación se lleva a cabo mediante un tapón de lubricación, representado en la figura 35, UNF de 1/2".



Figura 35: Tapa a medida.

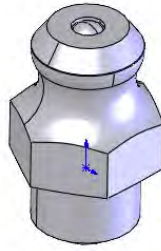


Figura 36: Tapón de lubricación.

### 3.3.3. Motorreductor

En el apartado 2.4. hemos obtenido el conjunto de motor y reductor, de Cidepa [22] en este caso, a partir de las fórmulas de potencia que necesita el transportador para desplazar el material. Una vez elegido se decide en qué lado del eje colocarlo. Como acabamos de ver en el apartado anterior del diseño del eje principal, hemos colocado el chavetero para el acople del motorreductor en el lado del eje más cercano a la boca de salida del material. Puede parecer de poca importancia la colocación del conjunto motor y reductor, ya sea en el lado de entrada de material o en el de salida, pero tiene mucho que ver con la eficiencia de éste.

Como hemos visto en el apartado de selección del motor, se ha calculado una potencia mínima que debía soportar el motorreductor elegido. La potencia se define como la cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo, como se puede observar en la fórmula 3.1 [29]:

$$P = \frac{W}{t} \quad (3.1)$$

siendo W el trabajo realizado, en Julios.

siendo t el tiempo transcurrido, en segundos.

La potencia depende proporcionalmente del trabajo realizado, cuya fórmula es representada en la ecuación 3.2 [29]:

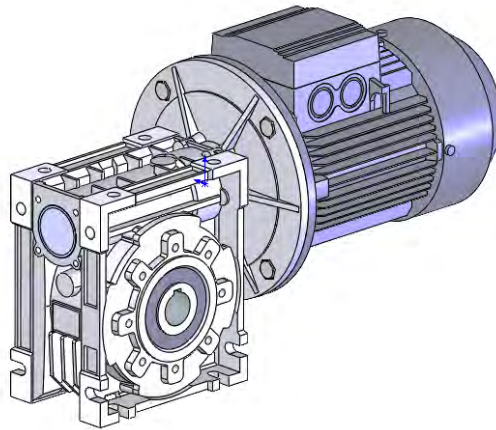
$$W = F d \quad (3.2)$$

siendo F la fuerza aplicada, en Newtons.



siendo  $d$  la distancia recorrida, en metros.

El conjunto del motorreductor que hemos elegido consta de tres partes fundamentales: carcasa, sin fin y corona. Vamos a ayudarnos de la figura 37 para que resulte más agradable a la vista y podamos entender mejor lo que se va a explicar a continuación:



*Figura 37: Imagen del conjunto motorreductor de Cidepa escogido.*

Las carcasas están construidas en inyección de aluminio, lo que le aporta un muy fiable comportamiento en aplicaciones en las que se requiera accionamiento de poco peso y una eficiencia similar a la que consiguen los productos de Fundición Gris.

El sin fin está construido en acero cementado y templado, con los flancos de diente rectificadas y corona en bronce centrifugado DIN (GZ-CuSn 12 Ni), fundido sobre acero. Mediante el mecanizado en alta calidad de estos dos componentes se consiguen altos rendimientos y bajos niveles de ruido.

El eje de salida es hueco, aunque permite la posibilidad de adaptarle un eje postizo. Además, contiene retenes de nitrilo butadieno según DIN 3760 y rodamientos de alta calidad [21]. Tanto las características técnicas como las medidas del conjunto del motorreductor están expuestas en los anejos.

Con respecto a los motorreductores, hay que tener en cuenta una serie de riesgos, sobre todo si están ubicados en el exterior y, por tanto, expuestos a los diversos fenómenos atmosféricos. Es fundamental valorar cuidadosamente dichos riesgos, ya que pueden generar grandes costes tanto para el cliente como para la propia empresa. Los riesgos más importantes son: la penetración de agua, la oxidación, la vida útil de los anillos de sellado, la vida de las tapas de seguridad y la exposición a altas temperaturas.

La penetración de agua es el mayor riesgo para el motor eléctrico. Fundamentalmente, hay dos casos en los cuales el motor no podrá funcionar. En el mejor de ellos, esta filtración puede provocar el bloqueo de los cojinetes. Más preocupante sería que se produjese un cortocircuito en el estátor, donde se encuentra el devanado eléctrico.

La carcasa del reductor, así como los otros componentes de aluminio, tienden a oxidarse a medio plazo. El aluminio oxidado se desmorona cada vez más, de manera inversamente proporcional a la resistencia mecánica, que disminuye.

Los árboles expuestos también tienen tendencia a oxidarse. La oxidación del árbol de movimiento de salida dañará el anillo de sellado. Aunque ocurre con menos frecuencia, la oxidación en la parte de conexión entre el motor y el reductor es igualmente perjudicial. Si no se llevan a cabo protecciones adecuadas, la consecuencia será la misma, es decir, daños en el anillo de sellado y pérdida de aceite.

La vida útil de los anillos de sellado puede variar considerablemente si están directamente expuestos a fenómenos atmosféricos. Las altas temperaturas del sol directo, el agua y las temperaturas extremas durante el invierno son agentes atmosféricos que influyen en la vida útil de los anillos de sellado.

El plástico de las tapas de seguridad, sometido a los fenómenos meteorológicos, también tendrá una vida útil significativamente más corta. La tapa de seguridad tenderá a debilitarse mecánicamente y, en el momento en que se rompa o se agriete, dejará espacio a las filtraciones [30].

El último riesgo de importancia a tener en consideración son las altas temperaturas a las que pueda estar expuesto. En el interior del reductor se encuentran las etapas de reducción con los engranajes que transmiten el par. Estos engranajes pierden potencia en forma de calor debido a la fricción de sus dientes. Es por ello que, a la hora de elegir el motorreductor, el fabricante nos informa de la potencia eléctrica que nuestro motorreductor es capaz de disipar. El problema aparece cuando el motorreductor está expuesto a altas temperaturas, pues no podrá disipar de forma tan correcta el calor, por lo que habrá que tenerlo en consideración a la hora de tocarlo y utilizar el material de protección adecuado [31].

### **3.3.4. Junta Rotativa**

Para poder refrigerar el sin fin por su interior haciendo pasar agua por el interior del eje, haremos uso de una junta rotativa. Las juntas rotativas se utilizan para introducir y extraer fluidos de un dispositivo. Hay muchos tipos de juntas rotativas, así como distintos fluidos que podemos hacer pasar por su interior depende del tipo de junta.

En este caso nos hemos decantado por la junta rotativa de simple efecto. Este tipo de junta se utiliza para calentar o refrigerar las partes rotativas de una máquina [32], como en este caso el eje. Sabemos que el fluido a utilizar para enfriar el material, como ya hemos comentado previamente, es el agua. El sistema consiste en instalar una junta rotativa en cada extremo del sin fin, una introduce el agua en el eje y la otra lo extrae. Por las características del eje, elegimos una junta de DN 15, cuyas especificaciones técnicas pueden verse en los anejos.

## 4. Presupuesto

### 4.1. Desglose del presupuesto.

- Componentes:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	UNIDAD	TOTAL
Tubo soldado AISI 304 DN 50	5,54	m	45,3	€/m	251 €
Tubo soldado AISI 304 DN 200	5,56	m	64,29	€/m	357,45 €
Tubo soldado AISI 304 DN 300	5,56	m	71,30	€/m	396,43 €
Redondo AISI 304 DN 70	0,65	m	82,56	€/m	53,66 €
Chapa AISI 304 150x150 mm espesor 4	0,24	m	56,32	€/m	13,52 €
Chapa AISI 304 250 mm espesor 30 mm	0,5	m	64,86	€/m	32,43€
Brida Plana EN 1092-1 ISO DN 300	2	ud	240,12	€/ud	480,24€
Junta cerámica DN 300 espesor 3 mm	2	ud	11,74	€/ud	23,48€
Manguito rosca interior ½" ISO 7-1 EN10226-1	2	Ud	3,40	€/ud	6,80€
Chapa AISI 304 espesor 55 mm	0.6	m	89,99	€/m	54€
Redondo AISI 304 DN 30	0,07	m	74,22	€/m	5,2€
Motorreductor Cidepa KM-90	1	Ud	256,48	€/ud	256,48€
Brazo de reacción para motorreductor KM-90	1	Ud	44,21	€/ud	44,21€
Retén 70x90x10 DIN3760	6	Ud	3,93	€/ud	23,58€
Rodamiento con soporte UCF-214	1	Ud	219,59	€/ud	219,59€

Rodamiento con soporte UCF-210	1	Ud	90,53	€/ud	90,53€
Junta rotativa DN 15 ½"	2	Ud	177,23	€/ud	354,46€
Tornillo M16x35 DIN 933 8.8 ZN	4	Ud	2,24	€/ud	8,96€
Tornillo M16x45 DIN 933 8.8 ZN	8	Ud	2,24	€/ud	17,92€
Tornillo M20x40 DIN 933 8.8 ZN	4	Ud	2,78	€/ud	11,12€
Tornillo M20x65 DIN 933 8.8 ZN	1	Ud	2,72	€/ud	2,72€
Tornillo M20x80 DIN 933 8.8 ZN	11	Ud	2,78	€/ud	30,58€
Tornillo M22x80 DIN 933 8.8 ZN	13	Ud	4,09	€/ud	53,17€
Tuerca hexagonal M20 DIN 934 8.8 ZN	24	Ud	1,94	€/ud	46,56€
Arandela plana M16 DIN 125A 8.8 ZN	12	Ud	0,12	€/ud	1,44€
Arandela plana M20 DIN 125A 8.8 ZN	53	Ud	0,18	€/ud	9,54€

**TOTAL: 2845,07 €**

- Operaciones:

Corte Laser	6	h	80,00	€/h	480
Mecanizado	10	h	60,00	€/h	600
Torneado	5	h	55,00	€/h	275
Plegado de chapas	2	h	35,00	€/h	70
Soldadura	6	h	80,00	€/h	480

**TOTAL: 1905,00 €**

- Servicios:

Instalación eléctrica	4	h	54,00	€/h	216,00 €
Instalación hidráulica	4	h	50,00	€/h	200,00 €
Ingeniería	25	h	80,00	€/h	2000,00 €
Grúa	1	h	55,00	€/h	55,00 €
Montaje	12	h	50,00	€/h	600,00 €

**TOTAL: 3071,00 €**

#### 4.2. Total presupuesto.

Componentes	2845,07 €
Operaciones	1905,00 €
Servicios	3071,00 €
<b>Total neto</b>	<b>7821,07 €</b>
IVA (21%)	1642,43 €
<b>TOTAL</b>	<b>9463,5 €</b>

El total del presupuesto asciende a **nueve mil cuatrocientos sesenta y tres con cincuenta céntimos.**

#### 5. Conclusiones.

El objetivo del trabajo era diseñar un transportador helicoidal capaz de transportar material a la vez que disipa la temperatura de este. Para ello, se ha predimensionado el transportador escogiendo adecuadamente la hélice y los tubos de acero que lo conforman, verificando luego que estos son capaces de trasegar el material que pasa por su interior. Los cálculos de transmisión de calor nos han permitido conocer las dimensiones finales respecto a la longitud del recorrido del material para poder disipar el calor de este mediante la refrigeración con agua contracorriente. Se ha terminado de diseñarlo calculando la potencia necesaria y los rodamientos adecuados, así como mostrando y explicando el diseño y elección de los componentes necesarios para la estanqueidad del mismo y su finalización.

Como trabajo a futuro para la mejora del transportador se propone la inclusión de difusores o aletas en el interior de la camisa exterior para “obligar” al agua a recorrer la superficie del tubo por ambos lados. Esta sugerencia se debe a que el agua al circular por el exterior de la camisa interior que va a refrigerar, no lo va a hacer de igual manera por ambas caras, es decir, va a seguir el camino que le sea más fácil. Por ello se propone

instalar difusores en el exterior de la camisa interior para dirigir el agua de un lado a otro poco a poco, guiándola desde la entrada hasta la salida.

## 6. Bibliografía

[1] Sexto Informe de Evaluación del IPCC (AR6).

Enlace: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf)

[2] Políticas y medidas con respecto al cambio climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Enlace: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/gestion-residuos.html>

[3] Ley 07/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Enlace: <https://www.boe.es/eli/es/l/2022/04/08/7/con>

[4] Br. Carlos Vásquez Sheyla Esperanza – Tesis. Propuesta de un programa de valorización de residuos sólidos orgánicos municipales.

Enlace: <https://core.ac.uk/download/pdf/335023496.pdf>

[5] greene.es ; Greene Enterprise - Gasificación y valorización del material

Enlace: <https://greene.es/>

[6] Dr. Hilal Ezgi Toraman – Combustibles alterativos a partir de fuentes de biomasa.

Enlace: <https://www.e-education.psu.edu/egee439/>

[7] geinsa.com ; Geinsa – Diseño, fabricación y montaje de instalaciones automáticas de pintura.

Enlace: <https://contenidos.geinsa.com/como-es-el-funcionamiento-del-horno-de-secado-industrial/>

[8] amarc.com ; Amarc SRL – Hornos industriales para tratamiento térmico.

Enlace: <https://www.amarc.com/es/applicazione/secado/#:~:text=El%20secado%20se%20lleva%20a,contenido%20en%20el%20propio%20producto.>

[9] mdfmaquinaria.com ; Sinfines y cintas transportadoras.

Enlace: <https://mdfmaquinaria.com/productos/transporte-de-productos-solidos/transportadores-cadena-redler/#:~:text=El%20transportador%20de%20cadena%20o,de%20f%C3%A1cil%20montaje%20y%20mantenimiento.>

[10] grainsystems.com ; GSI – Grain Systems.

Enlace: [https://www.grainsystems.com/sp\\_SA/productos/manejo-de-granos/transportadores-de-cadena/transportadores-de-cadena-redler.html](https://www.grainsystems.com/sp_SA/productos/manejo-de-granos/transportadores-de-cadena/transportadores-de-cadena-redler.html)

[11] cmovalves.com – Válvula de guillotina-C

Enlace: <https://cmovalves.com/es/producto/valvula-serie-c/>

[12] avkvalvulas.com/es – Qué es una válvula de guillotina

Enlace: <https://www.avkvalvulas.com/es-es/m%C3%A1s-informaci%C3%B3n-y-soluciones/caracter%C3%ADsticas-de-los-productos/v%C3%A1lvulas-de-guillotina/qu%C3%A9-es-una-v%C3%A1lvula-de-guillotina>

[13] Enciclopedia italiana. Barrena.

Enlace: [https://www.treccani.it/enciclopedia/coclea\\_%28Enciclopedia-Italiana%29/](https://www.treccani.it/enciclopedia/coclea_%28Enciclopedia-Italiana%29/)

[14] begahelicoidales.com ; Transportadores Helicoidales Sin fin.

Enlace: <https://www.begahelicoidales.com/que-es-un-transportador-helicoidal>



- [15] martinsprocket.com ; Catálogo de manejo de materiales, sección H.  
Enlace: [https://es.martinsprocket.com/docs/catalogs/material%20handling/1\\_man\\_ejo%20de%20materiales/seccion%20h.pdf](https://es.martinsprocket.com/docs/catalogs/material%20handling/1_man_ejo%20de%20materiales/seccion%20h.pdf)
- [16] sinfinesfactory.com ; Catálogo de sinfines – Sinfines Factory  
Enlace: [CATÀLEG IMPREMTA.cdr \(sinfinesfactory.com\)](#)
- [17] dnbrida.com ; Tabla de espesores de tuberías de acero inoxidable según ASME.  
Enlace: <https://www.dnbrida.com/espesor-tuberia-acero-inoxidable-sch-asme-b36.19m.php>
- [18] ingemecanica.com ; Cálculo de transportadores tornillos sin fin.  
Enlace: [Cálculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin \(ingemecanica.com\)](#)
- [19] Yunus A. Çengel,– Transferencia de calor y masa. Un enfoque práctico. University of Nevada, Reno. Capítulo 11: Intercambiadores de Calor.
- [20] ajtransmisiones.com ; Descripción de motorreductores, aplicaciones y tipos.  
Enlace: <https://www.ajtransmisiones.com/blog/reductores-motorreductores-definicion-aplicaciones-tipos>
- [21] cidepa-sincron.com ; Elección del motor y del motorreductor. Motorreductor sin fin-corona KM  
Enlace: [Motorreductor sin fin corona - Reductor de velocidad KM \(cidepa-sincron.com\)](#)
- [22] skf.com ; Selección de rodamientos.  
Enlace: <https://www.skf.com/es/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/flanged-ball-bearing-units#cid-485221>

- [23] medias.shaeffler.es ; Cálculos de carga dinámica y estática básicas para los rodamientos.  
Enlace: [UCF210-30 Soporte-bridas: Informarse y comprar online en Schaeffler medias](https://www.medias.shaeffler.es/UCF210-30_Soporte-bridas)
- [24] Yasiel Rodriguez – Tabla de chavetas y chaveteros para diseño  
Enlace: <https://esingenieria.pro/tabla-de-chavetas-y-chaveteros/>
- [25] Ficha divulgativa de un tornillo sin fin. FD-75.  
Enlace: [https://www.carm.es/web/descarga?ARCHIVO=FD75.pdf&ALIAS=ARCH&IDCONTENIDO=77262&RASTRO=c721\\$m4580,9781](https://www.carm.es/web/descarga?ARCHIVO=FD75.pdf&ALIAS=ARCH&IDCONTENIDO=77262&RASTRO=c721$m4580,9781)
- [26] genca.es – Accesorio roscado de barra. Manguito hembra figura 270.  
Enlace: <https://www.genca.es/es/accesorio-roscado-mecanizado-de-barra/11-manguito-hembra-figura-270-rosca-compatible-en10226-1-bspp-iso71.html>
- [27] hastinik.com – Catálogo de bridas  
Enlace: [https://www.hastinik.com/wp-content/uploads/2023/03/Catalogo\\_Hastinik\\_Bridas-02-15.pdf](https://www.hastinik.com/wp-content/uploads/2023/03/Catalogo_Hastinik_Bridas-02-15.pdf)
- [28] epidor-srt.com – Catálogo de retenes  
Enlace: [https://epidor-srt.com/wp-content/uploads/2022/07/SRT\\_ES\\_202206\\_Catalogo\\_Retenes\\_WEB\\_PDF\\_Version\\_Consulta.pdf](https://epidor-srt.com/wp-content/uploads/2022/07/SRT_ES_202206_Catalogo_Retenes_WEB_PDF_Version_Consulta.pdf)
- [29] Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr. – Física para ciencias e ingeniería, volumen 1, 7ª edición.
- [30] transtecno.com – Motorreductor en exterior, peligros y cómo prevenirlos.  
Enlace: [Motorreductor sin fin corona - Reductor de velocidad KM \(cidepa-sincron.com\)](https://www.transtecno.com/Motorreductor-sin-fin-corona-Reductor-de-velocidad-KM-(cidepa-sincron.com))

[31] Abel García Collado – Potencia térmica en reductores. Tem-sl.com

Enlace: [Potencia Térmica en Reductores - TEM, S.L - Gearboxes, Drives, Mobility \(tem-sl.com\)](http://www.tem-sl.com/Potencia-Termica-en-Reductores-TEM-SL-Gearboxes-Drives-Mobility)

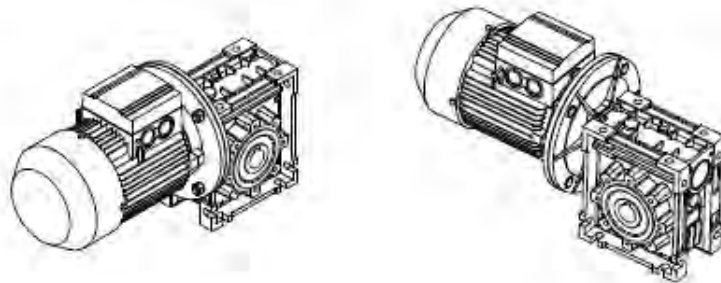
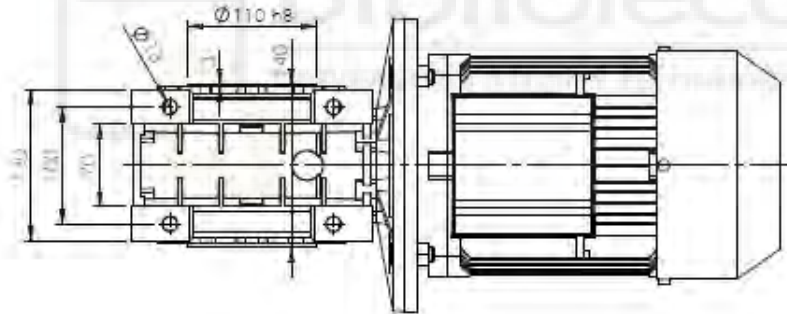
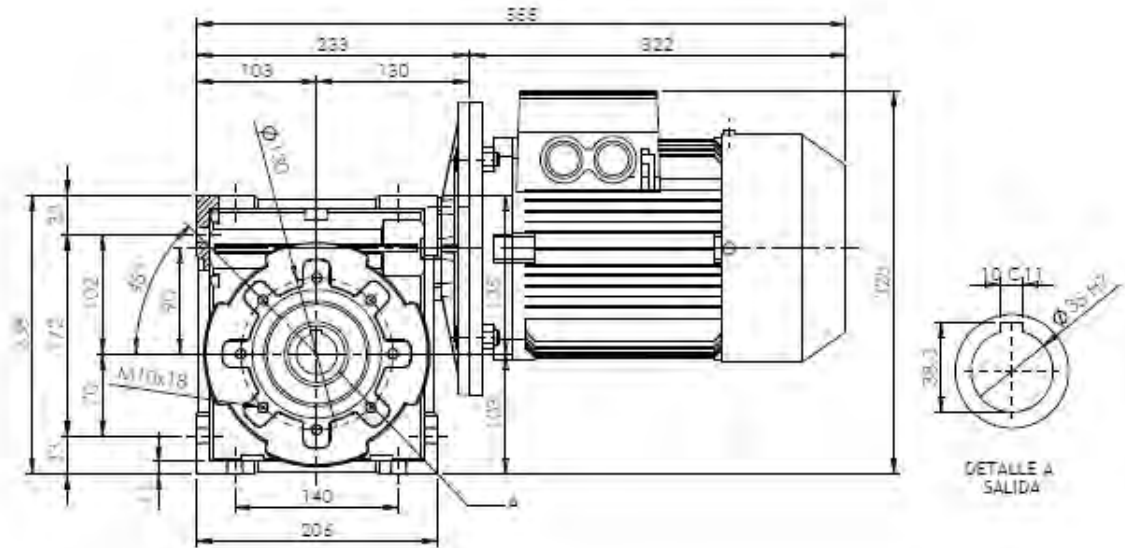
[32] deublin.es – Juntas rotativas para agua de simple paso

Enlace: <https://www.deublin.es/juntas-rotativas-para-agua-de-simple-paso-f-1-es>



# Anejo I. Características Técnicas.

## I.1. Motorreductor.




AWM	MQ-KM
TIPO	90
POTENCIA	3-4 CV
MONTAJE	PATAS

## I.2. Junta Rotativa.



Deublin Iberica, S.L.  
 Passeig Lola Anglada, 20  
 08228 Les Fonts, Terrassa – Spain  
 Tel. +34 93 221 12 23  
 www.deublin.es \_deublin@deublin.es

Juntas Rotativas · Juntas de Vapor y Sifones · Juntas Rotativas Eléctricas · Juntas a medida

	<h3>Junta: 157-130-151</h3> <p>Tamaño DN15 1/2"                  Rosca Rotor: 1/2" BSP a derechas                  Rosca Flexible: 1/2" BSP</p> <p>Fluidos: Agua, agua con glicol, vapor saturado                  Intermitente</p>
<h3>Características Técnicas</h3> <p>Junta de simple paso                  Presión máxima 50 bar                  Velocidad máxima 3.500 rpm                  Temperatura máxima del fluido: 120°C                  Rotor en acero inoxidable                  Combinación de sellado:                  Grafito contra Carburo de Silicio                  Par de giro: 0,34 Nm                  Par de apriete rosca del rotor: 50 Nm</p>	<h3>Kit de reparación 157-000C</h3> 
<h3>Dimensiones de la junta rotativa</h3> 	<h3>Instalación Flexible</h3> 

### I.3. Rodamiento UCF 210



## UCF 210

Unidad de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada con fijación con tornillos, soporte de fundición, JIS

Estas unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada cumplen con las normas industriales japonesas (JIS). Están formadas por un rodamiento de inserción, con un aro interior prolongado y fijación con tornillo, y son adecuadas para aplicaciones en las que el sentido de giro es constante o alternado. El rodamiento está montado en un soporte de fundición, que puede atornillarse a la pared o al marco de la máquina. Las unidades de rodamientos de bolas pueden admitir una desalineación inicial moderada, pero normalmente no permiten el desplazamiento axial.

- Resisten altos niveles de contaminación
- Diseñados para altas temperaturas y velocidades
- Soportan cargas relativamente pesadas
- Rentables

### Overview



## Biblioteca

### Dimensiones

Diámetro del eje	50 mm
Ancho total del soporte	39.5 mm
Ancho total	54.6 mm
Distancia del centro entre los orificios para tornillos	111 mm
Ancho del rodamiento, total	51.6 mm

### Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	35.1 kN
Capacidad de carga estática básica	23.2 kN
Velocidad límite	3 300 r/min
Note	Velocidad límite con tolerancia de eje h6

### Propiedades

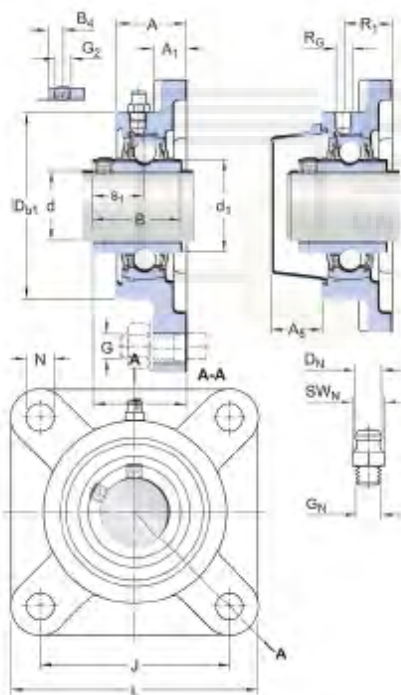
Tipo de soporte	Con pestaña
Tipo de soporte con pestaña	Cuadrada
Cantidad de agujeros para tornillos de fijación	4
Tipo de orificio para tornillos de fijación	Plano
Elemento de retención, aro interior	Tornillos de fijación
Tipo de	Cilíndrico



## Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	JIS
Para un propósito específico	Para aplicaciones de manipulación de materiales
Material, soporte	Fundición
Sellado, rodamiento	Sello y aro deflector en ambos lados
Sellado Tipo, rodamiento	Contacto estándar
Sellado, unidad	Tapa lateral opcional
Recubrimiento	Sin

## Dimensiones



d	50 mm	Diámetro interno
d <sub>1</sub>	= 62.1 mm	Diámetro exterior del aro interior
A	39.5 mm	Ancho total
A <sub>1</sub>	16 mm	Ancho de la pestaña
A <sub>S</sub>	3.3 mm	Parte que sobresale de la tapa lateral
B	51.6 mm	Ancho del aro interior
B <sub>4</sub>	9.5 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro de la rosca
D <sub>b1</sub>	115 mm	Diámetro superior externo
J	111 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
L	143 mm	Longitud total
N	16 mm	Diámetro del agujero del tornillo de fijación
s <sub>1</sub>	32.6 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro del camino de rodadura



T	54.6 mm	Ancho total de la unidad
---	------------	--------------------------

#### Orificio roscado

R <sub>G</sub>	1/8-27 NPT	Rosca del soporte para boquilla engrasadora
R <sub>1</sub>	25 mm	Posición axial de la rosca del soporte

#### Boquilla engrasadora

D <sub>N</sub>	6.589 mm	Diámetro de la cabeza esférica de la boquilla engrasadora
SM	11.11 mm	Tamaño de la llave hexagonal para la boquilla engrasadora
G <sub>N</sub>	1/8-27 NPT	Rosca de la boquilla engrasadora



## I.4. Rodamiento UCF 214



### UCF 214



Unidad de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada con fijación con tornillos, soporte de fundición, JIS

Estas unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada cumplen con las normas industriales japonesas (JIS). Están formadas por un rodamiento de inserción, con un aro interior prolongado y fijación con tornillo, y son adecuadas para aplicaciones en las que el sentido de giro es constante o alternado. El rodamiento está montado en un soporte de fundición, que puede atornillarse a la pared o al marco de la máquina.

Las unidades de rodamientos de bolas pueden admitir una desalineación inicial moderada, pero normalmente no permiten el desplazamiento axial.

- Resisten altos niveles de contaminación
- Diseñados para altas temperaturas y velocidades
- Soportan cargas relativamente pesadas
- Rentables

### Overview

#### Dimensiones

Diámetro del eje	70 mm
Ancho total del soporte	54 mm
Ancho total	75.4 mm
Distancia del centro entre los orificios para tornillos	152 mm
Ancho del rodamiento, total	74.6 mm

#### Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	62.4 kN
Capacidad de carga estática básica	44 kN
Velocidad límite	2 250 r/min
Note	Velocidad límite con tolerancia de eje h6

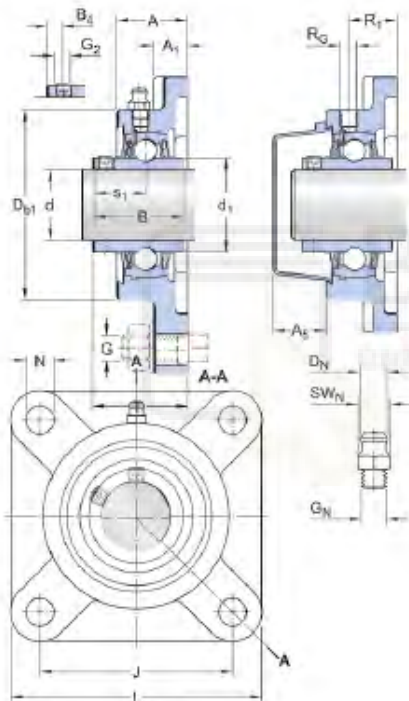
#### Propiedades

Tipo de soporte	Con pestaña
Tipo de soporte con pestaña	Cuadrada
Cantidad de agujeros para tornillos de fijación	4
Tipo de orificio para tornillos de fijación	Plano
Elemento de retención, aro interior	Tornillos de fijación
Tipo de	Cilíndrico

## Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	JIS
Para un propósito específico	Para aplicaciones de manipulación de materiales
Material, soporte	Fundición
Sellado, rodamiento	Sello y aro deflector en ambos lados
Sellado Tipo, rodamiento	Contacto estándar
Sellado, unidad	Tapa lateral opcional
Recubrimiento	Sin

## Dimensiones



d	70 mm	Diámetro interno
d <sub>1</sub>	≈ 87 mm	Diámetro exterior del aro interior
A	54 mm	Ancho total
A <sub>1</sub>	22 mm	Ancho de la pestaña
A <sub>5</sub>	41.5 mm	Parte que sobresale de la tapa lateral
B	74.6 mm	Ancho del aro interior
B <sub>4</sub>	12 mm	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro de la rosca
D <sub>bl</sub>	160 mm	Diámetro superior externo
J	152 mm	Distancia entre los tornillos de fijación
L	193 mm	Longitud total
N	19 mm	Diámetro del agujero del tornillo de fijación
s <sub>1</sub>	44.4	Distancia de la cara lateral del dispositivo de fijación al centro del camino de rodadura

	mm	
T	75.4 mm	Ancho total de la unidad

#### Orificio roscado

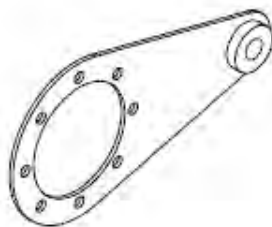
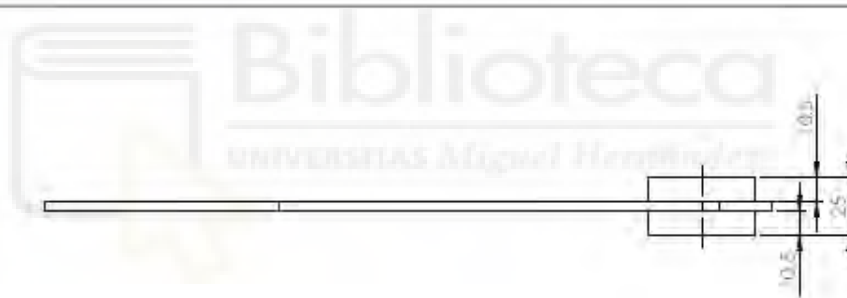
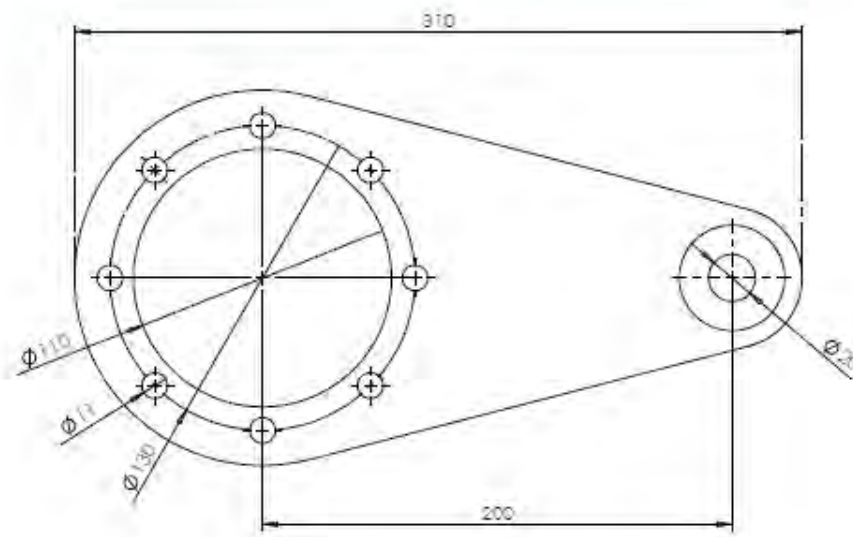
$R_G$	1/8-27 NPT	Rosca del soporte para boquilla engrasadora
$R_1$	35.5 mm	Posición axial de la rosca del soporte

#### Boquilla engrasadora

$D_N$	6.589 mm	Diámetro de la cabeza esférica de la boquilla engrasadora
SW	11.11 mm	Tamaño de la llave hexagonal para la boquilla engrasadora
$G_N$	1/8-27 NPT	Rosca de la boquilla engrasadora



## I.5. Brazo de reacción KM 90.



## **Anejo II. Planos.**

(Hoja siguiente plano 1).



4

3

2

1

F

F

E

E

D

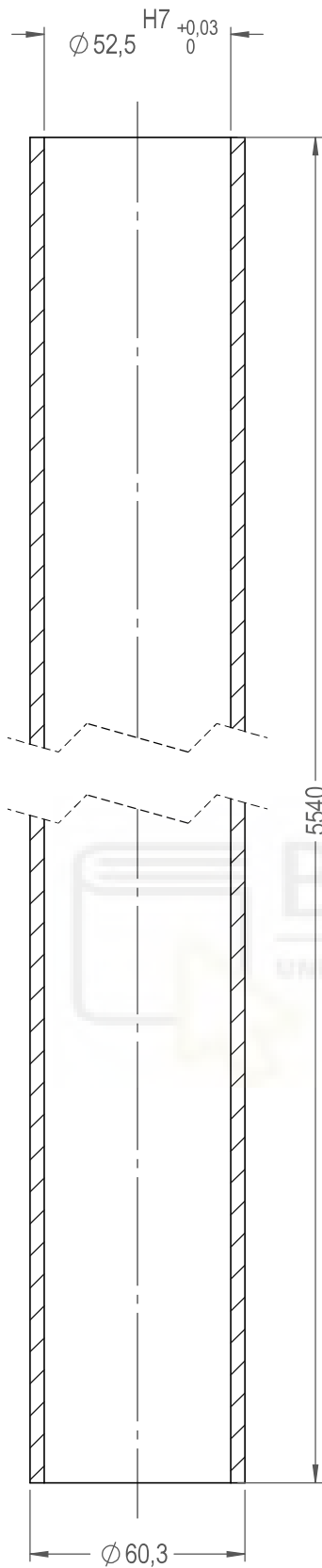
D

C

C

B

B



- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m:  $\pm 2\text{mm}$   
 - HASTA 3m:  $\pm 3\text{mm}$   
 - HASTA 4m:  $\pm 4\text{mm}$   
 - POR ENCIMA DE 4m:  $\pm 5\text{mm}$   
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE  $\pm 0,25\text{mm}$

DESCRIPCIÓN:

TUBO INTERIOR 2"

REVISION

0

ESCALA

1:2

PROYECTO:

PESO TOTAL:

30.70 Kg

MATERIAL:

AISI 304

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 1

PROYECCION:



Primer Angulo

FORMATO: A4



UNIVERSITAS Miguel Hernández

4

3

2

1

A

A



4

3

2

1

F

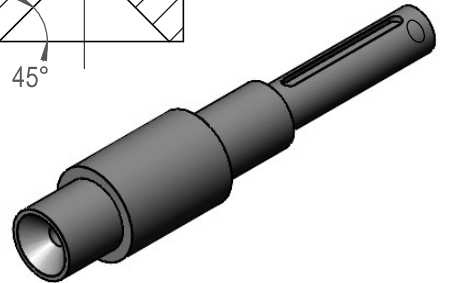
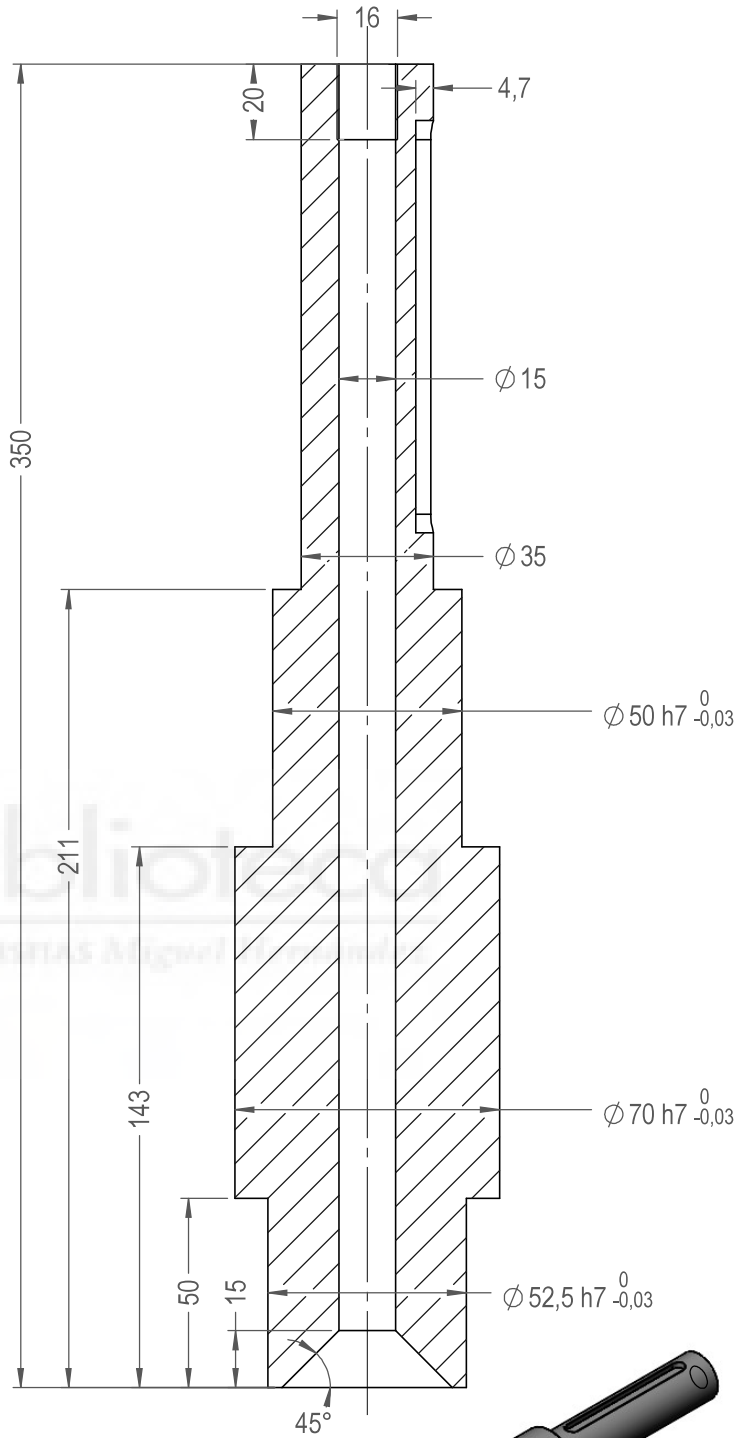
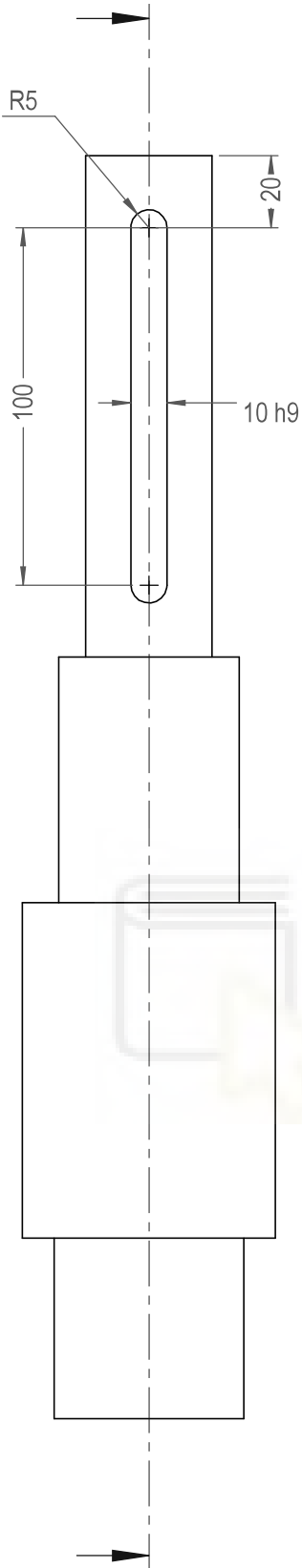
E

D

C

B

A



- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m: ±2mm  
 - HASTA 3m: ±3mm  
 - HASTA 4m: ±4mm  
 - POR ENCIMA DE 4m: ±5mm  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0,25mm

DESCRIPCIÓN:

# ACOPLE EJE LADO MOTORREDUCTOR

REVISION
0
ESCALA
1:2

PROYECTO:

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

PESO TOTAL:

5.26 Kg

MATERIAL:

AISI 304

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 2

PROYECCION:



Primer Angulo

FORMATO: A4

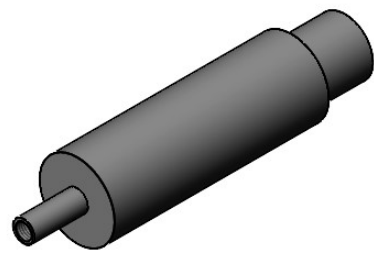
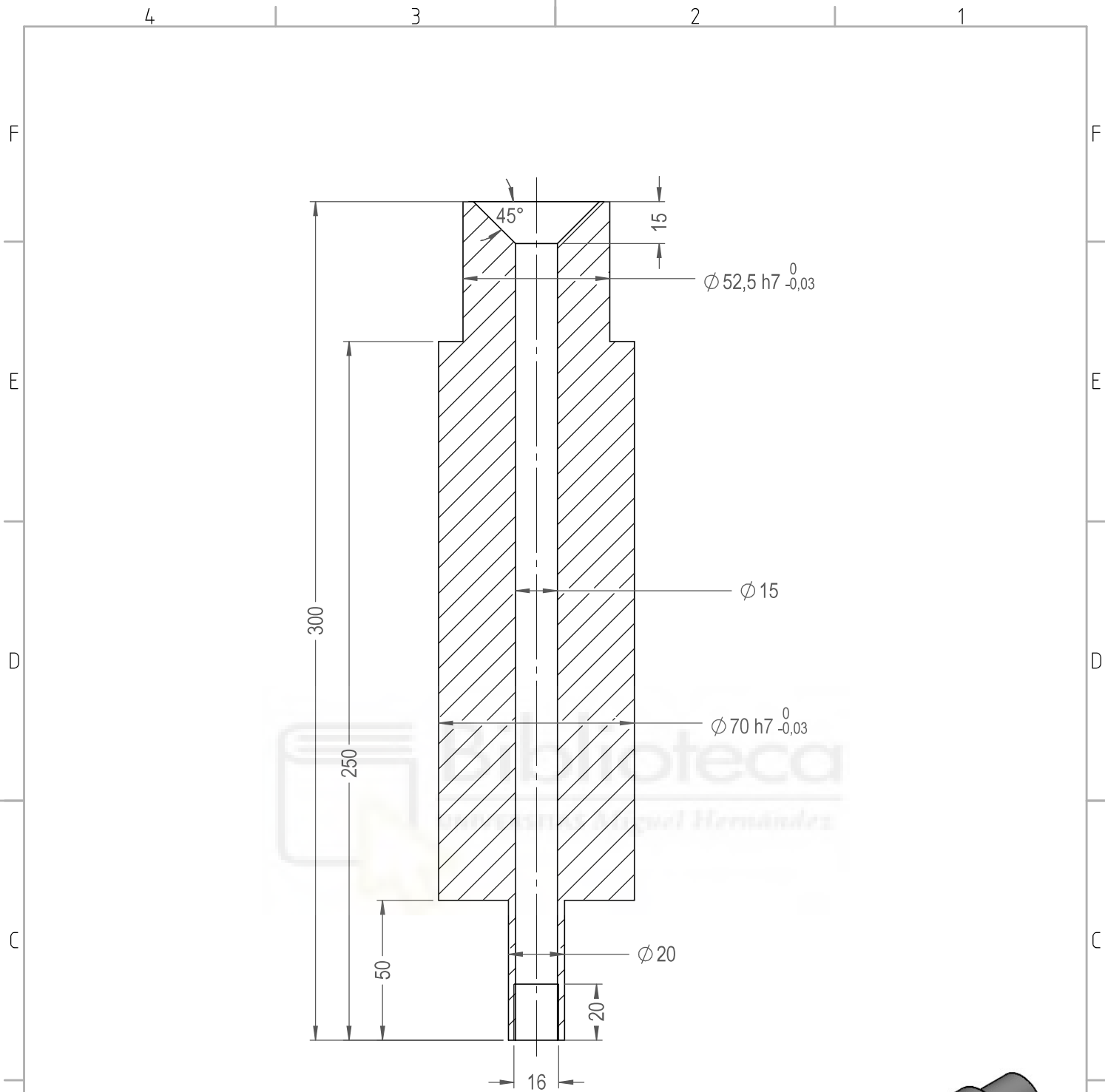


4

3

2

1



- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m:  $\pm 2$ mm  
 - HASTA 3m:  $\pm 3$ mm  
 - HASTA 4m:  $\pm 4$ mm  
 - POR ENCIMA DE 4m:  $\pm 5$ mm  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE  $\pm 0,25$ mm

DESCRIPCIÓN:

### ACOPLE EJE LADO OPUESTO

REVISION  
0

ESCALA  
1:2

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

PROYECTO:  
TRABAJO DE FINAL DE GRADO

PESO TOTAL: 6.65 Kg MATERIAL: AISI 304

Nº PLANO/NORMA:  
**PLANO 3**

PROYECCION: Primer Angulo FORMATO: A4



4

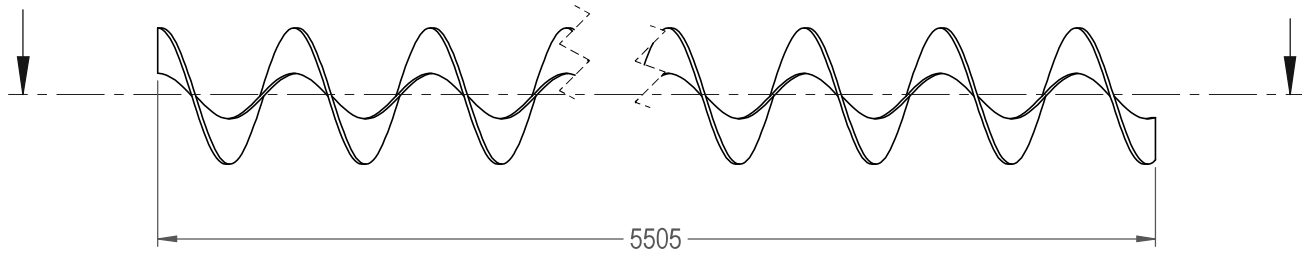
3

2

1

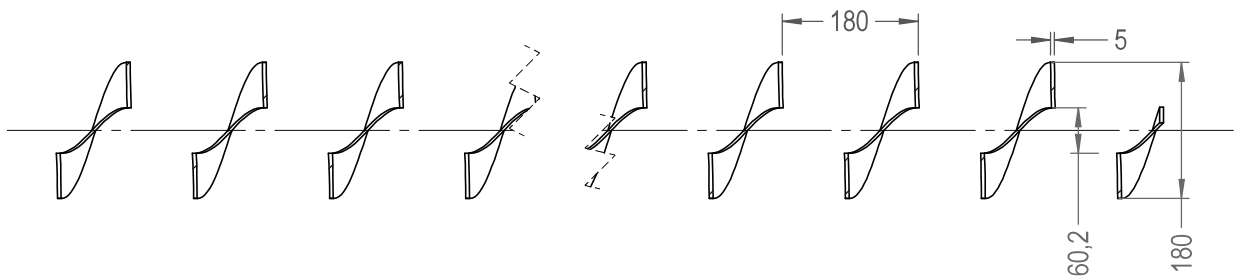
F

F



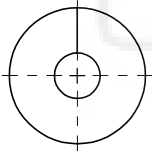
E

E



D

D



C

C

B

B

NOTA: HÉLICE A DERECHAS, SENTIDO DE GIRO EL DE LAS AGUJAS DEL RELOJ. 32 ESPIRALES COMPLETAS

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:

- HASTA 2m: ±2mm
- HASTA 3m: ±3mm
- HASTA 4m: ±4mm
- POR ENCIMA DE 4m: ±5mm

- SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

DESCRIPCIÓN:

### HÉLICE

REVISION  
0

ESCALA  
1:10

PROYECTO:

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

PESO TOTAL:

28.56 Kg

MATERIAL:

AISI 304

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 4



PROYECCION:



Primer Angulo

FORMATO: A4

A

A

4

3

2

1

4 3 2 1

F

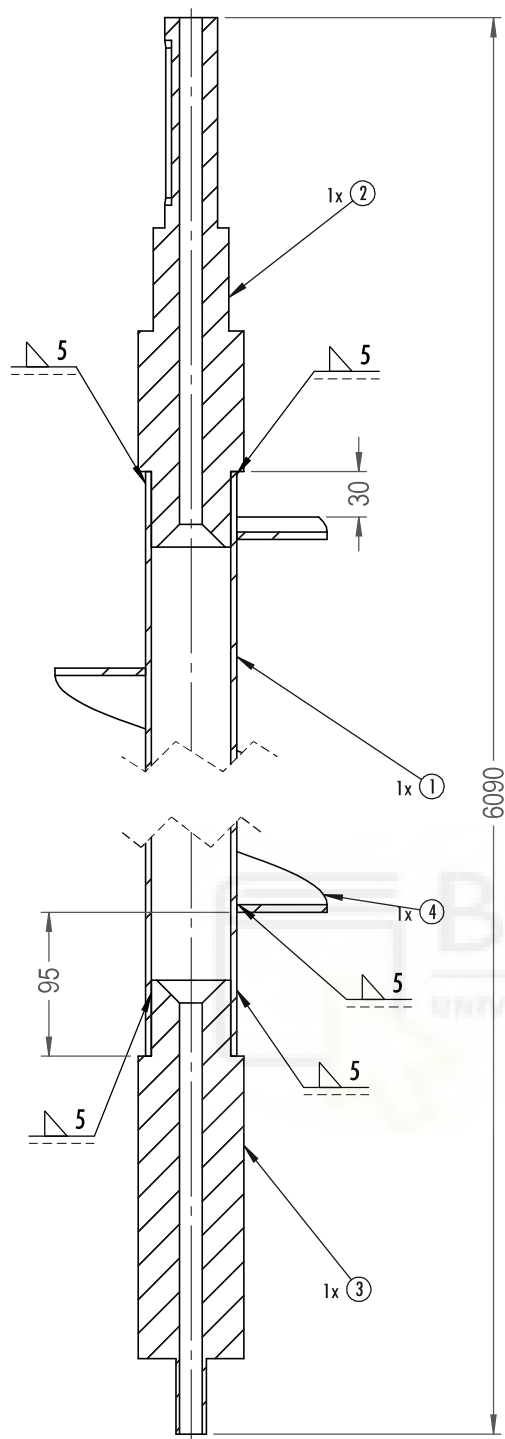
E

D

C

B

A



4	HÉLICE	1	28.56	AISI 304	4
3	ACOPLE EJE LADO OPUESTO	1	6.65	AISI 304	3
2	ACOPLE EJE LADO MOTORREDUCTOR	1	5.26	AISI 304	2
1	TUBO INTERIOR 2"	1	30.70	AISI 304	1
ITEM	DESCRIPCIÓN	QTY.	PESO	MATERIAL	Nº PLANO/NORMA

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:

- HASTA 2m: ±2mm
- HASTA 3m: ±3mm
- HASTA 4m: ±4mm
- POR ENCIMA DE 4m: ±5mm

- SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

DESCRIPCIÓN:

## ENSAMBLAJE TORNILLO SIN FIN

REVISION	0
ESCALA	1:5

PROYECTO:

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

PESO TOTAL:

71.19 Kg

MATERIAL:

AISI 304

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 5

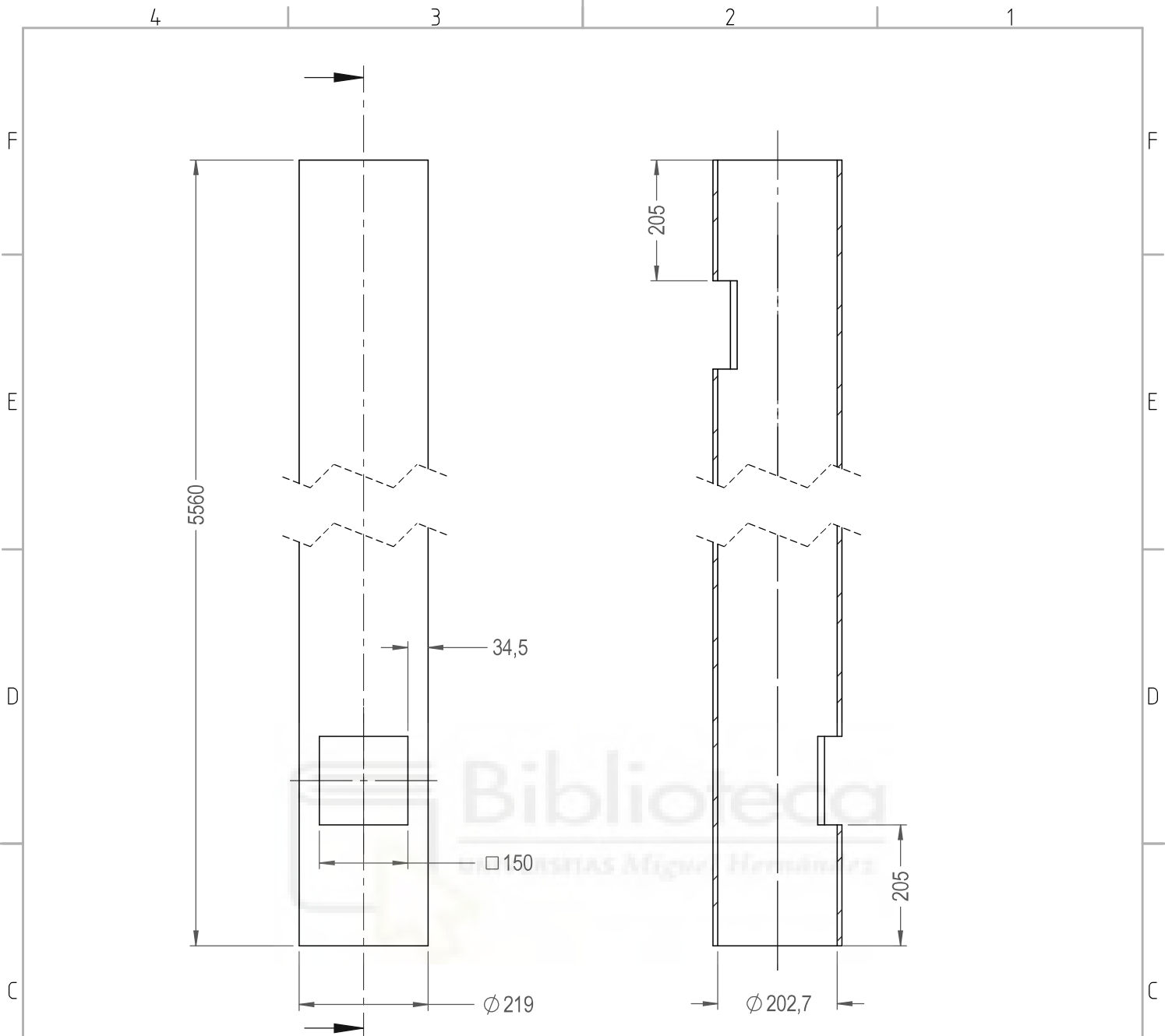
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

PROYECCION: Primer Angulo

FORMATO: A4





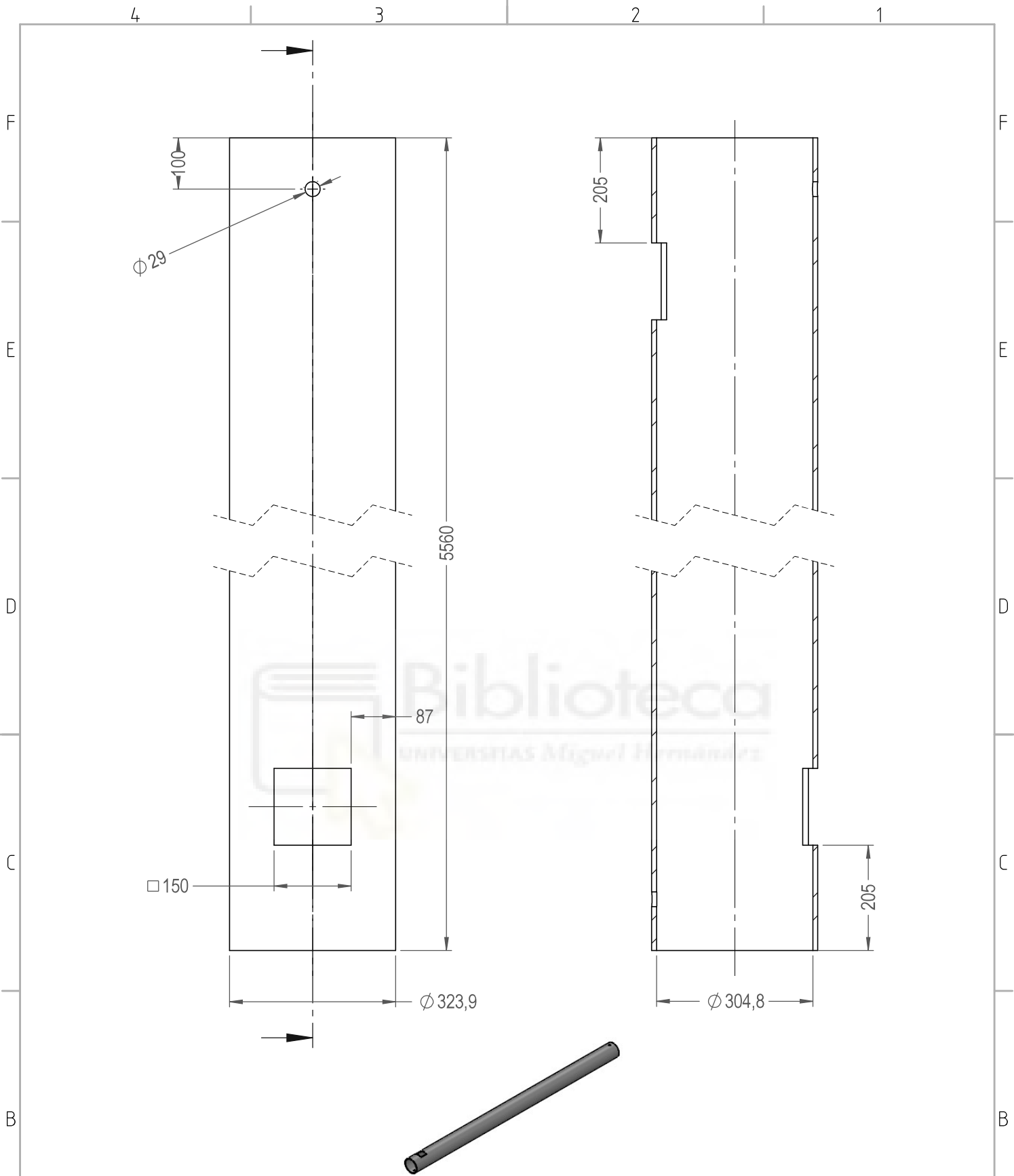
4 3 2 1



- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m: ±2mm  
 - HASTA 3m: ±3mm  
 - HASTA 4m: ±4mm  
 - POR ENCIMA DE 4m: ±5mm  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

DESCRIPCIÓN:		REVISIÓN	
CAMISA INTERIOR		0	
		ESCALA	
PROYECTO:		1:10	
		TRABAJO DE FINAL DE GRADO	
PESO TOTAL:		MATERIAL:	
238 Kg		AISI 304	
Nº PLANO/NORMA:			
PLANO 6			
PROYECCION:	 Primer Angulo	FORMATO:	A4



Biblioteca  
UNIVERSITAS Miguel Hernández

TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m: ±2mm  
 - HASTA 3m: ±3mm  
 - HASTA 4m: ±4mm  
 - POR ENCIMA DE 4m: ±5mm  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

DESCRIPCIÓN:	<b>CAMISA EXTERIOR</b>		REVISION <b>0</b>
PROYECTO:	TRABAJO DE FINAL DE GRADO		ESCALA <b>1:10</b>
PESO TOTAL:	<b>414.9 Kg</b>	MATERIAL:	<b>AISI 304</b>
		Nº PLANO/NORMA:	<b>PLANO 7</b>
PROYECCION:	Primer Angulo	FORMATO:	<b>A4</b>



4

3

2

1

F

F

E

E

D

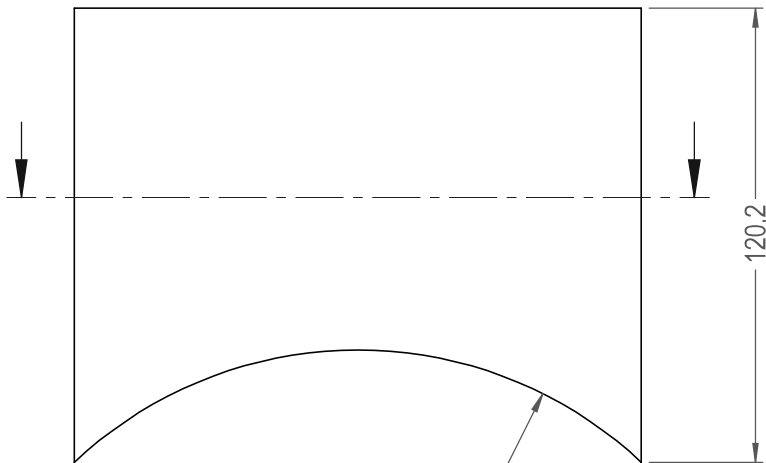
D

C

C

B

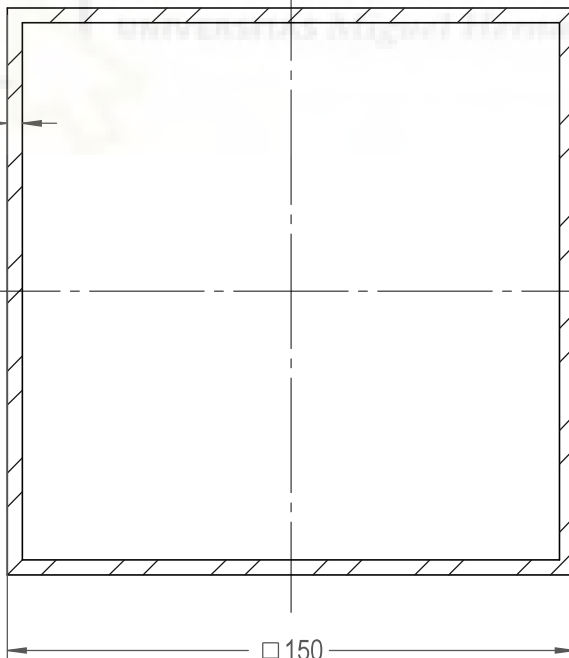
B



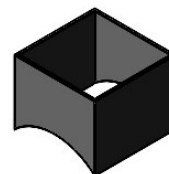
R109,5

120,2

4



□ 150



- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:

- HASTA 2m: ±2mm
- HASTA 3m: ±3mm
- HASTA 4m: ±4mm
- POR ENCIMA DE 4m: ±5mm

- SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

DESCRIPCIÓN:

CAÍDA ENTRADA/SALIDA

REVISION

0

ESCALA

1:2

PROYECTO:

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

PESO TOTAL:

2.03 Kg

MATERIAL:

AISI 304

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 8

PROYECCION:



Primer Angulo

FORMATO: A4



UNIVERSITAS

4

3

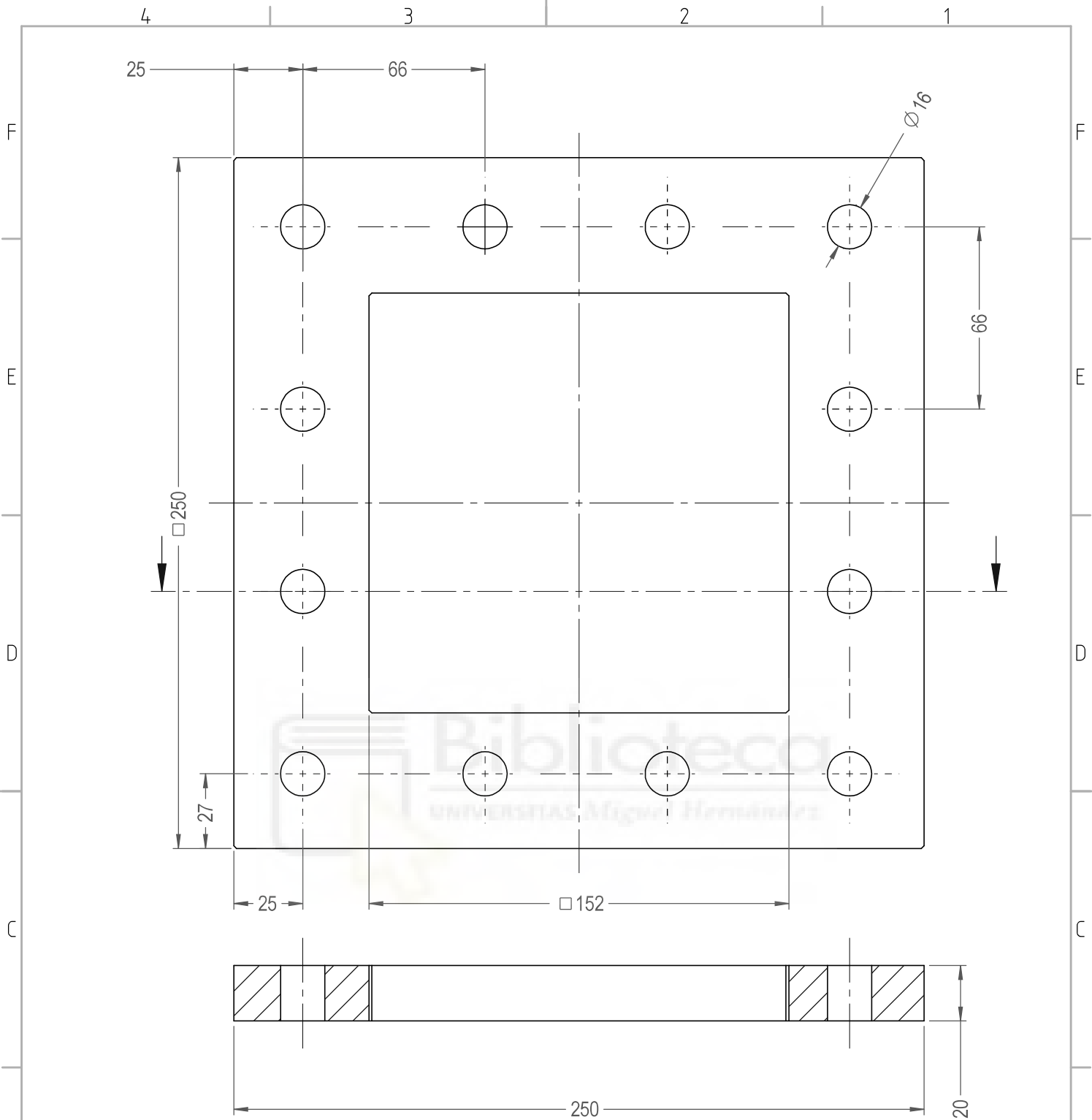
2

1

A

A





NOTA: TODOS LOS CHAFLANES SON DE 1mm x 45°

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:

- HASTA 2m: ±2mm
- HASTA 3m: ±3mm
- HASTA 4m: ±4mm
- POR ENCIMA DE 4m: ±5mm

- SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

DESCRIPCIÓN:

### BRIDA CUADRADA

REVISION

0

ESCALA

1:2

PROYECTO:

PESO TOTAL:

MATERIAL:

5.92 Kg

AI SI 304

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Nº PLANO/NORMA:

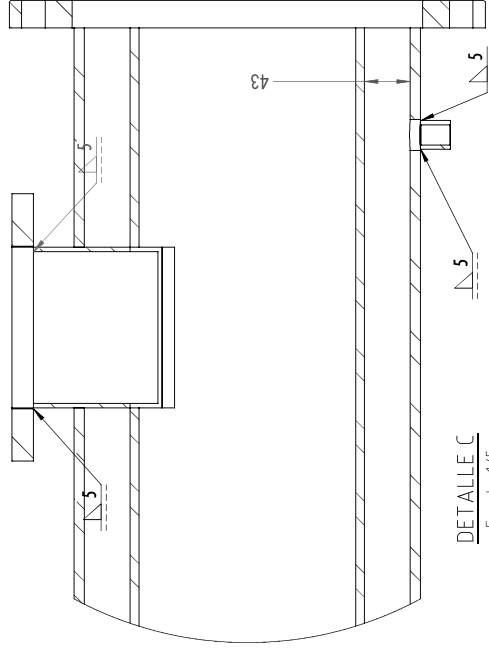
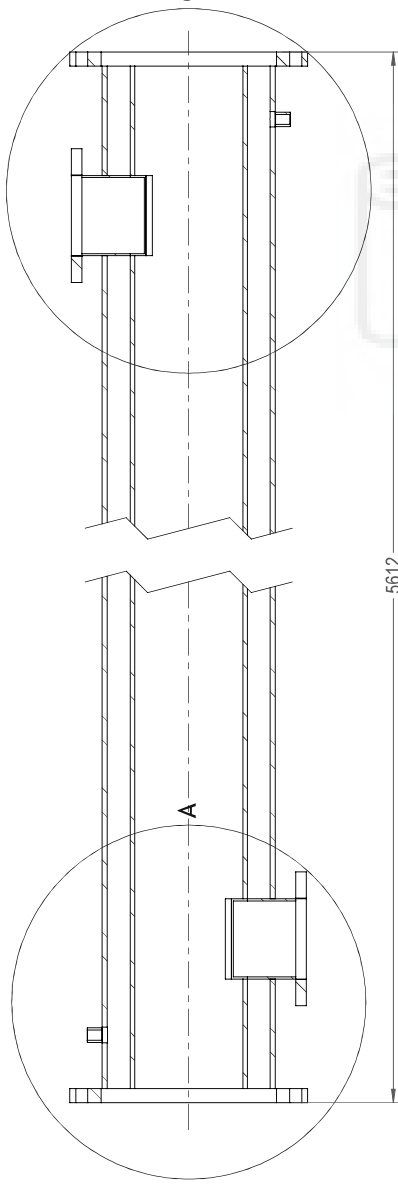
PLANO 9

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

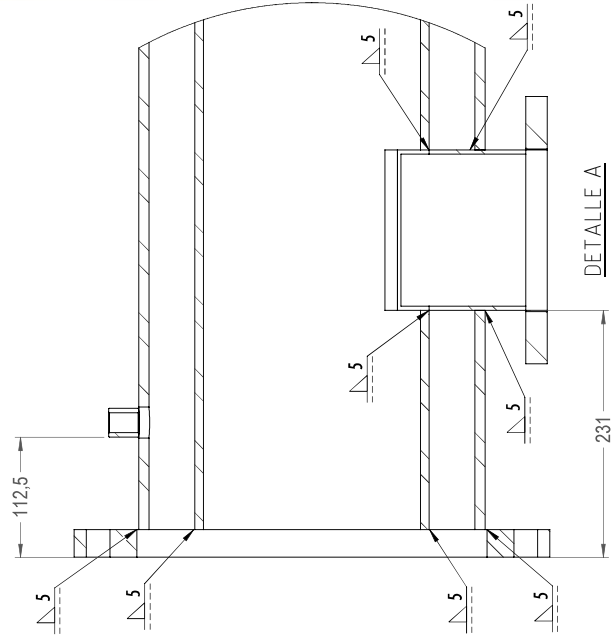
PROYECCION: Primer Angulo

FORMATO: A4





DETALLE C  
Escala 1/5



DETALLE A  
Escala 1/5

ITEM	DESCRIPCIÓN	QTY.	PESO	MATERIAL	Nº PLANO/NORMA
6	BRIDA CUADRADA	2	5.92	ANSI 304	9
5	Manguito Rosca Interior 1.2"	2	0.07	ANSI 304	ISO 7-1 EN10228-1
4	BRIDA DN 300 PN 10	2	13.88	ANSI 304	DIN-Z2576
3	TUBO ENTRADA/SALIDA	2	2.03	ANSI 304	8
2	CAMISA EXTERIOR	1	414.9	ANSI 304	7
1	CAMISA INTERIOR	1	238	ANSI 304	6

• TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EXPRESADAS EN MILÍMETROS  
 • SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRÁN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m: ±0.2mm  
 - ENTRE 2m Y 4m: ±0.3mm  
 - HASTA 4m: ±0.4mm  
 - POR ENCIMA DE 4m: ±0.5mm  
 • SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TIENDRÁN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

PROYECTO:

## ENSAMBLAJE CAMISAS

NOMENCLATURA:

PESO TOTAL: 686.49 Kg

MATERIAL: ANSI 304

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Nº PLANO:

PLANO 10

PROYECCIÓN: Primer Angulo | FORNATO: A3

DISEÑADO	NOMBRE	FECHA
JORGE BONASTRE	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		



UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ

4

3

2

1

F

E

D

C

B

A

F

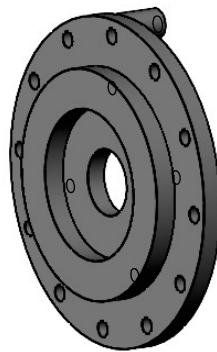
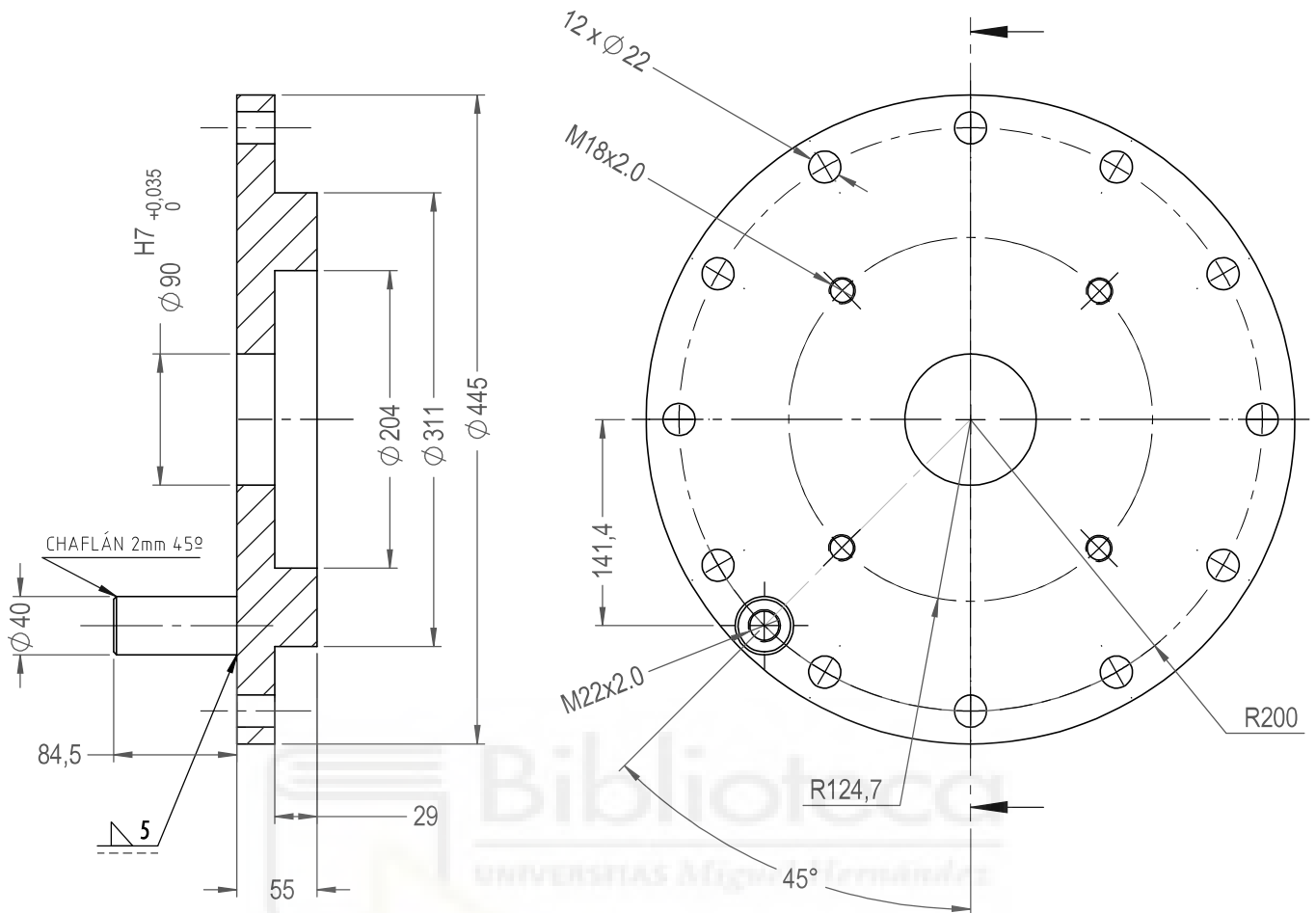
E

D

C

B

A



- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m:  $\pm 2\text{mm}$   
 - HASTA 3m:  $\pm 3\text{mm}$   
 - HASTA 4m:  $\pm 4\text{mm}$   
 - POR ENCIMA DE 4m:  $\pm 5\text{mm}$   
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE  $\pm 0.25\text{mm}$

DESCRIPCIÓN:

## BRIDA CIERRE LADO MOTORREDUCTOR

REVISION

0

ESCALA

1:5

PROYECTO:

PESO TOTAL:

MATERIAL:

40.70 Kg

AISI 304

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 11

PROYECCION:



Primer Angulo

FORMATO: A4



UNIVERSITAS

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

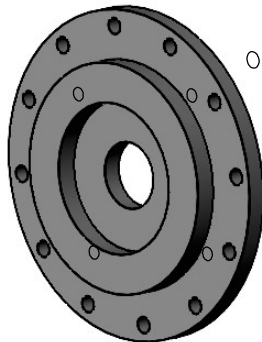
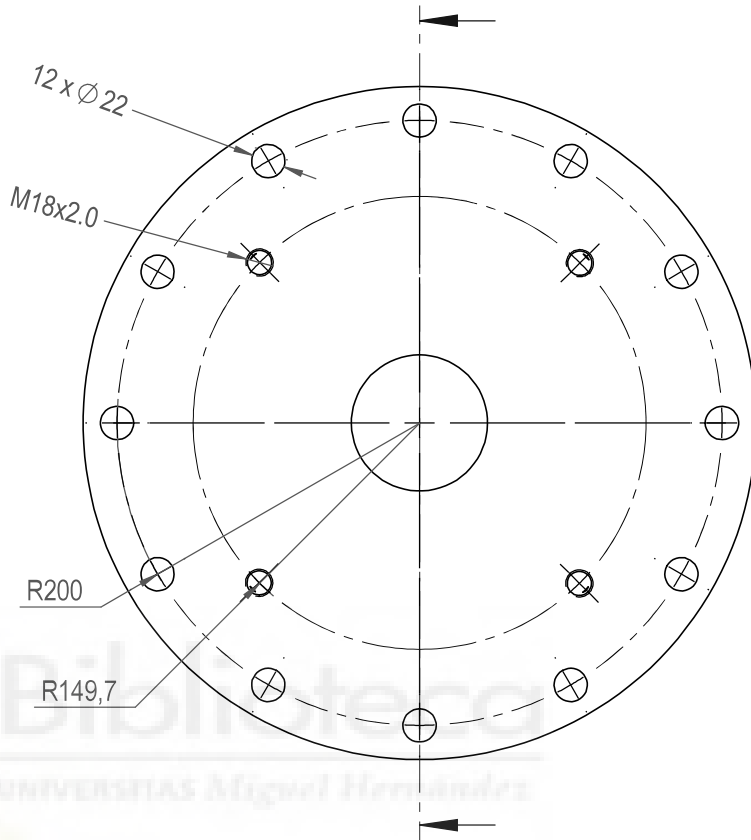
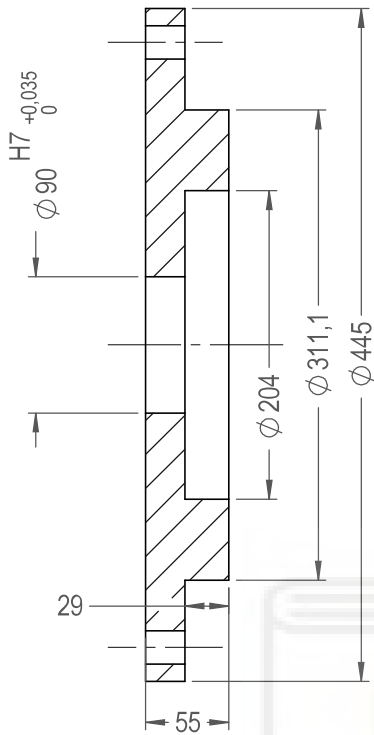
C

B

B

A

A



- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:

- HASTA 2m: ±2mm
- HASTA 3m: ±3mm
- HASTA 4m: ±4mm
- POR ENCIMA DE 4m: ±5mm

- SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

DESCRIPCIÓN:

### BRIDA CIERRE LADO OPUESTO

REVISION

0

ESCALA

1:5

PROYECTO:

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

PESO TOTAL:

39.96 Kg

MATERIAL:

AI SI 304

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 12

PROYECCION:



Primer Angulo

FORMATO: A4



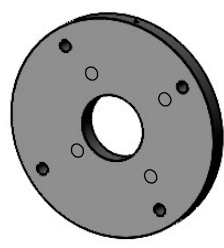
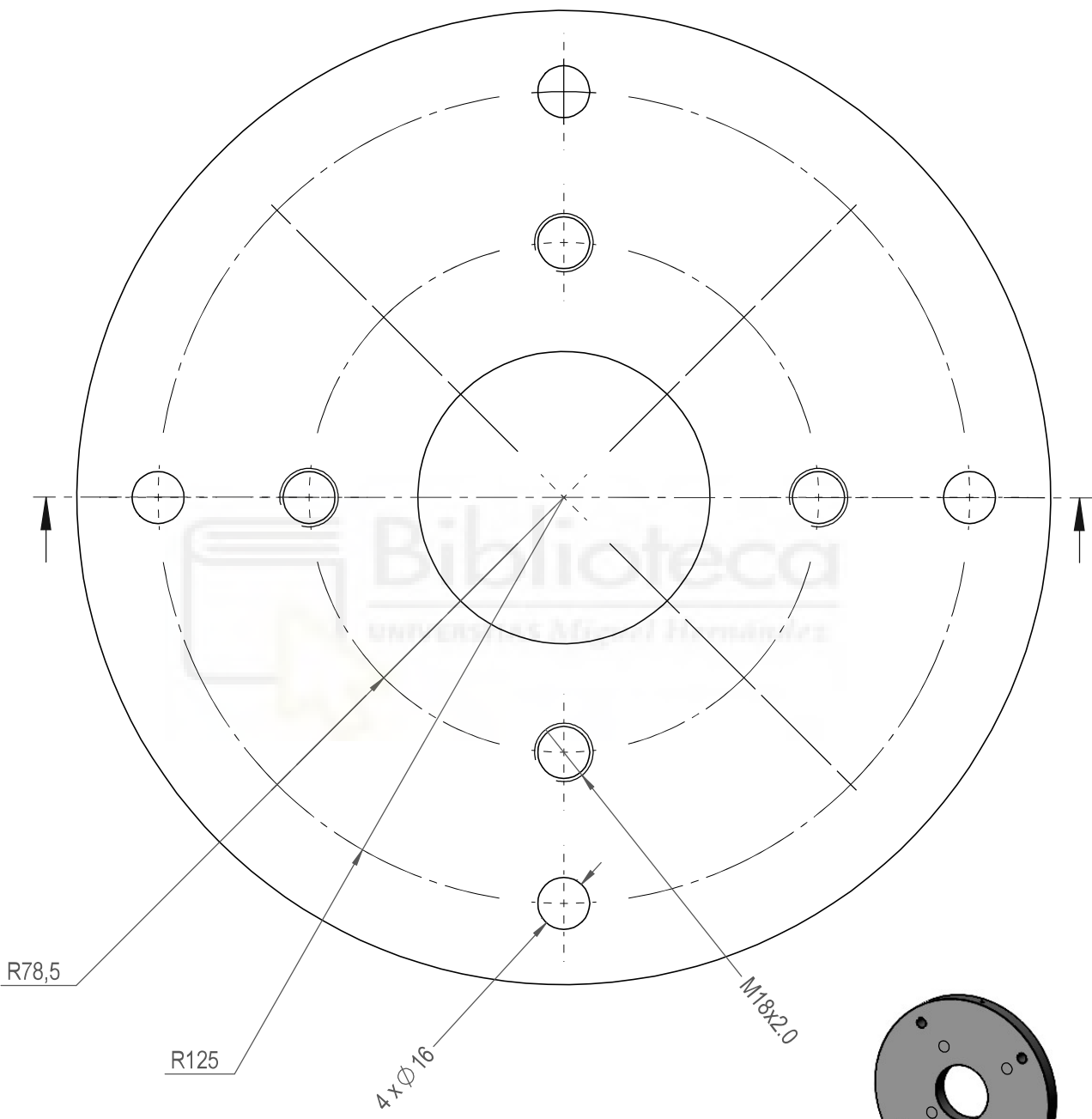
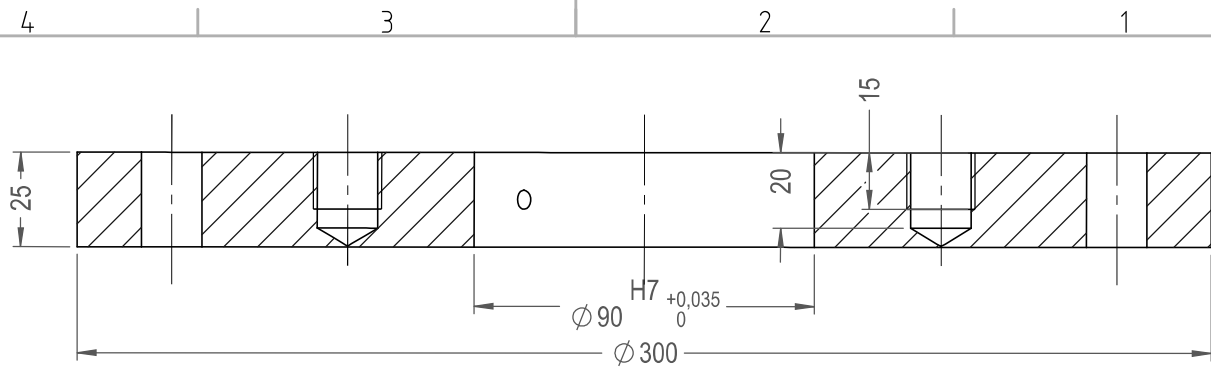
UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

4

3

2

1



TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m:  $\pm 2mm$   
 - HASTA 3m:  $\pm 3mm$   
 - HASTA 4m:  $\pm 4mm$   
 - POR ENCIMA DE 4m:  $\pm 5mm$   
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE  $\pm 0,25mm$

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

DESCRIPCIÓN:  
**TAPA A MEDIDA**

PROYECTO:  
**TRABAJO DE FINAL DE GRADO**

PROYECCION: Primer Angulo    FORMATO: **A4**

REVISION <b>0</b>	
ESCALA <b>1:2</b>	
PESO TOTAL: <b>12.55 Kg</b>	MATERIAL: <b>AI SI 304</b>
Nº PLANO/NORMA: <b>PLANO 13</b>	



4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

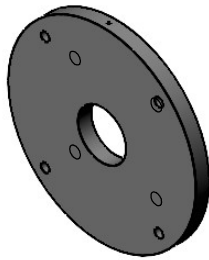
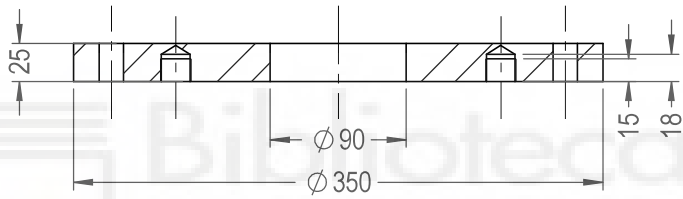
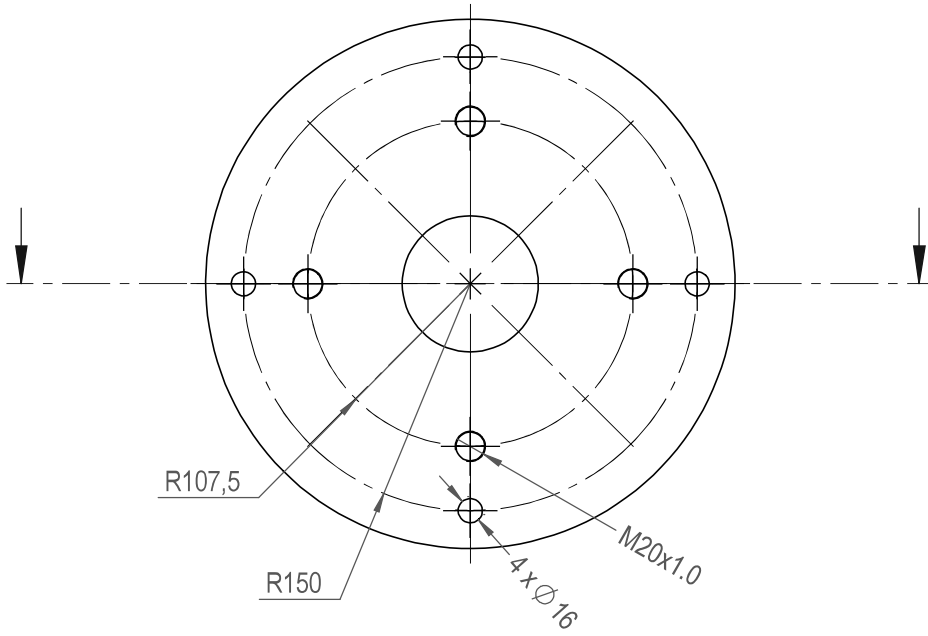
C

B

B

A

A



- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m: ±2mm  
 - HASTA 3m: ±3mm  
 - HASTA 4m: ±4mm  
 - POR ENCIMA DE 4m: ±5mm  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

DESCRIPCIÓN:

### TAPA A MEDIDA LADO OPUESTO

REVISION  
0

ESCALA  
1:5

PROYECTO:

PESO TOTAL:

17.61 Kg

MATERIAL:

AIISI 304

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 14

PROYECCION:



Primer Angulo

FORMATO: A4



	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

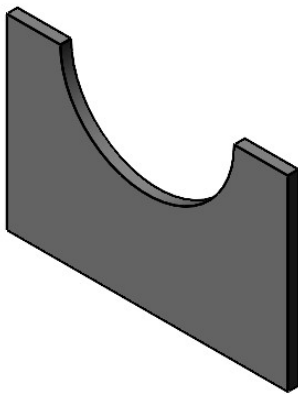
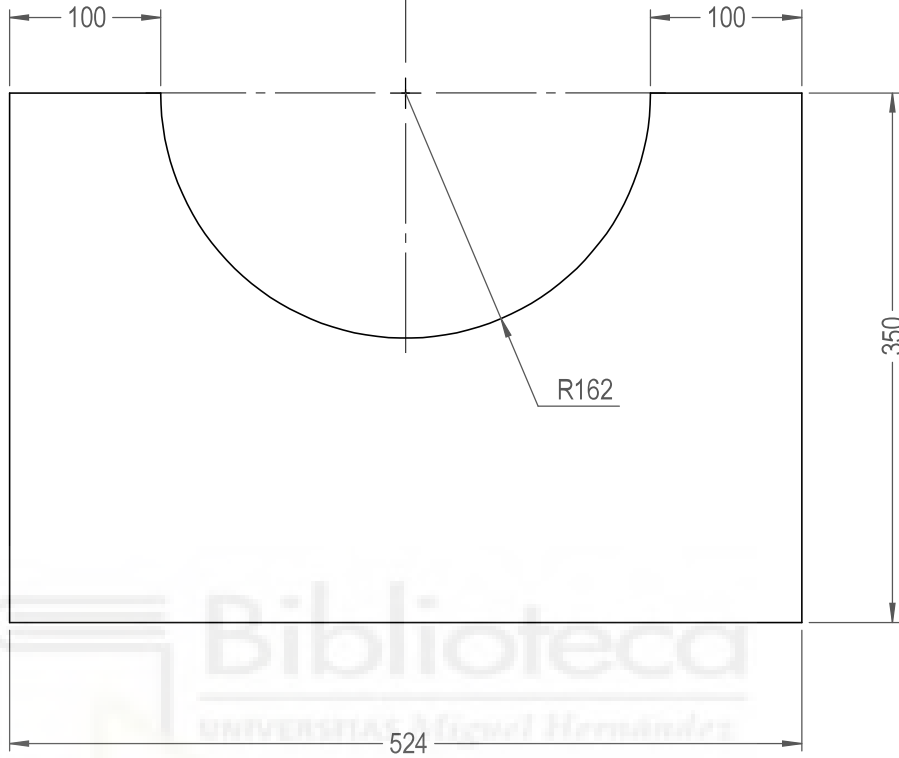
C

B

B

A

A



NOTA: ESPESOR 20mm

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:

- HASTA 2m: ±2mm
- HASTA 3m: ±3mm
- HASTA 4m: ±4mm
- POR ENCIMA DE 4m: ±5mm

- SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

DESCRIPCIÓN:

### SOPORTE CAMISA

REVISION

0

ESCALA

1:5

PROYECTO:

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

PESO TOTAL:

22.18 Kg

MATERIAL:

1.0044 (S275JR)

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 15

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

PROYECCION:



Primer Angulo

FORMATO: A4



UNIVERSITAS

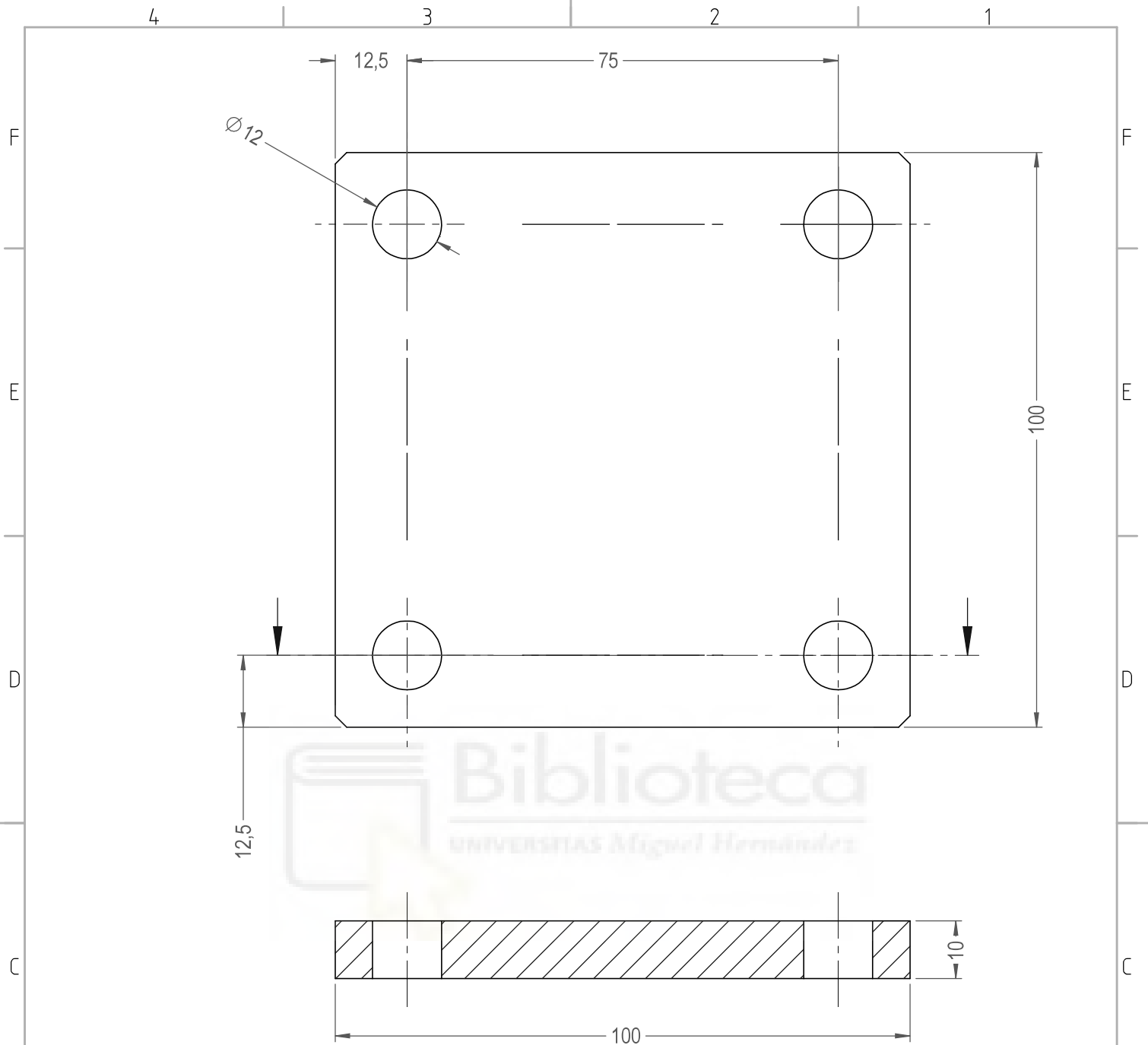
4

3

2

1





NOTA: ESPESOR 10mm

NOTA: TODOS LOS CHAFLANES SON DE 2mm x 45°

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m: ±2mm  
 - HASTA 3m: ±3mm  
 - HASTA 4m: ±4mm  
 - POR ENCIMA DE 4m: ±5mm  
 - SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

DESCRIPCIÓN:

### ANCLAJE SOPORTE 100x100

REVISION	0
ESCALA	1:1

PROYECTO:

PESO TOTAL:

MATERIAL:

0.74 Kg

1.0044 (S275JR)

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Nº PLANO/NORMA:

PLANO 16

	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JORGE BONASTRE	
DIBUJADO	JORGE BONASTRE	
REVISADO		
APROBADO		

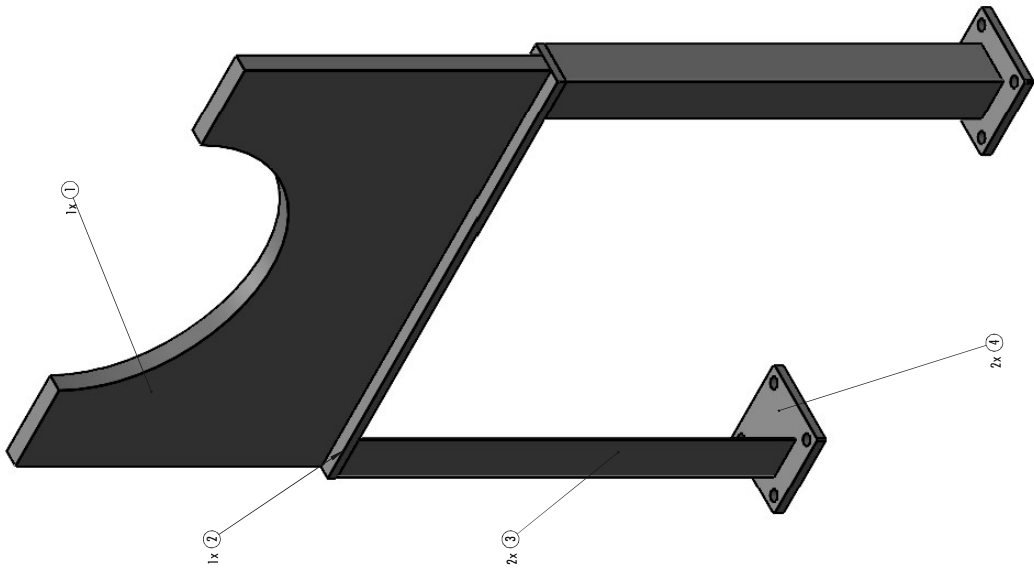
PROYECCION:



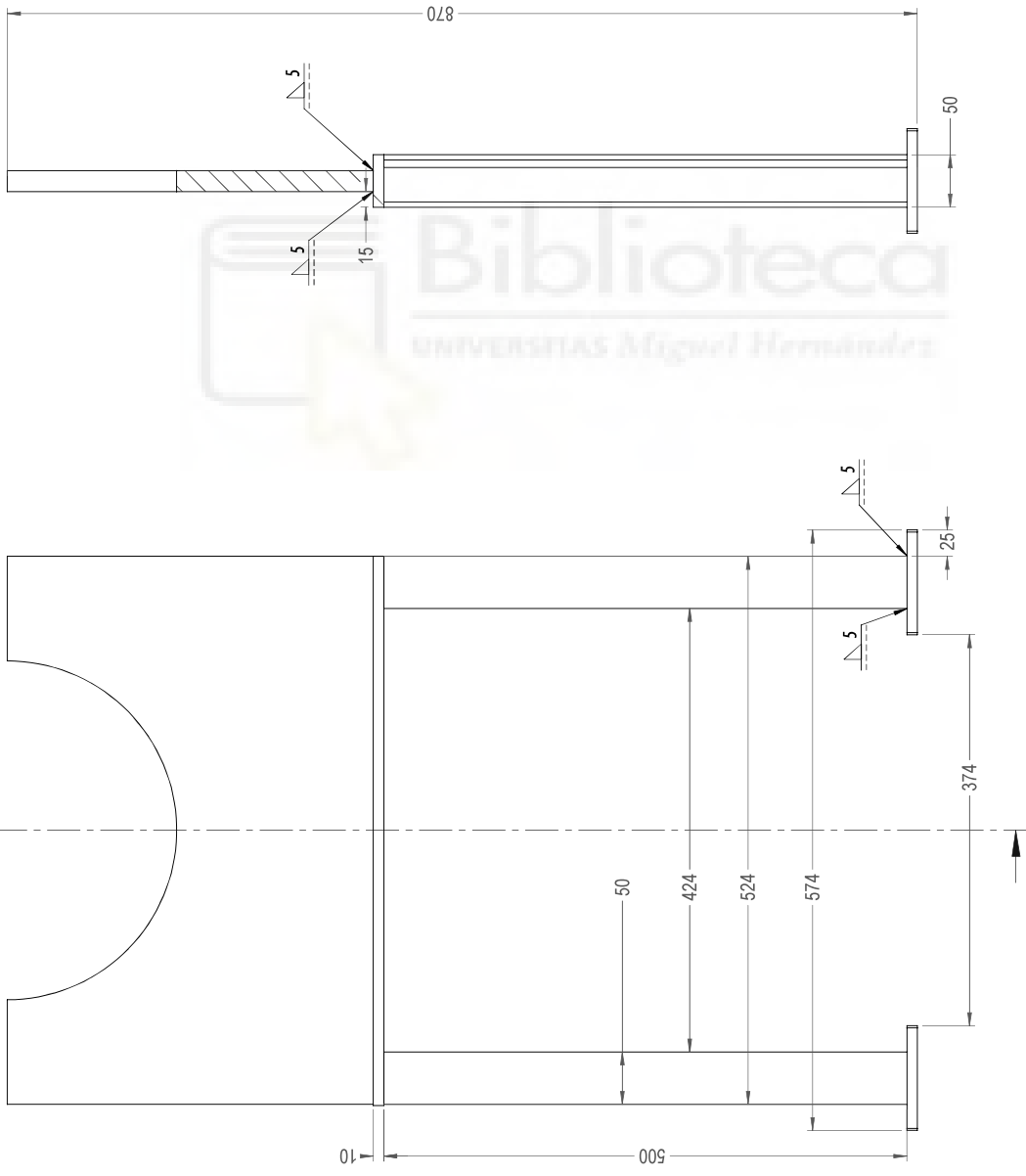
Primer Angulo

FORMATO: A4





ITEM	DESCRIPCION	QTY.	PESO	MATERIAL
1	SOPORTE CAMISA	1	22.18	1.0044 (S275JR)
2	PLETINA 525x50x10	1	2.05	1.0044 (S275JR)
3	PERFIL L-50x50x5	2	1.85	1.0044 (S275JR)
4	ANCLAJE SOPORTE 100x100	2	0.74	1.0044 (S275JR)

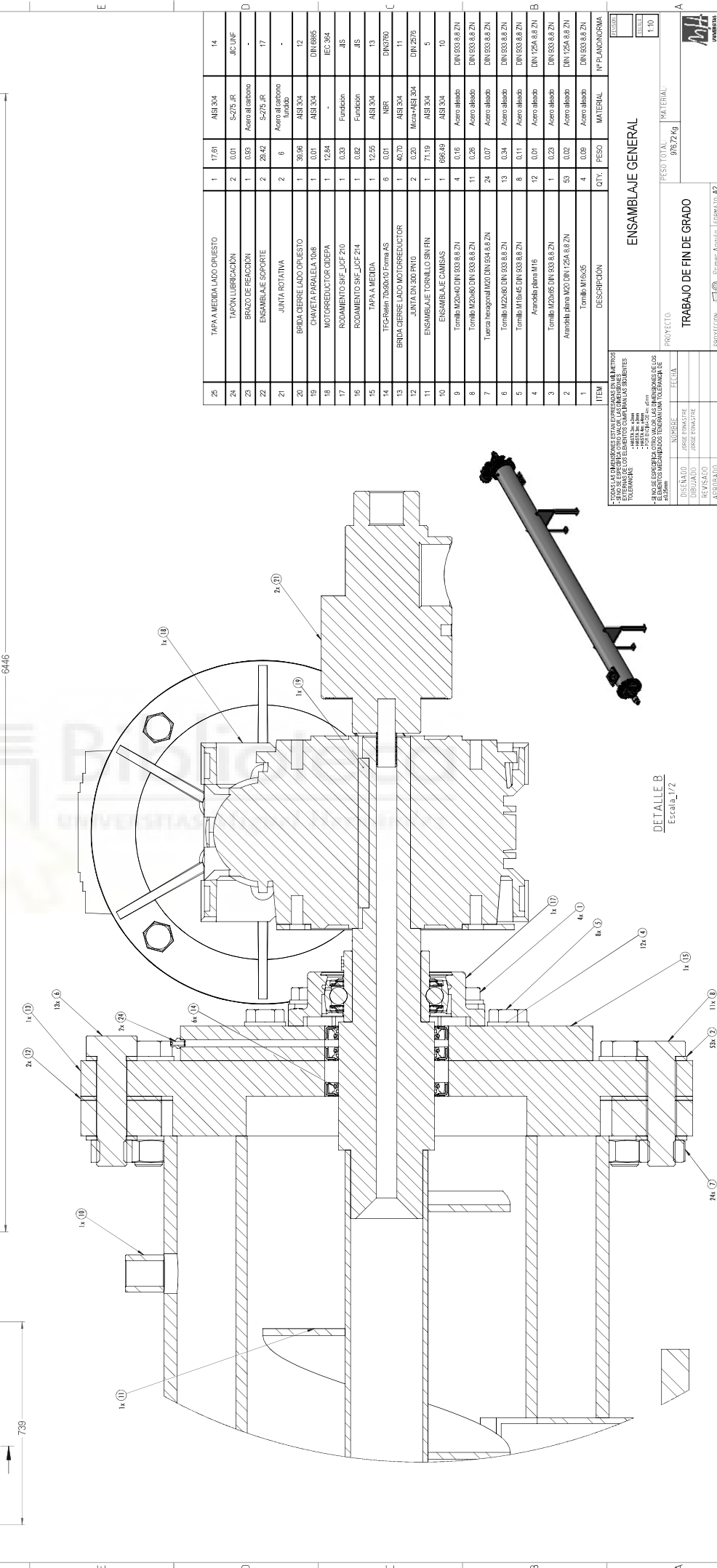
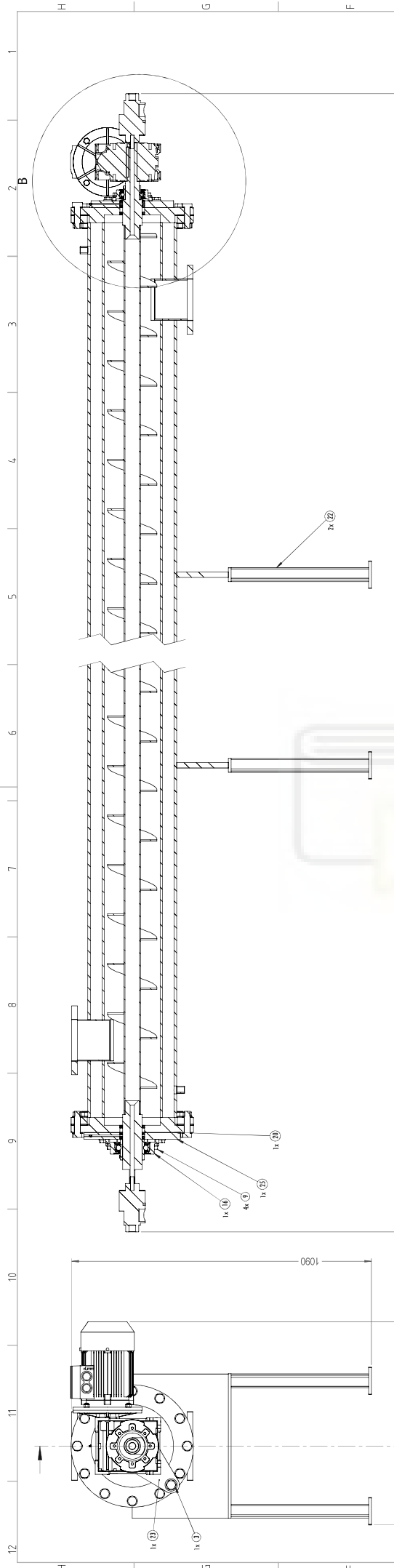


\*TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EXPRESADAS EN MILIMETROS  
 \*SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES EXTERNAS DE LOS ELEMENTOS CUMPLIRAN LAS SIGUIENTES TOLERANCIAS:  
 - HASTA 2m: ±2mm  
 - HASTA 4m: ±3mm  
 - HASTA 6m: ±4mm  
 \*SI NO SE ESPECIFICA OTRO VALOR, LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS MECANIZADOS TIENDRAN UNA TOLERANCIA DE ±0.25mm

PROYECTO: **ENSAMBLAJE SOPORTE**  
 NOMBRE: **JORGE BINAUSTRE**  
 FECHA:   
 DISEÑADO: **JORGE BINAUSTRE**  
 DIBUJADO: **JORGE BINAUSTRE**  
 REVISADO:   
 APROBADO:   
 PROYECCION: **Primer Angulo** | FORMATO: **A3**

PESO TOTAL: **29.42 Kg**  
 Nº PLANO: **PLANO 17**  
 MATERIAL: **1.0044 (S275JR)**

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUAYMAS



ITEM	DESCRIPCION	QTY.	PESO	MATERIAL
25	TAPA A MEDIDA LADO OPUESTO	1	17,61	ARI 304
24	TAPON LUBRICACION	2	0,07	S-275 JR
23	BRAZO DE REACCION	1	0,93	Acero al carbono
22	ENSAMBLAJE SOPORTE	2	28,42	S-275 JR
21	JUNTA ROTATIVA	2	6	Acero inoxidable fundido
20	BRIDA CIERRE LADO OPUESTO	1	58,98	ARI 304
19	CHAVETA PARALELA 10x8	1	0,07	ARI 304
18	MOTORREDUCTOR ODEPA	1	1284	-
17	RODAMIENTO SKF_UCF 210	1	0,33	Fundacion
16	RODAMIENTO SKF_UCF 214	1	0,82	Fundacion
15	TAPA A MEDIDA	1	12,85	ARI 304
14	TEC-Perlen 725x9x10 Formas	6	0,07	NBR
13	BRIDA CIERRE LADO MOTORREDUCTOR	1	40,70	ARI 304
12	JUNTA DN 300 PN10	2	0,20	MecaARI 304
11	ENSAMBLAJE TORNILLO SIN FIN	1	71,19	ARI 304
10	ENSAMBLAJE CAMISAS	1	886,19	ARI 304
9	Tornillo M20x40 DIN 933 8.8 ZN	4	0,16	Acero aleado
8	Tornillo M20x40 DIN 933 8.8 ZN	11	0,26	Acero aleado
7	Tuerca hexagonal M20 DIN 934 8.8 ZN	24	0,07	Acero aleado
6	Tornillo M20x60 DIN 933 8.8 ZN	13	0,34	Acero aleado
5	Tornillo M18x45 DIN 933 8.8 ZN	8	0,11	Acero aleado
4	Arandela plana M16	12	0,01	Acero aleado
3	Tornillo M20x65 DIN 933 8.8 ZN	1	0,23	Acero aleado
2	Arandela plana M20 DIN 125A 8.8 ZN	63	0,02	Acero aleado
1	Tornillo M16x35	4	0,08	Acero aleado

**ENSAMBLAJE GENERAL**

PROYECTO: TRABAJO DE FIN DE GRADO

PESO TOTAL: 976,72 kg

FECHA: \_\_\_\_\_

PROFESOR: \_\_\_\_\_

ESTUDIANTE: \_\_\_\_\_

INSTITUCION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

PROYECTO: TRABAJO DE FIN DE GRADO

PESO TOTAL: 976,72 kg

FECHA: \_\_\_\_\_

PROFESOR: \_\_\_\_\_

ESTUDIANTE: \_\_\_\_\_

INSTITUCION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

DETALLE B  
Escala 1/2