



Proyecto final para optar al grado de  
Ingeniería Mecánica

## **Diseño integral de glaseadora automática**

Integrantes:

- Julián Oviedo, mat. 10789  
(oviedojulian95@gmail.com)
- Mauro Francisco Martorello, mat. 10328  
(martorellom@gmail.com)
- Damián Andrés Da Graca, mat. 9292  
(damiandagraca@gmail.com)

Tutor:

- Ricardo Zucal

Cotutor:

- Guillermo Pluchino

Mar del Plata, diciembre 2024



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



Proyecto final para optar al grado de  
Ingeniería Mecánica

## **Diseño integral de glaseadora automática**

Integrantes:

- Julián Oviedo, mat. 10789  
(oviedojulian95@gmail.com)
- Mauro Francisco Martorello, mat. 10328  
(martorellom@gmail.com)
- Damián Andrés Da Graca, mat. 9292  
(damiandagraca@gmail.com)

Tutor:

- Ricardo Zucal

Cotutor:

- Guillermo Pluchino

Mar del Plata, diciembre 2024

# Índice general

Índice general .....	2
1. Introducción.....	5
1.1. Objetivos .....	5
1.2. Importancia del glaseado.....	6
1.3. Métodos de glaseado .....	7
1.3.1. Inmersión.....	7
1.3.2. Lluvia o cascada .....	8
1.4. Porcentaje de glaseado.....	8
1.5. Motivación del trabajo.....	10
2. Visita a plantas .....	11
2.1. Isla de los Estados .....	11
2.2. Starfish .....	14
3. Mejoras y ventajas.....	15
4. Funcionamiento Práctico de la Glaseadora de Pescado Automática.....	16
5. Análisis térmico.....	17
5.1. Introducción.....	17
5.2. Objetivos .....	17
5.3. Procedimiento de cálculo .....	17
5.3.1. Carga de transmisión.....	18
5.3.2. Carga de producto .....	18
5.3.3. Carga interna .....	19
5.3.4. Conclusión .....	19
5.4. Selección del equipo de refrigeración .....	20
6. Diseño de serpentina .....	21
6.1. Introducción.....	21
6.2. Metodología de cálculo .....	21
7. Diseño de la glaseadora.....	22
7.1. Introducción.....	22
7.2. Consideraciones de diseño .....	23
7.2.1. Cinta transportadora.....	24
7.2.1.1. Bastidor .....	25
7.2.1.2. Guías de desgaste de banda .....	26
7.2.1.3. Rodillos de banda transportadora .....	27
7.2.1.4. Laterales de contención .....	27
7.2.2. Bacha .....	28
7.2.3. Aislación.....	29

7.2.4.	Piping.....	29
7.2.4.1.	Intercambiador de calor.....	30
7.2.4.2.	Cascadas.....	30
7.2.5.	Unidad condensadora.....	31
8.	Diseño de equipo preparador y dosificador de salmuera automatizado.....	33
8.1.	Introducción.....	33
8.2.	Partes y componentes.....	34
8.2.1.	Tolva de sal.....	34
8.2.2.	Válvula de dosificado automatizada.....	34
8.2.3.	Tanque principal.....	34
8.2.4.	Sensor de nivel de ultrasonido.....	35
8.2.5.	Agitador.....	35
8.2.6.	Bomba automatizada.....	35
8.3.	Automatización del sistema.....	35
8.3.1.	Secuencia de funcionamiento automatizado.....	37
8.3.1.1.	Llenado del equipo preparador.....	37
8.3.1.2.	Control del nivel de líquido en la batea.....	37
8.3.1.3.	Ajuste de concentración de salmuera.....	38
8.3.1.4.	Activación de la bomba de recirculación.....	38
8.3.1.5.	Activación de la cinta transportadora y la válvula de la cascada.....	38
8.4.	Conclusiones.....	39
9.	Informe de costos de fabricación.....	39
9.1.	Costo de Refrigeración.....	39
9.2.	Costo de Automatización.....	40
9.3.	Costo del equipo preparador y dosificador de salmuera.....	40
9.4.	Costo del Conjunto Bacha-Chasis.....	41
9.5.	Costo Total.....	42
9.6.	Conclusión.....	42
10.	ANEXOS.....	43
10.1.	ANEXO 1 – Artículo 271 bis: Código alimentario argentino.....	43
10.2.	ANEXO 2 – Determinación del porcentaje de glaseado.....	45
10.3.	ANEXO 3 - Ensayo en Planta Isla de los Estados.....	48
10.4.	ANEXO 4 - Productividad.....	51
10.5.	ANEXO 5 - Cálculo Térmico.....	53
10.5.1.	Balance térmico.....	53
10.5.2.	Carga de transmisión.....	53
10.5.2.1.	Transferencia de calor entre aire y salmuera: Q1.....	53
10.5.2.2.	Transferencia a través de las paredes: Q2 - Carga de transmisión.....	57
10.5.3.	Carga del producto.....	63

<b>10.5.3.1.</b>	<b>Carga térmica ingreso del pescado congelado: Q3</b> .....	<b>63</b>
<b>10.5.4.</b>	<b>Carga interna</b> .....	<b>67</b>
<b>10.6.</b>	<b>ANEXO 6 - Diseño de la serpentina</b> .....	<b>69</b>
<b>10.6.1.</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>69</b>
<b>10.6.2.</b>	<b>Metodología de cálculo</b> .....	<b>69</b>
<b>10.6.3.</b>	<b>Selección de tubos</b> .....	<b>70</b>
<b>10.6.4.</b>	<b>Cálculo de la diferencia media logarítmica de temperatura (DMLT)</b> .....	<b>71</b>
<b>10.6.5.</b>	<b>Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor “U”</b> .....	<b>72</b>
<b>10.6.6.</b>	<b>Cálculo del coeficiente convectivo de la serpentina “ho”</b> .....	<b>72</b>
<b>10.6.7.</b>	<b>Dimensionamiento de los tubos</b> .....	<b>77</b>
<b>10.7.</b>	<b>ANEXO 7 - Cálculo dimensional del tanque preparador de salmuera</b> .....	<b>79</b>
<b>10.8.</b>	<b>ANEXO 8 - Selección de banda transportadora</b> .....	<b>81</b>
<b>10.8.1.</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>81</b>
<b>10.8.2.</b>	<b>Cálculo de la tracción de la banda</b> .....	<b>82</b>
<b>10.8.3.</b>	<b>Ajuste de la tracción de la banda a las condiciones reales de servicio</b> .....	<b>83</b>
<b>10.8.4.</b>	<b>Cálculo de la resistencia de banda permitida</b> .....	<b>84</b>
<b>10.8.5.</b>	<b>Comparar ABP con ABS</b> .....	<b>85</b>
<b>10.8.6.</b>	<b>Calcular separación máxima entre los engranajes del eje motriz</b> .....	<b>85</b>
<b>10.8.7.</b>	<b>Verificación de la resistencia del eje motriz</b> .....	<b>86</b>
<b>10.8.7.1.</b>	<b>Selección del tamaño de eje</b> .....	<b>86</b>
<b>10.8.7.2.</b>	<b>Cálculo de la carga total del eje</b> .....	<b>87</b>
<b>10.8.7.3.</b>	<b>Cálculo de la deformación del eje</b> .....	<b>88</b>
<b>10.8.7.4.</b>	<b>Cálculo del Par Requerido</b> .....	<b>89</b>
<b>10.8.7.5.</b>	<b>Cálculo de la potencia necesaria para accionar la banda</b> .....	<b>90</b>
<b>10.9.</b>	<b>ANEXO 9 - Clasificación de Tolerancias según ISO 2768</b> .....	<b>91</b>
<b>10.10.</b>	<b>ANEXO 10 – Planos constructivos</b> .....	<b>93</b>

# 1. Introducción

## 1.1. Objetivos

La industria pesquera desempeña un papel fundamental en la economía global, proporcionando alimentos esenciales a una creciente población. En este contexto, la eficiencia y la calidad en la producción son aspectos críticos para garantizar la sostenibilidad y competitividad del sector. La presente tesis se centra en el diseño de una glaseadora de productos de mar versátil, desarrollada específicamente para satisfacer las necesidades de la planta frigorífica de pescado "Isla de los Estados".

La investigación se inició con una visita detallada a la mencionada planta, donde se evaluaron sus operaciones, necesidades de producción y requisitos específicos para el glaseado de productos. La planta "Isla de los Estados" se dedica principalmente al procesamiento de corvina, con la pastilla (bloque congelado en forma rectangular de varias piezas de pescado) de diez kilos como uno de sus productos principales. Con una producción diaria de cincuenta toneladas, de las cuales la gran mayoría se exporta a África. Asimismo, la diversificación de su línea de productos incluye langostinos e IQF (Individually Quick Frozen), lo que impone desafíos adicionales al proceso de glaseado.

Con el objetivo de encuadrar este trabajo, el diseño de la glaseadora se ha concebido considerando las dimensiones del equipo, la producción requerida y la variedad de productos a glasear. La capacidad de la máquina se adapta específicamente a las demandas de la planta "Isla de los Estados", priorizando la eficiencia en la producción de pastillas de corvina, al tiempo que garantiza la versatilidad para procesar otros productos marinos. Esta investigación se propone no solo optimizar la eficiencia del proceso de glaseado, sino también asegurar la calidad y uniformidad del producto final.

Para ello, debe contar con la opción de variar los parámetros del equipo según la especie con la que se desee trabajar. El diseño apunta a que el equipo sea capaz de producir un amplio margen de productos. Los límites de funcionamiento de la máquina en cuanto a dimensiones de productos están dados por el langostino, siendo este el más pequeño y el bloque o "pastilla" de corvina de diez kilos, siendo el producto más grande. Fueron seleccionados como límites del rango de productos a trabajar porque se pudo aprender las características del glaseado aplicados a estos productos en las visitas a planta realizadas. Además, el equipo será capaz de generar el glaseado mediante inmersión, lluvia por cascada y una combinación de ambas.

El foco del diseño está en maximizar la producción por lo que debe ser capaz de generar el proceso de glaseado en el menor tiempo posible. Es por eso que en vez de diseñar el equipo para trabajar con agua dulce se lo plantea para que lo haga con salmuera. De esta manera, se alcanzan temperaturas más bajas lo que mejora la transferencia de calor. Esto se traduce en mayor productividad y mejor calidad del glaseado.

A su vez, el equipo debe componerse de materiales aptos para la industria alimentaria. Es por ello que tanto la selección de materiales como de componentes que estén en contacto con el alimento deben ser aptos.

A lo largo de este trabajo, se abordarán detalladamente los aspectos técnicos del diseño, las consideraciones de ingeniería y los desafíos inherentes al proceso de glaseado, con el propósito de ofrecer una solución integral que mejore significativamente la eficiencia operativa de la planta, asegurando al mismo tiempo la calidad y consistencia de los productos de mar glaseados.

## 1.2. Importancia del glaseado

Durante el congelado o almacenamiento, los productos de mar congelados pueden desarrollar secado o deshidratación superficial deteriorando la calidad del producto. Para prevenir que esto suceda estos productos son glaseados previos a su etapa de almacenamiento. Consiste en la aplicación de una capa de hielo protectora sobre los alimentos, en este caso, los productos de mar, con el objetivo de preservar su frescura, textura y sabor durante su almacenamiento y transporte.

El glaseado es un término usado para describir la aplicación de una capa protectora de hielo a los productos de mar congelados (**ver ANEXO 110.1**, Definición de productos congelados 271bis).

El glaseado desempeña un papel fundamental en términos productivos y económicos tanto en Argentina como en el mundo en la industria de productos de mar.

En términos productivos, el glaseado permite preservar la frescura y la calidad de los productos marinos, especialmente durante su almacenamiento y transporte. La capa de hielo protectora actúa como una barrera que evita la pérdida de humedad y protege los alimentos de la deshidratación, la oxidación y la formación de cristales de hielo indeseables. Esto se traduce en una mayor vida útil de los productos y en la posibilidad de llegar a mercados distantes sin comprometer su calidad. Además, el glaseado puede mejorar la apariencia visual de los productos, lo cual es especialmente importante en el caso de mariscos y pescados frescos, atrayendo así a los consumidores y facilitando su comercialización.

Desde el punto de vista económico, el glaseado presenta diversos beneficios. En primer lugar, permite una mejor planificación de la producción y la distribución, ya que los productos pueden ser almacenados por más tiempo sin perder su calidad, lo que contribuye a reducir el desperdicio y optimizar los recursos. Además, al llegar a mercados lejanos en condiciones óptimas, los productos marinos glaseados pueden obtener mejores precios y generar mayores ingresos para los productores y exportadores.

A nivel mundial, el glaseado ha ganado relevancia debido a la globalización y al aumento en la demanda de productos marinos. La capacidad de mantener la calidad y la frescura de los alimentos durante su transporte a larga distancia es crucial para abastecer los mercados internacionales de manera eficiente. Además, el glaseado permite la diversificación de la oferta de productos marinos, al facilitar la exportación de especies que no se encuentran en determinadas regiones.

El glaseado desempeña un papel estratégico en la industria de productos de mar tanto a nivel productivo como económico. Contribuye a preservar la calidad de los alimentos, ampliar la ventana de comercialización, optimizar los recursos y aumentar los ingresos. Tanto en Argentina como en el mundo, esta técnica es clave para satisfacer la demanda de productos marinos frescos y de calidad en los mercados locales e internacionales.

## 1.3. Métodos de glaseado

Existen diferentes métodos de glaseado que se utilizan en la industria pesquera y acuícola para proteger y mejorar los productos marinos. Estos métodos varían en función de los requerimientos específicos del producto y las necesidades de los fabricantes y consumidores.

El glaseado puede ser realizado utilizando agua dulce o salada, dependiendo de las características del producto y el proceso de fabricación. Además, se pueden añadir aditivos como estabilizantes, antioxidantes y conservantes para mejorar la calidad y prolongar la vida útil de los productos.

Se lleva a cabo sumergiendo o bañando mediante lluvia con agua potable al producto de mar congelado. Independientemente del método usado, la cantidad de glaseado aplicado al producto depende de su temperatura, el tiempo, la temperatura del agua, el tamaño y forma del producto y del área del glaseado.

En resumen, el glaseado por inmersión implica sumergir los productos de mar en un baño de agua o salmuera para formar una capa de hielo alrededor de ellos, mientras que el glaseado por cascada aplica una capa de hielo gradualmente mediante un sistema de rociado. Ambos métodos tienen diferencias en la cobertura del glaseado, la apariencia visual y la velocidad de congelación. La elección del método dependerá de los requisitos específicos del producto y las preferencias del fabricante o procesador.

En el caso del diseño del equipo, se trabajará con el método de lluvia o cascada y el método de inmersión. Para el caso de los productos de mar más pequeños, como el langostino, cornalito, IQF, etc. el método de glaseado seleccionado es únicamente por cascada. Al ser un producto de menores dimensiones, con el baño de salmuera es suficiente para glasear la totalidad del producto. En caso de utilizar métodos de inmersión, el producto flotaría en la bacha y dificultará su manipulación y producción. Para la pastilla de corvina, se apunta a trabajar con la combinación de inmersión y lluvia por cascada. De esta manera, la parte inferior del bloque de pescado quedaría sumergido y la parte superior recibiría la cascada de salmuera para completar el glaseado en toda su superficie. Toda la superficie del producto entra en contacto con la salmuera y queda glaseada correctamente.

### 1.3.1. Inmersión

El método de inmersión consiste en sumergir, parcial o totalmente, el producto de mar congelado en un tanque de agua potable por un período determinado. Es un proceso sencillo, de bajo costo de capital inicial y efectivo.

La capa de hielo formada alrededor de los productos puede tener un espesor variable según la duración de la inmersión y la concentración de los aditivos utilizados en el baño. Esta capa de hielo puede ser más gruesa en comparación con el glaseado por cascada. Además, si el tiempo de inmersión es insuficiente se deberá repetir el proceso ya que la cobertura de glaseado puede ser inconsistente y no lograr la protección buscada.

La capa de hielo formada por inmersión total puede ser más opaca y menos uniforme en comparación con el glaseado por cascada. Esto puede afectar la apariencia visual de los productos, ya que puede no tener una cobertura brillante y uniforme.

La velocidad de congelación en el glaseado por inmersión total puede llevar más tiempo en comparación con el glaseado por cascada, ya que los productos deben permanecer sumergidos hasta que se forme una capa de hielo adecuada.

Es importante destacar que el glaseado por inmersión generalmente se desarrolla de manera manual lo que puede requerir más tiempo y mano de obra en comparación con otros métodos automatizados. Sin embargo, su enfoque personalizado, su bajo costo de inversión inicial y su capacidad para adaptarse a productos de diferentes formas y tamaños lo convierten en una opción viable para muchos procesadores de productos de mar.

## 1.3.2. Lluvia o cascada

El método de lluvia o “spray” involucra un equipo que cuente con un diseño para ejercer la lluvia o el spray de agua para mojar al producto. La intensidad de la lluvia de agua puede ajustarse según las necesidades, lo que permite una aplicación precisa y controlada del glaseado, evitando excesos o deficiencias en la cobertura. La capa de hielo aplicada mediante la cascada tiende a ser más delgada y uniforme en comparación con el glaseado por inmersión total. La aplicación gradual permite una cobertura más homogénea y una apariencia más atractiva.

El glaseado por cascada permite una congelación más rápida y uniforme debido a la exposición directa de los productos a bajas temperaturas durante el proceso de rociado. Esto ayuda a preservar la calidad de los productos al evitar la formación de grandes cristales de hielo.

Su mayor desventaja económica radica en la necesidad de una mayor inversión inicial porque se debe adquirir un equipo capaz de generar lluvia o cascada. En cambio, la inmersión no requiere un equipo especializado porque puede hacerse de manera manual.

Finalmente, su mayor ventaja económica radica en la posibilidad de generar mayores niveles de producción al ser un proceso semiautomático. Además, requiere menor mano de obra lo que se traduce en menor costo fijo de producción.

## 1.4. Porcentaje de glaseado

En la industria, el nivel de glaseado depende del tipo de producto y de la productividad. El rango aplicado típicamente es entre el cuatro y diez por ciento según el producto. El nivel de glaseado puede llegar al 40%, como es el caso de los langostinos en la empresa Starfish. En estos casos no solo se busca un glaseado protector, sino también un engorde de las especies, buscando un rinde económico especialmente en el mercado interno. Aplicable a especies como el *Dendrobranchiata* (Langostino), *Odontesthes incisa* (Cornalito), etc.

No se ha logrado encontrar una reglamentación donde se indique los niveles permitidos de glaseado o de hielo/agua en las especies.

La norma define ciertas características que deben cumplir los productos congelados para poder comercializarse (**ver ANEXO 1, Artículo 272 bis**).

Para determinar el porcentaje de glaseado debe recurrirse al “Reglamento técnico Mercosur sobre la metodología para determinar la correspondencia entre el peso efectivo y el peso neto en pescados, crustáceos glaseados” (**ver ANEXO 2**).

El proceso resulta mucho más efectivo cuando se utiliza la salmuera refrigerada. La solución de salmuera con una composición de 23% es la manera más rápida y económica de realizar el proceso. De esta manera se alcanza el punto eutéctico y se puede alcanzar temperaturas mínimas cercanas a los  $-23^{\circ}\text{C}$  (**ver**

**Figura 1).** Estas temperaturas permiten evitar fluctuaciones elevadas en las temperaturas de núcleo de pescado, indeseadas en el proceso de elaboración. A su vez mejora la calidad y espesor de la capa de glaseado.

En este trabajo se tomará en cuenta este aspecto termodinámico para seleccionar la temperatura de proceso. Se apuntó a trabajar con una temperatura de  $-15^{\circ}\text{C}$  y concentración de 21%, cercana al punto eutéctico para minimizar el tiempo necesario de glaseado con el fin maximizar la producción del equipo. Esto se debe a que, si se trabaja en torno al punto eutéctico teórico cualquier desvío, tanto en temperatura como porcentaje de sal en agua, puede traer aparejado la producción de cristales de hielo o de sal.

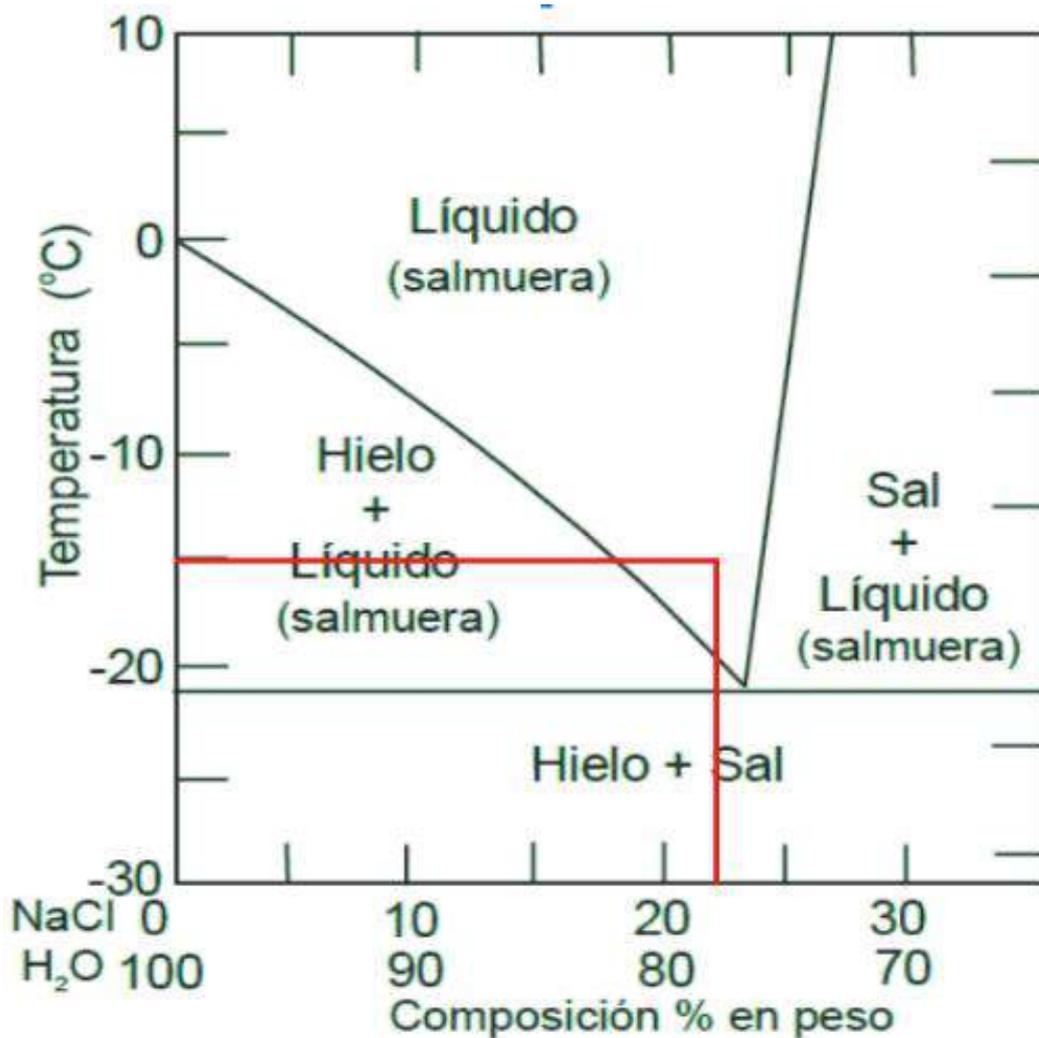


Figura 1. Diagrama de fases de la salmuera. Se señala la concentración empleada de 21% a  $-15^{\circ}\text{C}$ .

## 1.5. Motivación del trabajo

La industria pesquera es uno de los rubros más fuertes de nuestro país, que se desempeña en un mercado altamente competitivo. En el año 2021 se exportaron 515.250 toneladas, cantidad compuesta por diversas especies (**ver Tabla 1 y Tabla 2**).

Tabla 1 Exportaciones de productos pesqueros. Ministerio de economía.

EXPORTACIONES DE PRODUCTOS PESQUEROS					
PARTICIPACION (M.U\$S y t.)					
Descripción	2021			Participación %	
	t.	M. U\$S	U\$S/t.	t.	M.U\$S
Peces Vivos	—	—	—	—	—
Pescado Fresco o Refrigerado. Exc. Filetes	196	748	3.825	—	—
Pescado Congelado. Exc. Filetes	115.563	204.238	1.767	22%	10%
Filetes y Demás Carnes de Pescado	80.399	233.226	2.901	16%	12%
Pescado Sec./Sal./em. Salm. Har./Pol./Pel.	—	—	—	1%	—
Aptos PIC Humano	2.790	7.693	2.757	—	—
Crustáceos	166.835	1.220.396	7.315	32%	61%
Moluscos	126.310	295.579	2.340	25%	15%
Prod. No Exp. en Otros Capítulos. No Aptos PIC Humano	203	66	326	—	—
Grasas y Aceites de Pescado	226	434	1.918	—	—
Extractos y jugos de pescado y mariscos	5	44	8.178	—	—
Preparaciones y Conservas de Pescado	2.018	6.877	3.407	—	—
Preparaciones y Conservas de Mariscos	64	979	15.407	—	—
Harina, Polvo y Pellets de Pescado. No Aptos PIC Humano	20.642	19.883	963	4%	—
<b>TOTAL</b>	<b>515.250</b>	<b>1.990.162</b>	<b>3.863</b>		

Elaborado por la SSPyA sobre la base de datos de INDEC.  
Los datos corresponden a exportaciones, no se encuentran relacionados con producción ni captura.

Tabla 2 Exportaciones por bloques comerciales 2021. Ministerio de economía

EXPORTACIONES POR BLOQUES COMERCIALES 2021			
Destino	2021		
	M. U\$S	t.	Part. FOB
U.E.	863.290	147.967	43%
ASEAN +3	510.544	149.058	28%
OTROS	341.058	147.942	17%
NAFTA	192.468	36.494	10%
MERCOSUR	92.811	33.789	5%
<b>TOTAL</b>	<b>1.990.162</b>	<b>515.250</b>	

Elaborado por la SSPyA sobre la base de datos de INDEC.  
Los datos corresponden a exportaciones, no se encuentran relacionados con producción ni captura.

Mar del Plata tiene uno de los puertos pesqueros más importantes del país, el acumulado a enero 2023, lo posiciona en el segundo puerto más importante en capturas por detrás de Rawson.

Todos estos datos denotan la importancia de la industria pesquera para la economía de la región y del país. Por lo tanto, la calidad de los productos es de gran importancia para lograr una ventaja competitiva y esta se logra optimizando los procesos desde la extracción en el mar hasta el momento en que el pescado llega a manos del comprador.

Para cualquier empresa frigorífica de pescado es importante tener una estación de glaseado y por lo general esta etapa del proceso productivo suele ser un cuello de botella implicando una cantidad importante de horas hombre impactando fuertemente en la productividad.

El alto costo de importación, los impuestos a las monedas extranjeras y la dificultad para la compra de maquinaria en el exterior, especialmente para los pequeños productores, hacen que importar una máquina como ésta resulte poco viable, generando una ventaja para la fabricación local.

## 2. Visita a plantas

Se hicieron visitas a los frigoríficos marplatenses *Islas de los Estados* y *Starfish* para observar de qué manera llevan a cabo el glaseado, el nivel de control que poseen sobre el proceso y que tan importante resulta para organización.

Las dos empresas tienen distintos niveles de producción. Por un lado, *Starfish* apunta a abastecer el mercado local. Su producción diaria ronda los quinientos kilos por día. Sus principales productos son el langostino y el cornalito. Por otro lado, la empresa *Islas de los Estados* tiene una producción mucho mayor, de cincuenta toneladas diarias de las cuales la gran mayoría es exportada a Sudáfrica. El método de glaseado empleado en ambas plantas es inmersión total del producto con salmuera y hielo de forma manual. Si bien el método de glaseado es el mismo, el principal propósito del glaseado en *Starfish* es el engorde de las especies para obtener mayores ganancias en sus ventas. En cambio, en *Isla de los Estados* el glaseado resulta muy importante para brindar resistencia y evitar la oxidación y la pérdida de humedad durante el almacenaje en barco.

Como ambas compañías producen el glaseado de manera manual los operarios tienen que sumergir el producto en recipientes con agua y hielo, generando graves repercusiones en la salud del trabajador. A su vez es necesario rotar el personal para evitar el congelamiento de las manos que, a pesar de usar guantes para trabajo en frío, resultan perjudicadas. Este tipo de inconvenientes resaltan la importancia de contar con un equipo que pueda llevar de manera automática el proceso de glaseado.

### 2.1. Isla de los Estados

Durante la visita a Isla de los Estados S.A. pudimos ver cómo se realiza el proceso de glaseado, los productos que elaboran y sus requerimientos operativos de modo de diseñar una glaseadora que pueda satisfacerlos. Cuenta con una línea de producción compuesta por tres sectores principales. El primer sector se dedica a disponer los contenedores con el producto de mar congelado para que los operarios del sector dos puedan hacer glaseado. En el segundo sector, dos o más operarios glasean de forma manual el producto mediante inmersión total en salmuera. La concentración de la solución no es controlada, sino que queda a discreción de los operarios la cantidad de sal que se le agrega al agua según su experiencia. El tiempo de inmersión es aproximadamente de diez segundos, pero no está controlado, sino que es el mismo operario se encarga de contar los segundos mientras se genera el glaseado. Por último, en la tercera estación se guarda en cajas el producto ya glaseado y queda listo para volver a la cámara de congelado para su almacenamiento.

La empresa compartió ciertos datos o necesidades de producción. Como tiene un alto nivel de producción, de alrededor de cincuenta toneladas diarias, y altos estándares de calidad, lo que le permite poder exportar sus productos, sus requerimientos de producción fueron tomados como una guía para el diseño de la máquina glaseadora.

Entre los productos de mar con los que trabajan, se destaca la pastilla de diez kilos de diversas especies. Entre ellas se encuentran: White Croaker, Yellow Croaker, White Bream y Red Porgy.

Su proceso de glaseado es totalmente manual y consta de las siguientes etapas:

- 1- Inmersión de la pastilla en batea con salmuera refrigerada por hielo (**ver Figura 2**). El operario sumerge el contenedor con el producto congelado en la batea con salmuera refrigerada. Durante la inmersión el operario genera pequeños movimientos oscilatorios para mejorar la transferencia de calor al mismo tiempo que cuenta hasta diez segundos para finalizar el glaseado. Esto hace que el tiempo de inmersión no sea preciso y el resultado final sea variable.
- 2- Remoción de la pastilla de pescado del contenedor plástico y posicionamiento sobre la mesa de trabajo (**ver Figura 3**). Al retirar el producto de la bachea y finalizar el glaseado es necesario generar un golpe seco contra la mesada para poder desprenderse del recipiente contenedor porque tienden a adherirse.
- 3- Embalaje en bolsa cristal y cajas para posterior almacenamiento en cámara (**ver Figura 4**). Una vez que se tiene el producto glaseado, este es embalado en una bolsa cristal termosellada y luego es encajonado para ser almacenado en la cámara de frío. El producto ya queda listo para ser distribuido para su venta. Su calidad estética mejora notoriamente y le añade valor (**ver Figura 5 y Figura 6**).



*Figura 2 Operario sumergiendo la pastilla en la batea refrigerada.*



*Figura 3 Picado de pastilla sobre mesa de trabajo*



*Figura 4 Embalaje de las pastillas en cajas*



*Figura 5 Pastillas de corvina de diez kilos previas al glaseado*



*Figura 6 Pastilla posterior al glaseado*

## 2.2. Starfish

La empresa Starfish es una pequeña empresa orientada a abastecer al mercado local. Trabajan con distintas especies de pescados y moluscos, pero su principal producto es el langostino. Tienen una producción diaria de poco más de quinientos kilos y su proceso de glaseado es generado de manera manual mediante un solo operario.

Para realizar el glaseado, se prepara un recipiente con salmuera y hielo y se espera un determinado tiempo hasta alcanzar la temperatura deseada. Tanto la concentración de salmuera como la temperatura de trabajo no son medidas mediante sensores, sino que dependen de la experiencia de la persona que lo realiza. Una vez que la salmuera está a la temperatura deseada se sumerge una canasta con el producto. Durante el tiempo que dura la inmersión el operario realiza un movimiento oscilatorio con el fin de evitar que los productos se peguen. Cabe destacar que el tiempo de inmersión queda a criterio de la persona que lo lleva a cabo según su experiencia y el porcentaje de glaseado que se busque. Finalmente se retira el producto de la bacha con salmuera y hielo y se lo deja escurrir. Es algo habitual que tenga que repetirse el proceso porque el glaseado no resultó parejo o no alcanzó el porcentaje deseado.

Como resultado final, el langostino adquiere una película de salmuera congelada que aumenta el peso del producto, lo que brinda una ventaja económica a la empresa (**ver Figura 7y Figura 8**)



*Figura 7 Langostinos congelados previos al glaseado*



*Figura 8 Langostinos glaseados. Se destaca el aumento de volumen del producto.*

### 3. Mejoras y ventajas

El equipo diseñado en este estudio representa un avance significativo en la industria pesquera argentina, donde el proceso de glaseado tradicionalmente se realiza de forma manual. Esta práctica manual a menudo conlleva variaciones en el producto final y la necesidad de retrabajo para garantizar la uniformidad del glaseado. En contraste, la glaseadora desarrollada ofrece una solución automatizada que minimiza la variabilidad del producto y reduce la intervención manual, lo que resulta en una mayor eficiencia operativa y una mejora en la calidad del producto final.

Además, una característica destacada del equipo es su capacidad para realizar el glaseado mediante dos métodos: inmersión y lluvia o cascada. Esta flexibilidad en los métodos de glaseado permite adaptar el proceso a las características específicas de los productos a tratar, ofreciendo así una mayor versatilidad operativa y optimizando los resultados finales. Los productos de mar pequeños, como pueden ser los cornalitos, langostinos o IQF (Individually Quick Frozen), son glaseados mediante cascada mientras son transportados por la cinta. De esta manera, se evita que floten y se pierdan en la bacha. En cambio, para los productos de mayor tamaño, como las pastillas de corvina, se utiliza la inmersión parcial y la cascada. De esta forma se garantiza un correcto glaseado en toda su superficie. Es importante mencionar que no se utiliza la inmersión total debido a que el bloque flotaría y la parte superior del producto no tomaría contacto con la salmuera, evitando que se produzca el glaseado.

Otras ventajas del equipo glaseadora incluyen un sistema automático para regular el nivel de agua y la velocidad de la cinta transportadora, lo que permite ajustar el proceso a las necesidades específicas de producción y a las características individuales de los productos a glasear. Además, la inclusión de un equipo de refrigeración garantiza la temperatura óptima de la salmuera utilizada en el proceso, lo que contribuye a mantener la calidad y la frescura del producto final.

El sistema preparador y dosificador de salmuera integrado en la glaseadora asegura un suministro continuo de salmuera para el proceso de glaseado, minimizando las pérdidas de salmuera y reduciendo los tiempos de inactividad durante el cambio de producción. A su vez, cuenta con capacidad de puesta en servicio rápida, con tiempos inferiores a una hora, lo que aumenta la eficiencia operativa y la productividad de la línea de producción.

En conjunto, estas mejoras y características de la glaseadora de productos de mar representan un avance significativo en comparación a los métodos tradicionales de glaseado manual, a equipos que no cuentan con un sistema de automatización, de preparación de salmuera ni de refrigeración. Esto la posiciona como una opción altamente competitiva en la industria pesquera argentina.

## 4. Funcionamiento Práctico de la Glaseadora de Pescado Automática

Este capítulo describe el proceso de glaseado de pescado en la máquina glaseadora automática, detallando cada etapa desde la preparación del producto hasta su almacenamiento final. Este sistema usa una solución de salmuera a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  con una concentración del 21%.

La operación comienza cuando el operario retira las cunitas que contienen la pastilla de pescado congelado de la cámara de congelado, la cual se mantiene a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  para preservar la frescura y calidad del producto y las transporta al pie del equipo para comenzar el proceso.

El operario coloca la pastilla de pescado directamente sobre la cinta transportadora, que la llevará a través del sistema de glaseado. La altura de la cinta ha sido diseñada para quedar ligeramente por debajo del nivel de la salmuera en la balsa, de manera que la parte inferior de la pastilla quede continuamente sumergida, iniciando el proceso de glaseado sin necesidad de una inmersión inicial completa.

A medida que la cinta transportadora avanza, la parte inferior de la pastilla se glasea de forma continua debido a su contacto directo con la salmuera a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  y con una concentración del 21%. Este contacto garantiza un glaseado uniforme en la base de la pastilla sin necesidad de sumergirla completamente.

Al mismo tiempo, la parte superior del pescado pasa bajo una serie de cascadas de salmuera. Estas cascadas están distribuidas para cubrir toda la superficie superior del pescado, asegurando que ambas caras queden glaseadas de manera uniforme y controlada.

Tras pasar por las cascadas, la cinta transportadora se inclina hacia una pendiente ascendente que eleva la pastilla de pescado fuera de la salmuera, permitiendo que el exceso de líquido escurra antes de que el pescado abandone el sistema de glaseado. Esta inclinación asegura que el glaseado sea consistente y que no queden acumulaciones de salmuera, optimizando el espesor y la calidad final del recubrimiento en toda la superficie.

La pendiente permite que el glaseado en la superficie se establezca de manera uniforme, proporcionando un acabado homogéneo sin exceso de líquido, lo cual es esencial para la siguiente etapa de empaquetado.

Una vez que la pastilla ha sido completamente glaseada y escurrida, el operario recoge el producto de la cinta y lo traslada a la estación de encajonado. Aquí, el pescado se envuelve en film plástico para proteger el glaseado de la deshidratación y exposición al aire, y luego se coloca en una caja protectora para su transporte y almacenamiento.

La envoltura con film previene la evaporación y la posible pérdida de peso del producto, mientras que la caja le brinda protección durante su manejo en la cadena de frío.

Finalmente, el producto empaquetado es devuelto a la cámara de congelación, que se mantiene a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  para estabilizar la capa de glaseado. Este paso es fundamental para que el recubrimiento se conserve en óptimas condiciones hasta el momento de la distribución.

Este proceso automatizado asegura un glaseado uniforme y de alta calidad, reduciendo la manipulación y optimizando la eficiencia de producción. La configuración de la cinta y las cascadas permite un control preciso de los parámetros de glaseado, mejorando la consistencia y la calidad en cada pastilla de pescado procesada.

# 5. Análisis térmico

## 5.1. Introducción

Es necesario realizar un correcto análisis térmico del proceso para generar un correcto glaseado. Para ello, se debe seleccionar un equipo refrigerador capaz de reducir y mantener la temperatura requerida de la salmuera.

El proceso de glaseado puede realizarse de diversas maneras, lo que requiere diferentes análisis térmicos según la metodología aplicada y el producto. La glaseadora está diseñada para operar mediante lluvia por cascada, inmersión o una combinación de ambas, y para manejar diferentes especies de pescado con varios pesos y dimensiones. Se ha diseñado el equipo específicamente para trabajar con la pastilla de corvina de diez kilos, ya que es el producto más común en Isla de los Estados.

Antes del glaseado, la pastilla se encuentra a  $-16^{\circ}\text{C}$ , según los ensayos en planta. Durante el proceso, el producto se sumerge en salmuera a  $-15^{\circ}\text{C}$  y es trasladado por una cinta transportadora. Aunque la temperatura de la salmuera podría reducirse a  $-23^{\circ}\text{C}$  en su punto eutéctico, no se considera adecuado debido a los riesgos de producir cristales de hielo o sal, lo que podría dañar el equipo, afectar la transferencia de calor y la calidad del producto. El tiempo de permanencia en el baño de salmuera es de 28.9 segundos, basado en mediciones en la planta Isla de los Estados. Finalmente, el producto sale del baño glaseado y listo para ser empacado y almacenado en la cámara frigorífica (**ver ANEXO 4 - Productividad**).

## 5.2. Objetivos

El objetivo del análisis térmico es determinar el calor que debe ser extraído de la salmuera, donde se sumerge el producto, para seleccionar el equipo refrigerante adecuado.

## 5.3. Procedimiento de cálculo

Para calcular el calor que el equipo refrigerador debe extraer, primero se identifican y cuantifican las cargas térmicas del proceso. Es fundamental conocer el contexto operativo y las necesidades productivas. Basándonos en las características del proceso de la empresa "Isla de los Estados", se obtuvo la información necesaria durante una visita a la planta. Los detalles de producción y condiciones de trabajo están en el **ANEXO 4 - Productividad**. En el **ANEXO 5 - Cálculo Térmico** se especifican las cargas térmicas consideradas en el balance térmico, las desestimadas por fines conservativos, y los cálculos realizados con sus datos de origen. Generalmente, las cargas térmicas en un balance térmico en refrigeración incluyen:

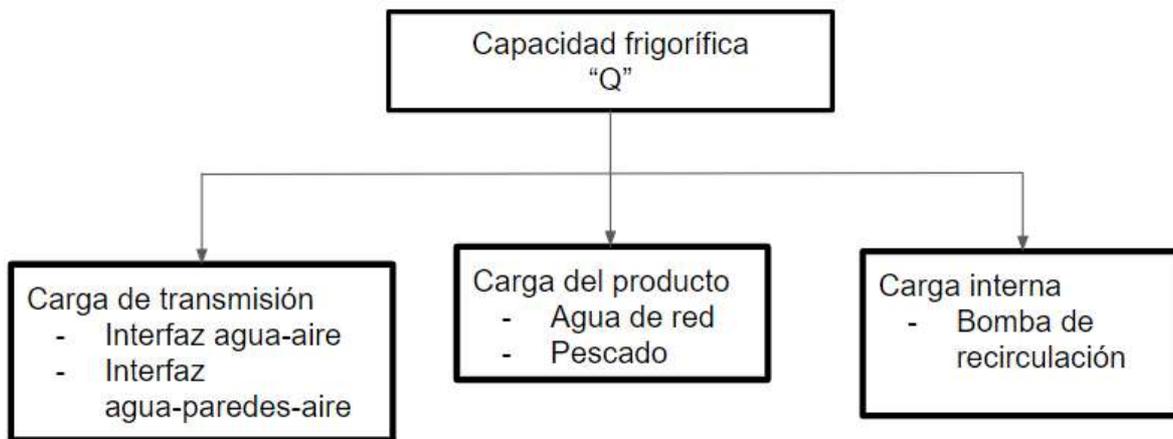


Figura 9. Mapa conceptual de las cargas térmicas que influyen en la salmuera

### 5.3.1. Carga de transmisión

La carga de transmisión se refiere al calor transferido entre la batea refrigerada y su entorno. Incluye:

- Carga conductiva: Transferencia de calor a través de las paredes y base de la batea refrigerada, dependiendo del material, espesor y diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.
- Carga convectiva: Calor transferido entre la superficie de la salmuera y el aire circundante. Para calcularla, es necesario conocer las variables térmicas de la salmuera y el aire en las condiciones de trabajo.
- Carga radiante: Transferencia de calor en forma de radiación electromagnética. En este caso, es mínima debido a la baja temperatura de los cuerpos involucrados.

En la glaseadora, la carga convectiva (Q1) ocurre cuando la salmuera entra en contacto con el aire, y la carga conductiva (Q2) a través de las paredes metálicas aisladas de la batea. Según los cálculos en **ANEXO 5 - Cálculo Térmico**, la carga de transmisión total es la suma de Q1 = 154.90W y Q2 = 74.71W.

Q1	154.90	W
Q2	74.71	W
<b>Carga de transmisión</b>	<b>229.6</b>	<b>W</b>

### 5.3.2. Carga de producto

La carga de producto es el calor que debe extraerse del producto para mantener la temperatura deseada, y se compone de:

- Calor sensible: Calor necesario para bajar la temperatura del producto sin cambio de fase. Depende de la capacidad calorífica del producto y la diferencia de temperatura.
- Calor latente: Calor necesario para cambios de fase, como congelación. Depende de la masa del producto y el calor latente de cambio de fase.

- Calor adicional: Generado por reacciones químicas, no relevante en este caso.

En la glaseadora, se consideran dos componentes principales:

Q3: Transferencia de calor del pescado congelado a la salmuera, lo que ayuda a mantener la salmuera refrigerada.

Q4: Calor absorbido por la salmuera repuesta, que proviene del agua de red a 18°C.

Según los cálculos detallados en **ANEXO 5 - Cálculo Térmico**, las cargas de producto son:

Q3=-5417.18W y Q4 = 4536.63W

Q3	-5417.18	W
----	----------	---

Q4	4536.63	W
----	---------	---

### 5.3.3. Carga interna

La carga interna incluye el calor generado por fuentes internas, como motores eléctricos. En este caso, solo se considera el efecto de los motores del equipo (Q5). Según **ANEXO 5 - Cálculo Térmico**, la carga interna es: Q5 =1120W

Q5	1120	W
----	------	---

### 5.3.4. Conclusión

Las distintas cargas térmicas en el proceso de glaseado determinan dos posibles resultados:

Sin pescado: La capacidad frigorífica inicial para refrigerar la salmuera desde 18°C a -15°C sin pescado congelado. Representa la puesta en marcha del equipo.

Q sin pescado = 5886W

Q sin pescado	5886	W
---------------	------	---

Con pescado: Una vez operativo, el pescado congelado favorece la refrigeración de la salmuera:

Q con pescado: 469W

Q con pescado	469	W
---------------	-----	---

Se diseña el equipo para que sea capaz de refrigerar la salmuera en la puesta en marcha y en régimen operativo. Por lo tanto, se debe seleccionar un equipo con capacidad de refrigeración igual o mayor a 5886 W.

## 5.4. Selección del equipo de refrigeración

La selección del equipo de refrigeración depende de la cantidad de calor que debe extraerse de la salmuera para reducir su temperatura de 18°C a -15°C durante la puesta en marcha. Para lograr esto, el equipo debe tener una capacidad de refrigeración igual o mayor a la carga térmica “Q sin pescado” previamente calculada.

Q sin pescado	5886	W
---------------	------	---

Se utilizó el programa “Coolselector” de la empresa Danfoss para elegir la unidad condensadora adecuada, teniendo en cuenta las siguientes condiciones de funcionamiento:

Capacidad de refrigeración: 6000 W

Temperatura de rocío: -20°C

Temperatura ambiente: 25°C

Recalentamiento útil: 8°C

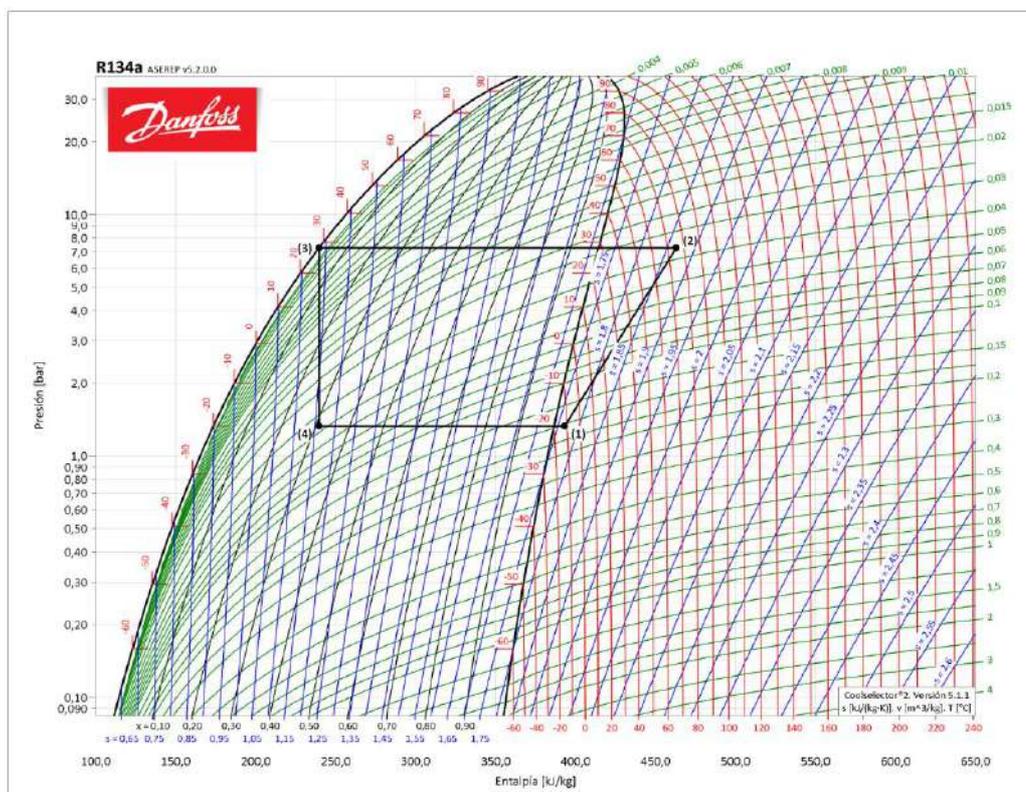
Refrigerante: R134A

La unidad condensadora que mejor se ajusta a estas necesidades es el modelo:

Optyma™ OP-HGZ125D20E 115F0120.

En la **Figura 10**, se presentan los datos del ciclo frigorífico realizado por el modelo seleccionado.

Además, se anexa el informe con las especificaciones técnicas detalladas de la unidad condensadora en el **"Informe de datos técnicos de la unidad condensadora"**.



Caudal másico en evaporador: 140,6 kg/h

Punto	Descripción	Temperatura [°C]	Presión (a) [bar]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Entalpía [kJ/kg]	Entropía [kJ/kg·K]
1	Aspiración del compresor	-12,0	1,327	6,535	392,9	1,766
2	Descarga del compresor (estimada)	75,4	7,203	20,11	462,9	1,067
2s	Punto de rocío de condensación	28,1	7,283	35,45	414,3	1,717
3s	Punto de burbuja de condensación	28,1	7,283	1196	239,5	1,136
3a	Salida del condensador	28,1	7,283	1196	239,5	1,136
3	Incluyendo subenfriamiento adicional	28,1	7,283	1196	239,5	1,136
4	Después de la válvula de expansión	-20,0	1,327	21,6	239,5	1,16
4s	Punto de burbuja de evaporación	-20,0	1,327	1359	173,4	0,0992
1s	Punto de rocío de evaporación	-20,0	1,327	6,781	386,4	1,741
1a	Salida del evaporador	-12,0	1,327	6,535	392,9	1,766

Figura 10. Diagrama de Mollier y datos del ciclo frigorífico del refrigerante R134a en el modelo de unidad condensadora seleccionado

# 6. Diseño de serpentina

## 6.1. Introducción

En este capítulo, se abordará el diseño de una serpentina para la refrigeración de la salmuera, teniendo en cuenta factores como el tipo de refrigerante, la potencia de refrigeración, las temperaturas de entrada y salida del refrigerante en el serpentín, la temperatura de la salmuera a refrigerar y el arreglo de tubos. Para llegar al diseño final se realizó un cálculo iterativo para llegar a las dimensiones finales. En el **ANEXO 6 - Diseño de la serpentina** se detalla los cálculos realizados.

## 6.2. Metodología de cálculo

Este capítulo se enfoca en describir en detalle la metodología utilizada para determinar la longitud de los tubos de la serpentina de refrigeración, un elemento esencial en el diseño de nuestro sistema de refrigeración. Para este propósito, utilizamos la ecuación de transferencia de calor:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta TML$$

Donde Q es la capacidad de refrigeración durante la puesta en servicio, previamente calculada en 6000W, U es el coeficiente global de transferencia de calor,  $\Delta TML$  es la diferencia de temperatura media logarítmica y A es el área de transferencia térmica. Se busca encontrar el valor del área "A" para poder despejar el valor del largo total del tubo que se utilizara en la serpentina resolviendo la siguiente ecuación:

$$L = \frac{A}{\pi D_o}$$

En el **ANEXO 6 - Diseño de la serpentina** se detalla los cálculos realizados con el objetivo de encontrar el largo de los tubos de la serpentina. Para ello se aplica la siguiente metodología de cálculo:

### 1. Cálculo de $\Delta TML$ :

La diferencia media logarítmica de temperatura ( $\Delta TML$ ) se determina a partir de las temperaturas de entrada y salida de la salmuera y el refrigerante en disposición contracorriente. Utilizando la ecuación de disposición contracorriente y las temperaturas proporcionadas (T entrada salmuera: 18°C, T salida salmuera: -15°C, T entrada refrigerante: -20°C, T salida refrigerante: -12°C), se obtiene un valor de  $\Delta TML$  igual a 11.47.

### 2. Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor (U):

El coeficiente global de transferencia de calor (U) se calcula a partir de la ecuación  $1/U = 1/U_e + R_f$ , donde  $1/U_e$  es igual a  $1/h_o + 1/h_i$ , con los siguientes valores numéricos:

- $h_o$  (coeficiente convectivo del banco de tubos, asumiendo un banco alineado): Valor calculado iterativamente.
- $h_i$  (coeficiente convectivo referido al diámetro exterior del tubo): Calculado como  $h_i \cdot (D_i/D_o)$ , donde  $D_i$  es 0.082 mm y  $D_o$  es 0.0215 mm.

Además, se asume un valor de  $1000 \text{ W/m}^2\text{°C}$  para  $h$  (coeficiente convectivo del refrigerante) basado en la sugerencia empírica del Profesor Sedrani, y la resistencia por ensuciamiento ( $R_f$ ) se valora en  $0.0004 \text{ m}^2\text{°C/W}$  siguiendo las especificaciones del CAO, Apéndice 22.

### 3. Cálculo de la Longitud de los Tubos (L):

Finalmente, se divide el largo total calculado por el largo que tendrán una vez instalados en la bacha y se obtiene la cantidad de tramos de tubo que compone la serpentina, teniendo en cuenta los valores numéricos previamente calculados y establecidos para los demás parámetros.

## 7. Diseño de la glaseadora

### 7.1. Introducción

En este capítulo se detallará el diseño de una glaseadora automática para pescado, teniendo en cuenta los principales requisitos funcionales y técnicos necesarios para garantizar su operación eficiente. El diseño cumple con normativas de seguridad e higiene alimentaria, además de asegurar una alta durabilidad en condiciones de operación exigentes, como el constante contacto con salmuera y otros productos. Asimismo, se ha considerado la selección de materiales, como el acero inoxidable 304L, por su resistencia a la corrosión y su aptitud para soldaduras en futuras reparaciones, ver Figura 11. Además, se ha priorizado la facilidad de limpieza y mantenimiento, así como la seguridad tanto para los operarios como para los productos procesados. A continuación, se especifican los aspectos clave del diseño.

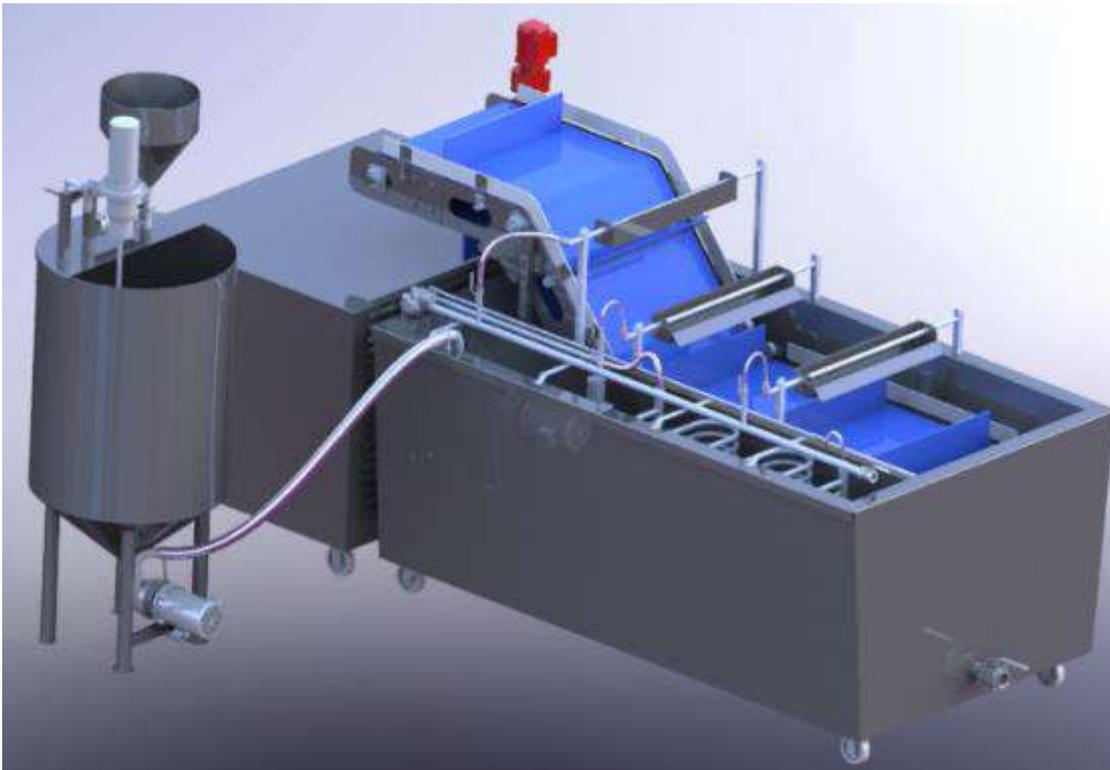


Figura 11. Diseño de la glaseadora

## 7.2. Consideraciones de diseño

El diseño de la glaseadora cumple con las normativas de higiene y seguridad alimentaria, especialmente las establecidas por el Código Alimentario Argentino, que aseguran la seguridad tanto para los operarios como para los productos procesados, garantizando que no se comprometa la calidad del pescado. Los componentes son resistentes a la corrosión y al desgaste, debido al constante contacto con salmuera y otros productos. Para ello, se han seleccionado materiales como Nilón, Acetal y Polipropileno, que ofrecen alta durabilidad en ambientes húmedos y de desgaste continuo.

En cuanto a la selección de materiales, es fundamental que estos sean resistentes a la corrosión para evitar fallos prematuros y asegurar una larga vida útil de la máquina. Los materiales, como el acero inoxidable 304L, son no tóxicos, aptos para el contacto con alimentos y aprobados por entidades como la FDA, garantizando el cumplimiento de los estándares internacionales de seguridad alimentaria. Además, se ha priorizado la elección de materiales que facilitan la limpieza rutinaria, soportando el uso de productos sanitarios sin comprometer su integridad, lo que permite una limpieza profunda y evita la acumulación de residuos.

El diseño también contempla la facilidad de acceso para la limpieza y el mantenimiento, reduciendo los tiempos de inactividad y optimizando la operación del equipo. Asimismo, garantiza la seguridad de los operarios, minimizando los riesgos de accidentes y evitando la contaminación de los alimentos. Se ha optimizado el diseño para lograr una estructura eficiente que minimice los costos de fabricación sin comprometer su funcionalidad, mediante la simplificación de piezas y el máximo aprovechamiento de materiales.

Durante la fabricación, se maximiza el uso de materiales comerciales considerando las dimensiones estándar de chapas, perfiles y tubos, lo que reduce los desechos y los costos. El diseño se centra en la factibilidad de fabricación y montaje, facilitando las operaciones y optimizando los recursos en términos de tiempo y materiales. El equipo está preparado para operar en entornos industriales húmedos y fríos, garantizando tanto la seguridad de los operarios como la eficiencia del proceso, y asegurando que se mantenga la calidad del producto final a lo largo del ciclo operativo.

En este capítulo se describen los principales bloques o subensamblajes que componen el sistema de glaseado de pescado: la cinta transportadora, la bacha, el piping y la unidad condensadora. Cada uno de estos componentes es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema y se detallan a continuación:

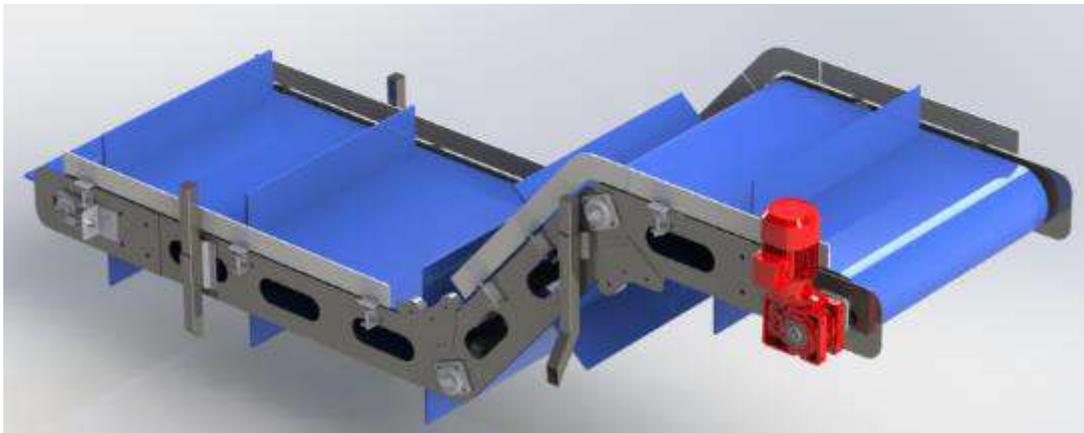
- **Cinta transportadora:** Es la encargada de mover el pescado a lo largo del sistema para asegurar que pase por la bacha de salmuera refrigerada de manera continua. Esta cinta está diseñada para operar en ambientes húmedos y fríos, con materiales resistentes a la corrosión y fáciles de limpiar, garantizando la higiene en todo el proceso.
- **Bacha:** Fabricada en acero inoxidable 304L, la bacha contiene la salmuera refrigerada. Este tipo de acero es seleccionado no solo por su resistencia a la corrosión, sino también por su bajo contenido de carbono, lo que lo hace especialmente apto para soldaduras en futuras reparaciones, evitando problemas de corrosión en las zonas afectadas por el calor. Su diseño incluye una cámara interna con un serpentín que mantiene la temperatura adecuada durante el glaseado. La estructura de la bacha asegura una distribución uniforme de la salmuera sobre el pescado mientras este circula sobre la cinta transportadora.
- **Piping:** El sistema de tuberías o piping conecta la bacha con el sistema de refrigeración y circulación de salmuera. Está diseñado para soportar bajas temperaturas y facilitar el flujo

eficiente de la salmuera desde y hacia la bacha, asegurando la correcta refrigeración y distribución del líquido.

## 7.2.1. Cinta transportadora

La cinta transportadora es esencial para el movimiento del pescado a través del proceso de glaseado. Está diseñada con materiales resistentes a la corrosión y aptos para el contacto con salmuera, como acero inoxidable o polímeros certificados. Su diseño permite un flujo continuo de productos y una distribución uniforme de la salmuera. Además, es fácil de limpiar, lo que evita la acumulación de residuos y asegura que el pescado no se contamine. La cinta está ajustada en velocidad y capacidad para manejar diferentes tamaños de pescado, optimizando la eficiencia del proceso.

El diseño se caracteriza por su modularidad, con un ensamblaje unido mediante bulonería de acero inoxidable, resistente a la corrosión y al entorno operativo. Todos los componentes metálicos son de acero inoxidable 304L, garantizando durabilidad y resistencia (ver **Figura 12**).



*Figura 12. Ensamblaje cinta transportadora*

Para garantizar un transporte eficiente y seguro del producto, se selecciona una cinta transportadora que cumple con los estándares de uso alimenticio y resiste las condiciones del entorno industrial. El proveedor INTRALOX ofrece un manual de ingeniería con directrices detalladas para el cálculo y la selección de bandas transportadoras. Todos los cálculos y selecciones se basan en este manual, cuyos detalles pueden consultarse en el **ANEXO 7 - Cálculo dimensional del tanque preparador de salmuera**.

La selección de la banda modular se basó en la capacidad de carga del producto y las condiciones ambientales. Se eligió la banda modular Open Grid serie 900 de polipropileno, certificada por la FDA para uso en productos alimenticios, garantizando su durabilidad y seguridad. Para los engranajes del eje motriz y conducido, se realizaron cálculos que aseguran su resistencia y buen funcionamiento en el transportador. Asimismo, se confirmó que el eje motriz cumple con los requisitos de resistencia necesarios para soportar la carga y las tensiones durante la operación.

En cuanto a la potencia requerida, se determinó que el sistema necesita un motorreductor de 1.15 HP, pero para garantizar un funcionamiento óptimo se optó por uno de 1.5 HP. Como resultado de estas selecciones, se eligió un eje motriz de 40 mm fabricado en acero inoxidable, proporcionando la resistencia y durabilidad adecuadas para el ambiente de trabajo. También se seleccionó un engranaje moldeado de 20 dientes con un agujero de 40 mm, adecuado para la transmisión de potencia.

Para prolongar la vida útil de la banda y los componentes, se seleccionaron guías de desgaste fabricadas en polietileno UHMW. Todo el diseño del transportador sigue las directrices proporcionadas por el fabricante, lo que asegura una integración eficiente de los componentes y un funcionamiento fiable del sistema.

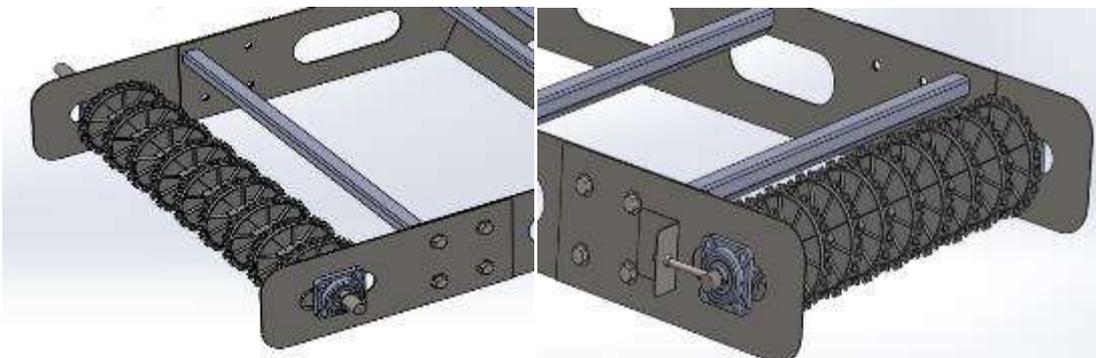
## 7.2.1.1. Bastidor

El bastidor de la cinta está fabricado a partir de chapas de acero inoxidable de 3 mm, cortadas mediante tecnología láser (ver **Figura 13**). Las dimensiones de estas chapas permiten optimizar el aprovechamiento de material, utilizando chapas estándar, como por ejemplo de 3000 x 1200 mm. Este enfoque no solo mejora la eficiencia en la fabricación, sino que también reduce el desperdicio. Las ventanas en forma de ranura en los laterales del bastidor facilitan la limpieza interior y contribuyen a la reducción del peso de la pieza, mejorando así la maniobrabilidad y eficiencia del sistema.



*Figura 13. Ensamble del bastidor*

Los ejes, tanto el conductor como el conducido, están elaborados en acero inoxidable y han sido dimensionados siguiendo los cálculos especificados en el **ANEXO 8 - Selección de banda transportadora**. La selección y disposición de los engranajes, así como el material de los mismos, están detallados en dicho capítulo. Los engranajes superiores están fijos en su posición, mientras que los inferiores son ajustables. Esto se logra mediante un sistema de bulón con tuerca y contratuerca, que permite regular la tensión de la banda transportadora. Esta regulación es esencial para mantener el correcto funcionamiento de la cinta (ver **Figura 14**).



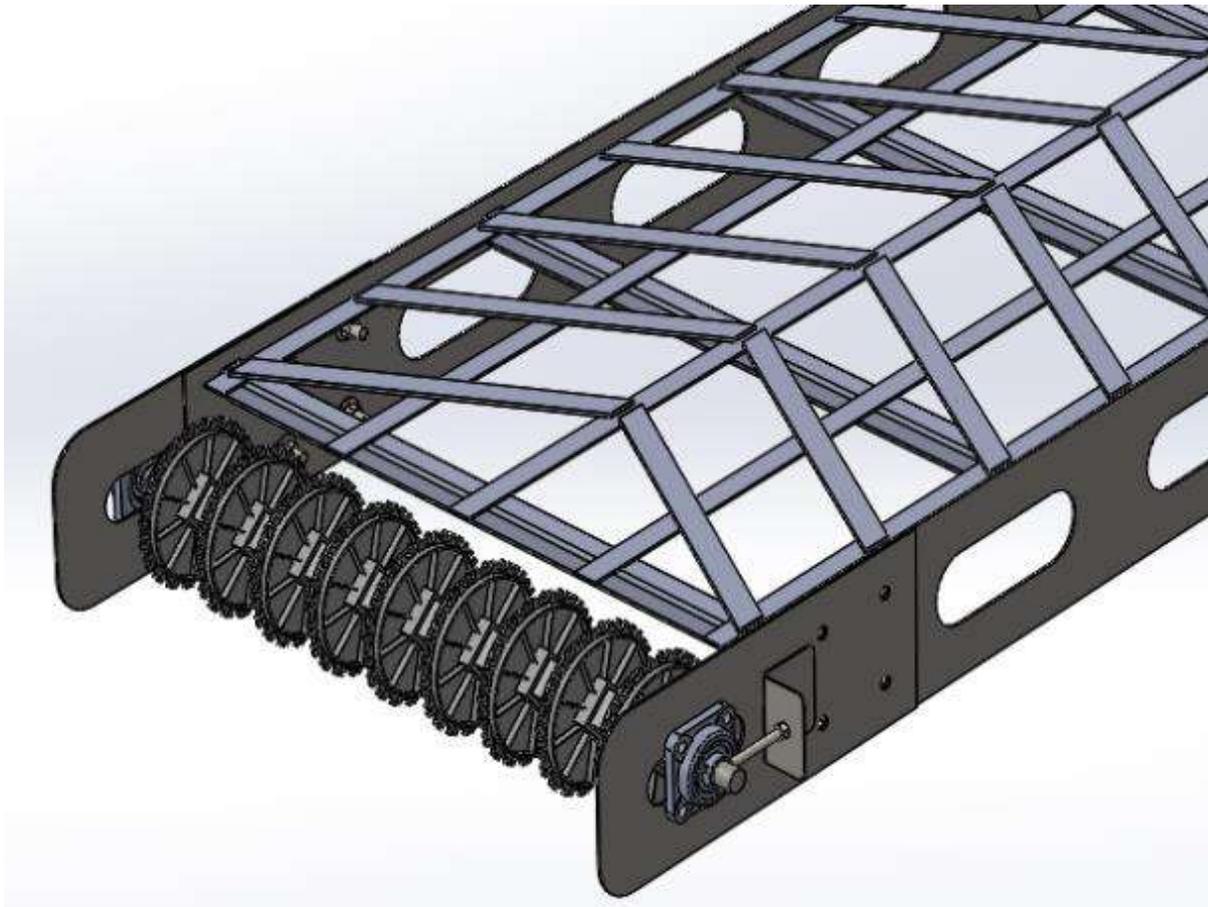
*Figura 14. Eje conductor (izq.). Eje conducido y tensor (der.)*

El sistema no incluye un mecanismo para tensar el eje motriz, debido a que el motorreductor está montado sobre el mismo eje, lo que complica su alineación. La configuración actual está diseñada para maximizar la estabilidad y eficiencia, minimizando la necesidad de ajustes adicionales durante la operación

## 7.2.1.2. Guías de desgaste de banda

Las guías de desgaste de banda, seleccionadas conforme a las especificaciones detalladas en el **ANEXO 6 - Diseño de la serpentina**, están fabricadas en UHMW (Ultra High Molecular Weight Polyethylene), un material reconocido por su idoneidad en la industria alimentaria. El UHMW es altamente resistente a la abrasión, lo que lo convierte en una opción ideal para aplicaciones en las que las bandas transportadoras están sujetas a desgaste constante. Este material también ofrece propiedades de baja fricción, lo que reduce el esfuerzo requerido para el movimiento de la banda y prolonga su vida útil.

Las guías están montadas sobre puentes diseñados específicamente para este propósito. Estos puentes están fijados a los laterales de la banda mediante un sistema de abulonamiento, que asegura un ajuste firme y estable de las guías. La disposición de las guías permite un soporte continuo a lo largo de la banda, minimizando el riesgo de deslizamientos o desplazamientos que podrían afectar el rendimiento del sistema de transporte (ver **Figura 15**).

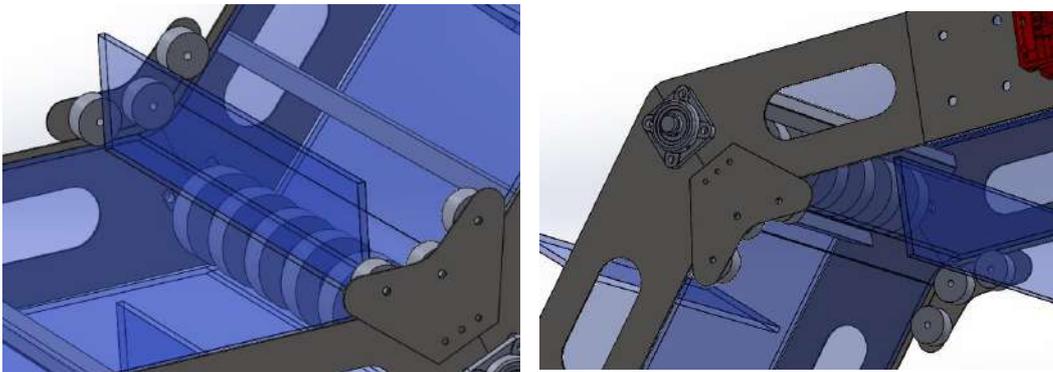


*Figura 15. Guías de desgaste*

### 7.2.1.3. Rodillos de banda transportadora

Los rodillos de la banda transportadora, fabricados en grilón, permiten a la banda adaptarse y seguir el recorrido del sistema de transporte de manera eficiente. Estos rodillos están montados de forma modular y se fijan mediante tornillos en los laterales, lo que facilita su desmontaje durante las tareas de mantenimiento. Esta característica modular es particularmente útil para la extracción de la banda transportadora en caso de que sea necesario realizar reparaciones o sustituciones.

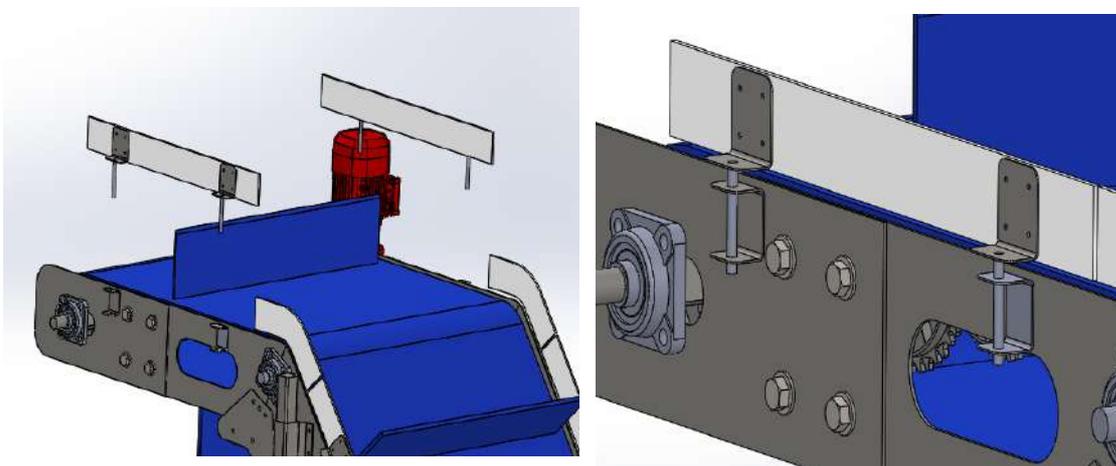
Debido a que estos rodillos operan en entornos agresivos, se evita el uso de rodamientos, ya que podrían deteriorarse rápidamente. Los rodillos actúan como componentes fusibles, diseñados para ser reemplazados después de un periodo de uso prolongado, asegurando así la continuidad del funcionamiento del sistema sin comprometer su durabilidad, ver **Figura 16**.



*Figura 16. Rodillos de grilón de la banda transportadora.*

### 7.2.1.4. Laterales de contención

Los laterales de contención, fabricados en grilón, están diseñados para asegurar que los productos se mantengan sobre la cinta transportadora durante el proceso de transporte. Su diseño facilita tanto el montaje como el desmontaje de manera práctica y rápida. Estos laterales se apoyan directamente en la estructura sin necesidad de utilizar elementos de fijación, como tuercas o tornillos, lo que permite retirarlos fácilmente durante la operación o de manera regular para realizar tareas de limpieza sin interrumpir el funcionamiento del sistema, ver **Figura 17**.



*Figura 17. Laterales de contención. Secuencia de montaje y desmontaje.*

## 7.2.2. Bacha

La bacha es el contenedor en el que se almacena la salmuera utilizada en el glaseado, está hecha de materiales resistentes a la corrosión, como acero inoxidable o polímeros apropiados, y facilita la limpieza y el vaciado. La capacidad de la bacha es adecuada para manejar grandes volúmenes de salmuera, asegurando un suministro constante durante el proceso. También cuenta con un sistema de control de temperatura para mantener la salmuera en condiciones óptimas para el glaseado, garantizando un recubrimiento uniforme del pescado.

La bacha, fabricada en acero inoxidable 304L de 3 mm de espesor, está diseñada con plegados en ángulos que facilitan el drenaje hacia el desagüe, el cual cuenta con una válvula de actuación manual para su limpieza y vaciado. En uno de los laterales, dispone de una compuerta de acceso rápido que facilita la limpieza y permite el acceso al filtro de succión de la bomba. La estructura interna incluye una división que forma una precámara donde se realiza el intercambio térmico entre el serpentín y el agua, impulsada por la bomba de recirculación, generando una turbulencia que mejora la eficiencia del proceso. Además, la bacha posee cortes inferiores que permiten el drenaje de residuos, y su diseño con plegados previene la acumulación de productos no deseados, asegurando una mayor higiene y facilidad de mantenimiento, ver **Figura 18**.

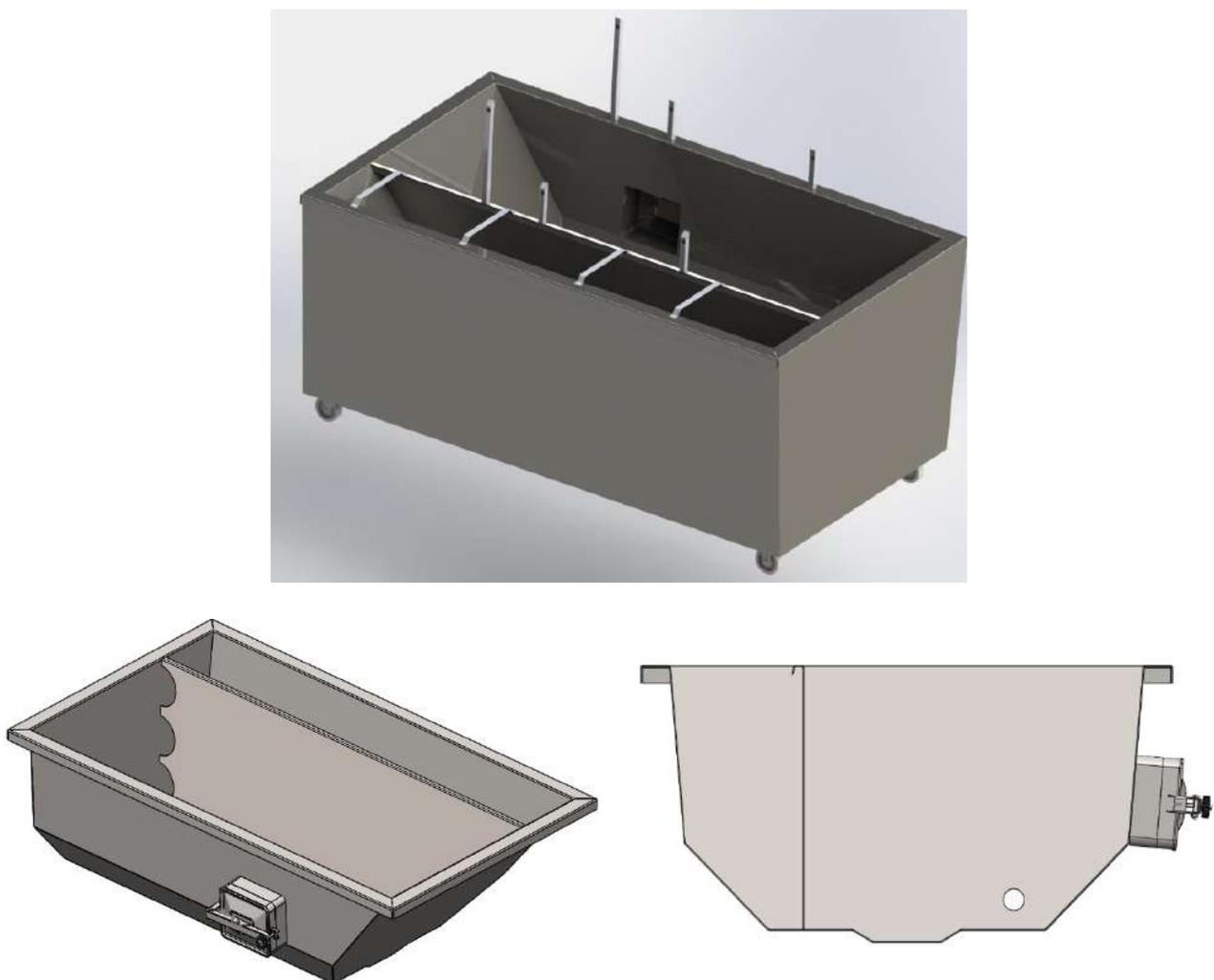


Figura 18. Bacha de acero 304L con división vertical para cámara de intercambio térmico con serpentín

## 7.2.3. Aislación

La bacha está recubierta con una capa de espuma de poliuretano de 75 mm de espesor, que actúa como aislante térmico. Esta aislación está protegida por una cubierta de acero inoxidable de 2 mm de espesor, lo que garantiza durabilidad y resistencia a las condiciones operativas. Tanto el espesor del aislante como el tipo de material utilizado se justifican en el **ANEXO 5 - Cálculo Térmico**, asegurando la eficiencia térmica requerida en el sistema. Ver **Figura 19**.

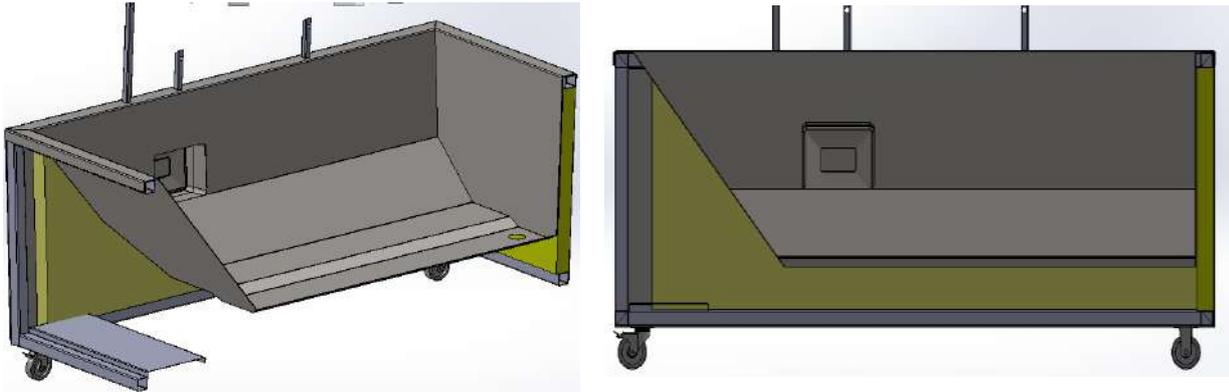


Figura 19. Vista en corte de la aislación.

## 7.2.4. Piping

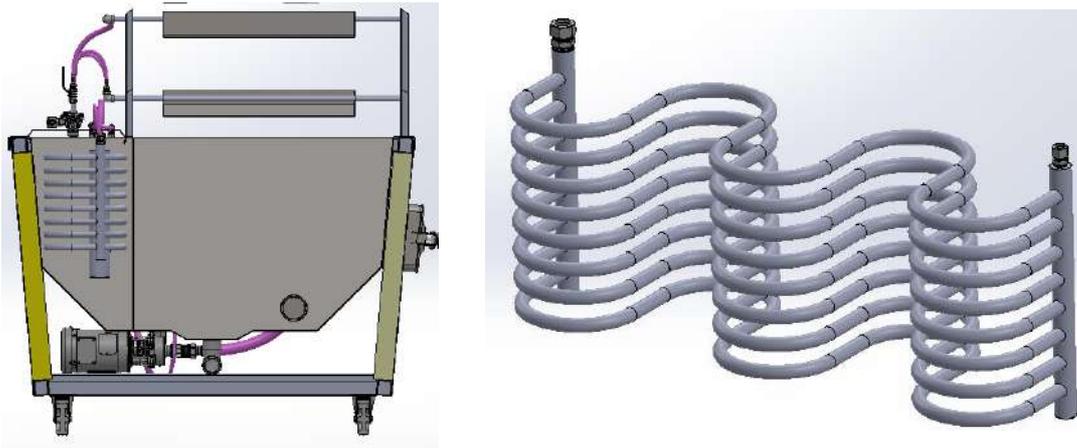
El sistema de piping distribuye la salmuera a través del equipo y está fabricado con materiales resistentes a la corrosión y aptos para el contacto con alimentos. La facilidad de limpieza es crucial para mantener el sistema libre de obstrucciones y contaminantes. El diseño del piping incluye válvulas para controlar el flujo de salmuera y permitir ajustes según las necesidades del proceso, lo que optimiza el uso de la salmuera y mejora la eficiencia del glaseado. Ver **Figura 20**.



Figura 20. Modelo del piping de la glaseadora.

## 7.2.4.1. Intercambiador de calor

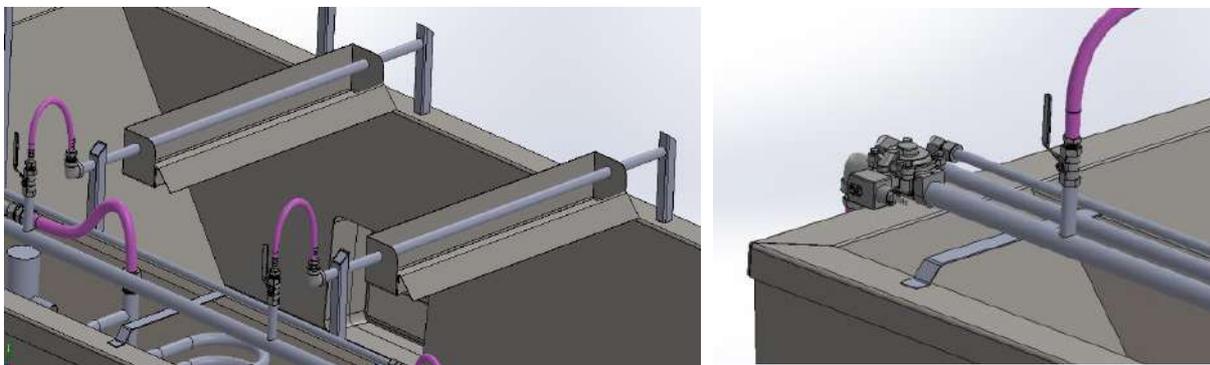
El intercambiador, fabricado en acero inoxidable, consta de dos manifolds: uno para la entrada y otro para la salida del refrigerante proveniente de la unidad de refrigeración. Este intercambiador es un serpentín de acero inoxidable ubicado en la precámara, a lo largo de uno de los laterales de la batea, y su función es permitir el intercambio térmico eficiente entre el refrigerante y la salmuera que circula en el sistema. Ver **Figura 21**.



*Figura 21. Serpentín ubicado en la cámara de intercambio térmico.*

## 7.2.4.2. Cascadas

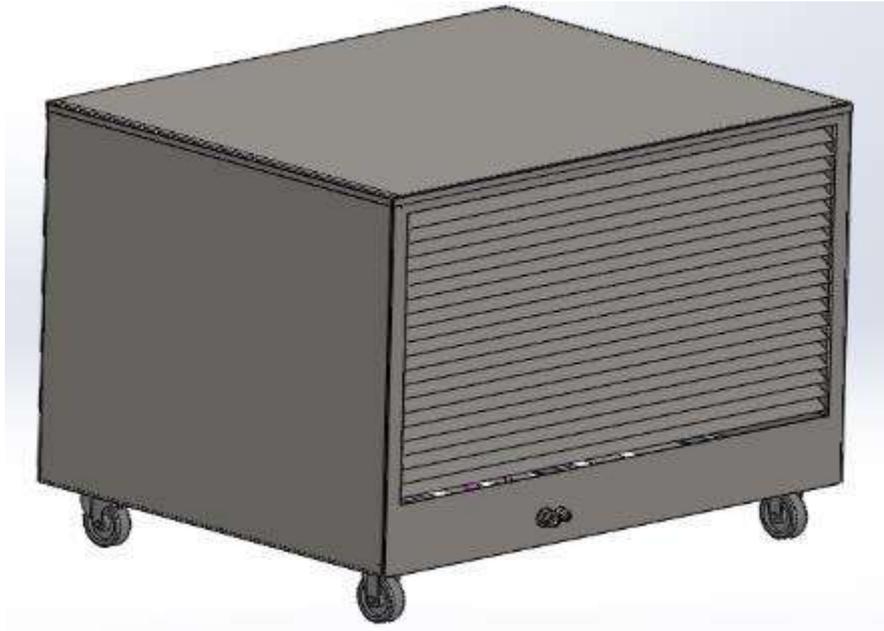
Las cascadas, distribuidas a lo largo del recorrido de la banda, están fabricadas en acero inoxidable 304L para garantizar durabilidad y resistencia a la corrosión. La salmuera se suministra mediante una derivación de la bomba de recirculación, y cada cascada cuenta con válvulas individuales que permiten anular su funcionamiento según las necesidades operativas. Además, existe una opción de control centralizado a través de una válvula electrónica, gestionada por el sistema de control, que permite desactivar todas las cascadas simultáneamente, brindando flexibilidad y eficiencia en la operación. Ver **Figura 22**.



*Figura 22. Cascada y válvula de suministro (izq.) y de comando eléctrico (der.)*

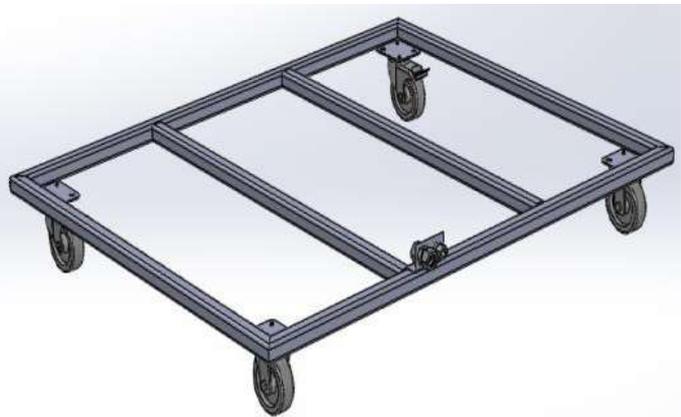
## 7.2.5. Unidad condensadora

La unidad condensadora es responsable de mantener la temperatura adecuada de la salmuera. Debe ser eficiente en el consumo de energía y capaz de mantener la salmuera a una temperatura constante durante el proceso. El diseño debe facilitar el mantenimiento, permitiendo un acceso sencillo para la limpieza o el reemplazo de componentes sin interrumpir la operación. La integración de la unidad condensadora con los otros componentes debe asegurar una operación continua y eficiente del equipo. Ver **Figura 23**.



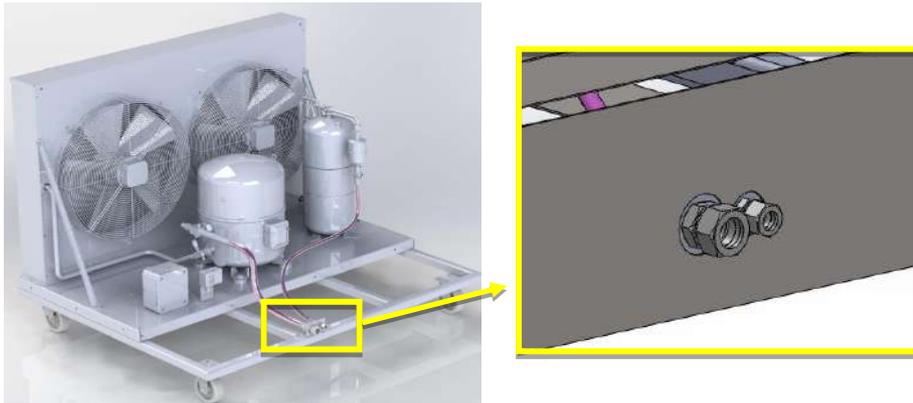
*Figura 23. Ensamblaje de unidad de condensadora.*

La unidad condensadora es un componente comercial montado sobre un robusto chasis construido en perfil estructural de 40x40x3 mm, fabricado en acero inoxidable 304L para garantizar una alta resistencia a la corrosión y durabilidad. Este diseño permite una estructura sólida y fiable para soportar las condiciones operativas. La unidad está equipada con cuatro ruedas, de las cuales dos son móviles, lo que facilita su desplazamiento y reubicación según sea necesario. La disposición de las ruedas está diseñada para ofrecer maniobrabilidad y estabilidad, permitiendo que la unidad sea movida con facilidad dentro del espacio de trabajo, ver **Figura 24**.



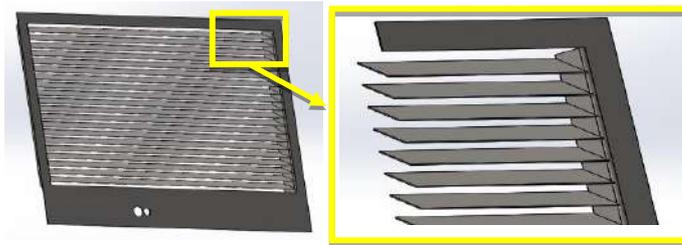
*Figura 24. Unidad condensadora montada sobre chasis de perfil estructural de acero inoxidable.*

Las conexiones de refrigerante se realizan a través de un pasa chapas, que facilita la integración de la unidad condensadora con el intercambiador. Este sistema de conexión está diseñado para asegurar una interfaz segura y eficiente entre los componentes. Las conexiones utilizan fittings del tipo "Yor-LokFittingsforTubing", conocidos por su capacidad para proporcionar un sellado hermético y fiable, minimizando el riesgo de fugas y garantizando una transferencia óptima del refrigerante. Ver **Figura 25**.



*Figura 25. Fittings "Yor-Lok for Tubing" ubicado en el bastidor del carro.*

Las chapas laterales, elaboradas en acero inoxidable 304L, protegen la unidad del entorno y están conformadas mediante plegados. En las partes frontal y trasera, las tapas cuentan con rendijas de ventilación diseñadas con ángulos que permiten la circulación del aire mientras previenen el ingreso de salmuera y contaminantes al interior de la unidad. Ver **Figura 26**.



*Figura 26. Protección lateral con detalle en la rendija.*

Sobre el piso, se encuentran rendijas que permiten el drenaje ante un eventual ingreso de contaminantes. Ver **Figura 27**.



*Figura 27. Vista inferior de protección con rendijas.*

# 8. Diseño de equipo preparador y dosificador de salmuera automatizado

## 8.1. Introducción

En el ámbito de la industria pesquera, la calidad del producto final, en este caso, el pescado glaseado, está directamente relacionada con la precisión y eficiencia en la preparación de la salmuera. La salmuera es esencial para lograr la concentración deseada del 21%, manteniendo la temperatura a niveles óptimos para el proceso de glaseado. De esta forma, se obtiene la salmuera a la temperatura de  $-15\text{ C}$  siguiendo su diagrama de fases. En este capítulo, se abordará el diseño de un equipo preparador y dosificador de salmuera automatizado para cumplir con las necesidades específicas de llenar la batea principal con la solución salina adecuada. En el **ANEXO 7 - Cálculo dimensional del tanque preparador de salmuera** se describe la ingeniería de detalle del equipo y a continuación se describen sus componentes y su funcionamiento. Ver **Figura 28**.



*Figura 28. Preparador y dosificador de salmuero. Modelo completo y vista en corte.*

El preparador de salmuera mezcla y ajusta la concentración de sal en la solución. Debe garantizar una mezcla homogénea y permitir ajustes precisos en la concentración según los requisitos del proceso. El diseño debe facilitar su operación y limpieza, y ser eficiente en el uso de recursos. Los materiales deben ser resistentes a la corrosión y aptos para el contacto con salmuera, asegurando la durabilidad y seguridad del equipo.

La unidad utilizada para preparar la salmuera está compuesta por un recipiente de acero inoxidable de 3 mm de espesor, diseñado para soportar las demandas del proceso de preparación. Este recipiente cuenta con un agitador que asegura la mezcla homogénea de la salmuera, una tolva de sal y un actuador eléctrico encargado de suministrar sal al recipiente de manera controlada. Una bomba se encarga de transferir la salmuera preparada hacia la bacha.

El recipiente está montado sobre cuatro patas de caño redondo de 3.2 mm, proporcionando estabilidad y resistencia. La tolva está conectada tanto al actuador como al recipiente mediante uniones clamp de desmontaje rápido, lo que facilita las tareas de limpieza y mantenimiento. Tanto el agitador como la tolva están fijados a la tapa del recipiente, permitiendo que todo el conjunto sea removido fácilmente cuando sea necesario.

La bomba de transferencia también se conecta mediante uniones clamp al equipo, lo que simplifica las intervenciones de mantenimiento. En la descarga, se acopla una manguera sanitaria mediante un racor, asegurando una conexión higiénica y segura para la transferencia de la salmuera.

## **8.2. Partes y componentes**

### **8.2.1. Tolva de sal**

La tolva de sal es el punto de partida del sistema. Está diseñada para contener una cantidad precisa de sal y está conectada a una válvula de dosificación automatizada. La tolva asegura un suministro continuo de sal, crucial para mantener la concentración requerida de salmuera.

### **8.2.2. Válvula de dosificado automatizada**

Controlada automáticamente, la válvula de dosificación garantiza la precisión en la cantidad de sal dispensada. Ajusta el flujo de sal según las demandas del proceso, asegurando una preparación de salmuera consistente y precisa.

### **8.2.3. Tanque principal**

El tanque principal recibe la sal de la tolva y el agua de la red. Equipado con una válvula solenoide, regula el flujo de agua para una mezcla homogénea con la sal dosificada. Con un volumen de 0.5 metros cúbicos, este tanque proporciona un entorno controlado para la preparación de la salmuera, compensando la pérdida durante el proceso y permitiendo una rápida puesta en marcha. (ver **ANEXO 7 - Cálculo dimensional del tanque preparador de salmuera**).

## 8.2.4. Sensor de nivel de ultrasonido

Para monitorear y registrar los niveles de salmuera, se incorpora un sensor de nivel de ultrasonido en el tanque principal. Este dispositivo garantiza un control preciso del proceso y contribuye a mantener la consistencia en la concentración de la solución, crucial para la calidad del producto final.

## 8.2.5. Agitador

Un agitador es implementado para promover la disolución uniforme de la sal en el agua. Esto asegurará que la salmuera alcance la concentración deseada. El agitador, en lugar de operar de manera constante, se caracteriza por un funcionamiento interrumpido. Se detiene automáticamente cuando el nivel de salmuera es bajo para evitar su operación en vacío, lo que podría dañar el equipo y consumir energía innecesariamente. Además, se detiene cuando transcurre demasiado tiempo sin que la glaseadora requiera salmuera, evitando así un trabajo redundante y optimizando el consumo energético del sistema.

## 8.2.6. Bomba automatizada

El sistema está equipado con una bomba automatizada que supervisa continuamente la concentración de la salmuera. Una vez alcanzado el porcentaje deseado (21%), se activa automáticamente la siguiente fase del proceso. Esta bomba transporta la salmuera hacia la batea de glaseado de la glaseadora, garantizando un suministro constante y preciso del líquido necesario para el proceso de glaseado, crucial para mantener la calidad y la eficiencia del proceso industrial.

# 8.3. Automatización del sistema

La automatización del sistema es esencial para garantizar un funcionamiento eficiente y controlado del equipo integrado por la glaseadora, la unidad condensadora y el preparador de salmuera. Con el objetivo de simplificar el diseño y reducir los costos de mantenimiento y operación, se presenta a continuación una lista de los parámetros clave utilizados en la lógica de funcionamiento:

Entradas analógicas:

- **IB:** Mide el nivel de líquido en la batea medido mediante un sensor de nivel ultrasónico.
- **IC:** Mide el nivel de líquido en el equipo preparador y dosificador de salmuera medido mediante un sensor de nivel ultrasónico.
- **ID:** Mide la concentración de sal de la salmuera en el equipo preparador mediante una sonda de conductividad.

Comparadores analógicos:

- **A1:** Compara el nivel de líquido en el equipo preparador. Se activa cuando el nivel de líquido es mínimo, es decir, detecta cuando el equipo está vacío.
- **A2:** Compara el nivel de líquido en el equipo preparador. Se activa cuando el nivel de líquido es máximo, es decir, detecta cuando el equipo está lleno.
- **A3:** Compara el nivel de concentración de sal en el equipo preparador. Se activa cuando dicho nivel es superior al permitido para el glaseado.

- **A4:** Compara el nivel de concentración de sal en el equipo preparador. Se activa cuando dicho nivel es inferior al permitido para el glaseado.
- **A5:** Compara el nivel de concentración de sal en el equipo preparador. Se activa cuando el líquido contiene el correcto porcentaje de sal.
- **A6:** Compara el nivel de líquido en la batea. Se activa cuando la batea llega al nivel mínimo de líquido de funcionamiento y es necesario el ingreso de salmuera cuando se realiza la inmersión del producto.
- **A7:** Compara el nivel de líquido en la batea. Se activa cuando la batea llega al nivel mínimo de líquido de funcionamiento y es necesario el ingreso de salmuera cuando no se realiza la inmersión del producto.
- **A8:** Compara el nivel de líquido en la batea. Se activa cuando la batea llega al nivel máximo de líquido de funcionamiento y es necesario detener el ingreso de la salmuera cuando se realiza la inmersión del producto.
- **A9:** Compara el nivel de líquido en la batea. Se activa cuando la batea llega al nivel máximo de líquido de funcionamiento y es necesario detener el ingreso de la salmuera cuando no se realiza la inmersión del producto.
- **AA:** Compara el nivel de líquido en la batea. Se activa cuando la batea llega al nivel necesario de líquido para evitar el vacío en la bomba de recirculación.
- **AB:** Compara el nivel de líquido en el equipo preparador. Se activa cuando el nivel de líquido llega a un punto determinado.
- **AC:** Compara el nivel de líquido en la batea. Se activa cuando la batea llega al nivel extremo que compromete el funcionamiento del programa elegido.
- **AD:** Compara el nivel de líquido en la batea. Se activa cuando la batea llega al nivel extremo que compromete el funcionamiento del programa elegido.

#### Temporizadores:

- **T1:** Cuando se activa genera encendidos y apagados intermitentes.
- **T2:** Cuando se activa genera encendidos y apagados intermitentes.
- **T3:** Una vez activado genera un encendido pasado un tiempo determinado.
- **T4:** Cuando se activa genera encendidos y apagados intermitentes.
- **T5:** Una vez activado genera un encendido pasado un tiempo determinado.

#### Bloques de texto:

- **TX1:** Informa en la pantalla del PLC que el programa elegido es "Cascada + Inmersión".
- **TX2:** Informa en la pantalla del PLC que el programa elegido es "Sólo Cascada".
- **TX3:** Informa en la pantalla del PLC que el programa elegido es "Limpieza".
- **TX4:** Informa en la pantalla del PLC que el dosificador de sal requiere recalibración por falta de sal.
- **TX5:** Informa en la pantalla del PLC que el dosificador de sal requiere recalibración por exceso de sal.

#### Relés auxiliares:

- **M1:** Se activa cuando el programa seleccionado es 'Cascada más inmersión'
- **M2:** Se activa cuando el programa seleccionado es 'Sólo cascada'
- **M3:** Se activa cuando el programa seleccionado es 'Limpieza'

#### Salidas:

- **Q1 (Válvula de Ingreso de Agua de Red):** Controla el flujo de agua hacia el equipo preparador.

- **Q2 (Válvula de desagüe del equipo preparador):** Controla el flujo de líquido desde el preparador hacia el exterior cuando se requiere vaciarlo.
- **Q3 (Válvula de ingreso de sal proveniente de la tolva):** Regula la cantidad de sal proveniente de la tolva.
- **Q4 (Bomba antirretorno):** Bombea la salmuera desde el equipo preparador hacia la batea principal para el glaseado.
- **Q5 (Válvula cascada):** Controla el flujo de salmuera desde la bacha hacia la cascada.
- **Q6 (Cinta transportadora):** Traslada el producto a través de la batea.
- **Q7 (Bomba de recirculación):** Bombea la salmuera de la batea hacia la serpentina para mantenerla a la temperatura deseada.
- **Q8 (Válvula de desagüe de la batea):** Controla el flujo de líquido desde la batea hacia el exterior cuando se requiere vaciarla.
- **Q9 (Agitador):** Mueve el líquido dentro del equipo preparador para lograr una mezcla homogénea entre el agua y la sal.

## 8.3.1. Secuencia de funcionamiento automatizado

Como primera medida debe seleccionarse el programa a utilizar mediante los botones  $Z_x$  pudiendo elegir entre “Cascada + Inmersión”, “Sólo Cascada” y “Limpieza”; siendo  $Z_1$ ,  $Z_2$  y  $Z_3$  respectivamente.

En caso de seleccionar  $Z_1$  o  $Z_2$  el funcionamiento es el siguiente:

### 8.3.1.1. Llenado del equipo preparador

- Al estar A1 activado se encienden Q1 y Q3 llenando el equipo preparador de la mezcla de agua y sal. Al mismo tiempo que Q3 se activa el temporizador T3, que cierra la válvula de ingreso de sal pasados unos segundos para ingresar la cantidad exacta necesaria y así alcanzar el porcentaje deseado cada vez.
- Llegado al punto exacto entre el nivel mínimo y máximo de líquido se activa AB que enciende Q9 mezclando el líquido para lograr una mezcla homogénea de salmuera y se apaga en el vaciado del equipo cuando disminuye de ese punto.
- Cuando el líquido ingresado alcanza el máximo nivel en el equipo se activa A2 que cierra Q1, deteniendo el ingreso de agua.
- Al comienzo de esta etapa se activa el temporizador T5. Su finalidad es detener Q9 pasados 20 minutos si no se utiliza la salmuera para extender la vida útil del agitador. En caso de usarse, este temporizador se reinicia.

### 8.3.1.2. Control del nivel de líquido en la batea

- Cuando se activan A6 o A7 (dependiendo el programa elegido,  $Z_1$  ó  $Z_2$ , respectivamente) y están activados A2 y A5, se enciende Q4 permitiendo el llenado de la batea.

- Cuando se vacía el equipo preparador, se cierra Q4 y se repite el paso 1. Este ciclo continúa hasta que la batea alcanza un máximo, es decir, se activan A8 o A9 (nuevamente dependiendo del programa elegido).
- Cuando se activan AC o AD (dependiendo el programa elegido, Z1 ó Z2, respectivamente) Se abre la válvula de desagüe de la batea Q8 hasta alcanzar valores de funcionamiento correctos. Esta válvula también se activa si el programa elegido es Z3.

### **8.3.1.3. Ajuste de concentración de salmuera**

- Después del cierre de Q1, si A5 NO lee la concentración correcta, se activa A3 o A4 dependiendo si es menor o mayor a la deseada.
- Si la concentración es menor, se activa el temporizador T4. Éste funciona de manera intermitente permitiendo la apertura de Q3 para que ingresen pequeñas cantidades de sal. La razón de la intermitencia es para que el agitador logre homogeneizar la mezcla y el sensor logre una medición más exacta. Cuando se alcanza el porcentaje de sal deseado, el temporizador T4 se desactiva y el programa continúa normalmente.
- Si la concentración es mayor, se activan los temporizadores T1 y T2. Al igual que T4 actúan de manera intermitente abriendo y cerrando Q1 y Q2 logrando una baja de la concentración de sal al expulsar un porcentaje de la mezcla e ingresar agua de la red.
- Este control de la concentración de la sal está diseñado de tal manera que los ajustes sean pequeños en relación al margen porcentual permitido para evitar inestabilidades que provoquen ciclos infinitos.
- Este control está diseñado para que continúe el proceso a pesar de una falla de calibración en el dosificador, pero no es deseado, ya que el mismo debe enviar la misma cantidad de sal cada vez. En caso de entrar en acción, se activarán los bloques de texto TX4 ó TX5 según corresponda informando la necesidad de recalibración.

### **8.3.1.4. Activación de la bomba de recirculación**

- Si AA está activado, se activa la bomba de recirculación para lograr la temperatura deseada en toda la máquina y evitar diferencias no deseadas.

### **8.3.1.5. Activación de la cinta transportadora y la válvula de la cascada**

- Cuando se elige el programa deseado se encienden Q5 y Q6 y se mantienen encendidos todo el tiempo.

- Si se selecciona Z3 se activa el programa de limpieza que se basa en la activación de Q1, Q4, Q5, Q6, Q7 y Q8. Su finalidad es ingresar agua que recorra toda la máquina para limpiar la cinta transportadora y la batea de la sal y suciedades generadas en el proceso y expulsar todo.
- Por último, Z4 apaga todas las salidas si el usuario quiere dejar de usar la máquina u ocurre cualquier inconveniente.

## 8.4. Conclusiones

El diseño propuesto del equipo preparador y dosificador de salmuera automatizado asegura un control preciso del proceso, garantizando la consistencia en la concentración y optimizando la eficiencia del sistema. Este sistema contribuirá significativamente a la calidad del producto final en el proceso de glaseado de productos marinos.

La lógica de automatización no solo garantiza una operación consistente y optimizada del sistema, sino que también se orienta a la simplicidad para reducir los costos de mantenimiento y operación del equipo preparador y dosificador de salmuera.

## 9. Informe de costos de fabricación

En el presente informe se detallarán los costos asociados a la fabricación del equipo. Estos están compuestos por los materiales o componentes y por los costos de instalación y ensamblaje. Su valor se muestra en dólares. En caso de contar con presupuesto en pesos se hace la conversión a dólares según la tasa de cambio del banco nación a la fecha de su recepción.

### 9.1. Costo de Refrigeración

Se detallan los equipos y sistemas necesarios para mantener la salmuera a temperaturas óptimas, analizando su eficiencia energética y su impacto en el costo operativo.

*Tabla 3. Desglose de costo asociados a la refrigeración*

Costos de materiales o componentes	Cantidad	Fecha de presupuesto	Precio Unitario Pesos	Precio Unitario USD	Precio Total USD
Unidad condensadora marca Danfoss, modelo: Optyma™ OP-HGZ125D20E 115F0120.	1	01/03/24	12537330	14312.02	14312.02
Fabricación y colocación Serpentina	1	15/04/24	3500000	3995.43	3995.43
Caño inoxidable diam. 1 pulg (metro)	13	01/03/24	26072	29.76	386.91
Gas refrigerante R 448A x 30Kg	1	01/05/24	89900	975.00	975.00
Chapa acero inoxidable 304 1500 x 3000 3 mm	15	01/05/24		244.50	3667.50
<b>SUBTOTAL</b>					<b>23336.87</b>

## 9.2. Costo de Automatización

En la siguiente tabla se incluirá los componentes necesarios para optimizar el proceso de glaseado, mejorando la precisión y reduciendo la intervención manual.

Tabla 4. Detalle d costos asociados a la automatización

Costos de materiales o componentes	Cantidad	Fecha de presupuesto	Precio Unitario Pesos	Precio Unitario USD	Precio Total USD
Sensor de nivel Siemens Ultrasónico MOD 7ML5117-1BD07-4AF1	2	6/3/24		1037.84	2075.68
Sensor de conductividad inductiva DULCOTEST ICT 8	1	6/3/24	2733637	3120.59	3120.59
PLC Schneider Electric SR3B261BD	1	22/08/24	648199	672.40	672.40
Módulo de extensión analógico TM3AQ4 Schneider Electric	1	22/08/24	669962.93	694.98	694.98
<b>SUBTOTAL</b>					6563.65

## 9.3. Costo del equipo preparador y dosificador de salmuera

En la siguiente tabla se listan los gastos relacionados con la dosificación precisa de la salmuera, un elemento crucial para garantizar un recubrimiento uniforme del pescado.

Tabla 5. Detalle de costos asociados al equipo preparador y dosificador de salmuera

Costos de materiales o componentes	Cantidad	Fecha de presupuesto	Precio Unitario Pesos	Precio Unitario USD	Precio Total USD
Chapa de acero inoxidable 304L Dosificador - 1.5mm espesor 1.25mx2.5m	4.5	06/02/24		1100 (para 4.5m2)	1100.00
Agitador + motor - 28/9/23	1	28/09/23	575,246	656.67	656.67
Fitting	2	18/06/24		100.00	100.00
Sensor de nivel Siemens Ultrasónico MOD 7ML5117-1BD07-4AF1	1	06/03/24		1037.84	1037.84
Actuador eléctrico –BrassBodySolenoidOn Off (PN 4738K71)	1	18/06/24		688	688
Tubo circular de 60.3 x 3.2	4	18/06/24		60.00	240.00
Bomba de agua uso sanitario	1	18/06/24		1830.00	1830.00
Chapa acero inoxidable 304 2 mm Tolva	1	18/06/24		400.00	400.00
<b>SUBTOTAL</b>					6052.51

## 9.4. Costo del Conjunto Bacha-Chasis

A continuación, se desglosan los costos asociados a la fabricación, materiales y ensamblaje de estos componentes esenciales para la estructura y funcionamiento del sistema de glaseado.

Tabla 6. Detalle de costos asociados al conjunto bacha y chasis

Costos de materiales o componentes	Cantidad	Fecha de presupuesto	Precio Unitario Pesos	Precio Unitario USD	Precio Total USD
placa de poliretano expandido (aislación) - rinde 28 L	2	01/03/24	12367	14.12	28.24
Banda modular marca Intralox, Open Grid serie 900 de polipropileno - x metro	6	01/02/24	8950	10.22	61.30
Motorreductor 1,5 HP SEW	1	15/02/24		2141.93	2141.93
CirculationPumpsforFood and Beverage	1	15/02/24		1830.00	1830.00
Easy-MaintenanceThreadedOn/Off Valves	4	15/02/24		250.00	1000.00
Fabricación y colocación Serpentina	1	15/04/24	3500000	3995.43	3995.43
Chapa acero inoxidable 304 1500 x 3000 3 mm	12	01/05/24		244.50	2934.00
espuma rigida de poliuretano de 75 mm	12	01/05/24		60.00	720.00
Corrosion-ResistantCasterswith Nylon Wheelsrigid	4	01/05/24		10.00	40.00
Corrosion-ResistantCasterswith Nylon Wheelsswivel	4	01/05/24		15.00	60.00
Suctionstrainer	1	01/05/24		160.00	160.00
Motorreductor sew	1	01/05/24		500.00	500.00
Manway	1	01/05/24		1500.00	1500.00
Rodamientos	8	01/05/24		20.00	160.00
Barra de grilon para tensores diámetro 120 mm	1	01/05/24	300000	342.47	342.47
Barra de grilon para tensores diámetro 60 mm		01/05/24		80.00	80.00
BARRA REDONDA (A-276) 304L 26.6 MM	2	01/05/24		15.00	15.00
Engranajes intralox	18	01/05/24		35.00	630.00
BARRA CUADRADA (A-276) 304 40.0 MM para ejes	2	01/05/24		17.50	35.00
Grilon Plancha 06mm 350x2000mm Nyt	1	01/05/24		120.00	120.00
Tubo estructural cuadrado 60 x 60 x 3.2	20	01/05/24		88.00	1760.00
Tubo estructural 40 x 40 x 3	6	01/05/24		58.00	348.00
Soldaduras (en horas)	80	18/06/24		9.00	720.00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>19181.37</b>

## 9.5. Costo Total

Finalmente, se le agregan los costos asociados a la instalación y montaje, valorados como el 20% componentes totales, el costo de materiales eléctricos y su instalación, en 10% y la Ingeniería como un 40% del valor total.

Tabla 7. Detalle de costo total

Costo	Precio Total USD
Refrigeración	\$ 23,337
Automatización	\$ 6,564
Dosificador	\$ 6,052
Bacha-Chasis	\$ 19,181
<b>Componentes Totales</b>	<b>\$ 55,134</b>
Instalación y Montaje	\$ 11,049
Componentes e Instalación Eléctrica (tablero, disyuntor, cables, etc)	\$ 5,525
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 71,708</b>
Ingeniería	\$ 21,546
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 93,254</b>

El costo total de la glaseadora será U\$S 93.366 + IVA.

## 9.6. Conclusión

Para finalizar se analizarán mejoras posibles tanto económicas como tecnológicas. Además, se hará una comparación entre la glaseadora diseñada en el proyecto y otras presupuestadas por Balzo S.A. y SIMES para determinar la viabilidad del proyecto.

En cuanto a las mejoras tecnológicas, podría agregarse y programarse una pantalla táctil conectada al PLC para facilitar la experiencia del usuario, permitiéndole analizar los datos que envían los sensores y que resulte más amigable trabajar con distintos productos.

En cuanto a los aspectos económicos, el enfoque de este proyecto ha sido centrado en la calidad y avances tecnológicos respecto a otras glaseadoras del mercado. Esto provoca que el precio triplique las presupuestadas (rondan los U\$S30,000 +IVA), sin tener en cuenta el costo de fletes que reducirían la diferencia

Dichas glaseadoras no cuentan con un sistema de refrigeración ni automatización, pero son más accesibles económicamente. Para economizar el equipo del proyecto se podría modificar el sistema de refrigeración, ya que como se ha explicado, la unidad condensadora se ha sobredimensionado para lograr arranques rápidos. También podría eliminarse el sistema directamente y refrigerar manualmente agregando hielo cada cierto intervalo de tiempo. Esto reduciría notablemente el valor económico del equipo, pero se pierde control sobre el proceso productivo y se requiere mayor cantidad de operarios para garantizar su funcionamiento.

# 10. ANEXOS

## 10.1. ANEXO 1 – Artículo 271 bis: Código alimentario argentino

Artículo 271 bis – (Resolución Conjunta RESFC-2019-6-APN-SRYGS#MSYDS N°6/2019)

2. Congelados: Son los productos que han sido sometidos a congelación hasta alcanzar una temperatura en su centro térmico inferior o igual a  $-18^{\circ}\text{C}$ , tras su estabilización térmica. A los efectos del presente artículo podrán admitirse excepcionalmente leves fluctuaciones en la temperatura durante el transporte, de forma tal que la inocuidad y calidad del producto no se vean afectadas. Al producto congelado se le puede realizar la técnica de glaseado, que consiste en una delgada capa protectora de hielo que se forma cuando este se rocía o se sumerge en agua de mar limpia o agua potable, con el agregado o no de aditivos, debidamente aprobada por la autoridad competente.

Artículo 272 - (Resolución Conjunta RESFC-2019-6-APN-SRYGS#MSYDS N°6/2019)

Se entiende por Pescados, los animales vertebrados acuáticos ectotérmicos, de agua marina o dulce. El término comprende peces teleósteos, condrictios y agnatos. Están excluidos los animales invertebrados y anfibios. Presentaciones:

1. Pescado Entero Es el pescado tal como se captura o cosecha.
2. Pescado Eviscerado Es el pescado al cual se le han extraído las vísceras.
3. Pescado Descabezado y Eviscerado (H&G por sus siglas en inglés) Es el pescado al cual se le han extraído las vísceras y la cabeza.
4. Pescado Descabezado, Eviscerado y sin Cola (HGT por sus siglas en inglés) Es el pescado al cual se le han extraído las vísceras, la cabeza y la cola.
5. Pescado en Rodajas o Postas Es una sección de pescado obtenida mediante cortes efectuados aproximadamente en ángulo recto con la columna vertebral.
6. Filete o Filet Es la porción de músculo de forma y dimensiones irregulares que ha sido separada del cuerpo mediante cortes paralelos a la columna vertebral, con o sin espinas y/o piel.
7. Pescado Desmenuzado o Pulpa de pescado (Minced) Es el músculo de pescado separado de la piel y las espinas, con modificación de su estructura original.
8. Pescado Mezclado (Mixed) Es el producto obtenido de la mezcla del desmenuzado de pescado con filetes, enteros o no, en proporciones variables.
9. Pescado Embutido: Es el producto elaborado con filetes, enteros o no, y/o desmenuzado de pescado crudo, que haya sido introducido a presión en un envase primario de origen sintético aprobado para tal fin, aunque en el momento de expendio y/o consumo carezca de continente.
10. Surimi Es el producto intermedio de carne de pescado y/o cefalópodo destinada a la elaboración ulterior, procesado en forma de pasta, lavada, blanqueada, refinada y prensada, con el agregado de ingredientes y aditivos autorizados; y congelado.

Artículo 272 bis - (Resolución Conjunta RESFC-2019-6-APN-SRYGS#MSYDS N°6/2019)

El pescado fresco o congelado deberá comercializarse presentando los siguientes requisitos:

Tabla 8. Detalle de las características de cada parámetro del pescado fresco o congelado.

<b>Parámetro</b>	<b>Características</b>
Piel	Colores vivos, iridiscentes a pigmentación en vías de descolorase y empañarse. Piel intacta. Cuando presente escamas, éstas deben estar adheridas a la piel.
Mucosidad cutánea	Acuosa transparente a ligeramente turbia.
Ojos	Sobresalientes a planos, con pupila negra brillante a ligeramente opaca.
Agallas o branquias	Color rojo brillante a pardo, con mucosidad nula a escasa.
Olor	En agallas o branquias y vientre; a mar, a algas marinas y neutro (especies marinas salvo condriictios) Suave, característico de las especies dulceacuícolas.
Carne	Firme a ligeramente elástica. Color nacarado a opaco.
Vísceras	Integridad de la pared abdominal y vísceras conservadas.

# 10.2. ANEXO 2 – Determinación del porcentaje de glaseado

## REGLAMENTO TÉCNICO MERCOSUR PARA DETERMINACIÓN DE PESO NETO EN PESCADOS, MOLUSCOS Y CRUSTÁCEOS GLASEADOS (DEROGACIÓN DE LA RESOLUCIÓN GMC N° 08/02)

### 1. OBJETIVO

Este Reglamento Técnico MERCOSUR establece la metodología para determinación de peso neto en pescados, moluscos y crustáceos glaseados.

### 2. CAMPO DE APLICACIÓN

Este Reglamento Técnico MERCOSUR se aplica al control metrológico de pescados, moluscos y crustáceos glaseados premedidos.

### 3. DEFINICIÓN

- Serán considerados pescados, moluscos y crustáceos los organismos acuáticos marinos o de agua dulce, capturados o cultivados .
- Será considerado glaseado el producto congelado con cobertura de hielo.

### SIGLAS USADAS EN LAS FORMULAS

PB Peso Bruto  
PPg Peso del Producto Glaseado  
PE Peso del Embalaje  
PPD Peso del Producto Desglaseado  
Ph Peso del Hielo  
PEF Peso Efectivo Bruto  
PPgM Peso Medio Absoluto del Producto Glaseado  
PPDM Peso Medio Absoluto del Producto Desglaseado  
PGAR Cantidad Relativa de Hielo en la Muestra

### MATERIAL BÁSICO

Balanza, con división mínima 0,1g.  
Termómetro con precisión de 0,1°C, cubriendo el rango – 30°C a 50°C.  
Recipiente paralelepípedo con un volumen mínimo de 10 litros de agua.  
Cernidor con malla de 1,4 mm en acero inoxidable.  
Freezer.  
Cronómetro.

### PROCEDIMIENTO

Identificar el producto.

Identificar individualmente (numerar, posicionar u otro método) los embalajes, verificando si todos están en perfectas condiciones adecuadas para el examen

Separar aleatoriamente un grupo de (6) seis unidades de la muestra tomada, sin que pierda la cadena de frío hasta el momento de la inmersión del producto.

Determinar Peso Bruto (PB)

Pesar el producto ya identificado.

Determinar Peso del Embalaje

Pesar el embalaje y / o envoltorio totalmente limpios y sin residuos obteniéndose así el valor de (PE).

Determinar el Peso Neto del Producto glaseado substrayéndose del Peso Bruto el peso del embalaje correspondiente.

$$PPg = PB - PE$$

Con el producto ya sin embalaje acomodarlo en un cernidor previamente tarado y sumergir el conjunto en el recipiente con agua.

El conjunto de cernidor más el producto, deberá permanecer inmerso en su totalidad por el tiempo de 20 segundos + 1 segundo.

La temperatura del baño antes de sumergir el producto, deberá estar en torno entre 20 °C + 1 °C .

Durante el tiempo en que permanece inmerso debe ser agitado suavemente el conjunto de cernidor más producto.

Retirar el conjunto de cernidor más producto y dejar escurrir por 30 segundos + 1 segundo.

Para facilitar el escurrido del cernidor deberá permanecer inclinado en un ángulo entre 15° a 17° .

Pesar el conjunto determinando con eso el peso del producto desglaseado (PPD). Determinar el peso de hielo contenido en el producto (Ph) substrayéndose del peso producto glaseado (PPg) el peso del producto desglaseado (PPD)

$$Ph = PPg - PPD$$

Proceder al examen de cada una de las seis unidades.

Determinar el peso medio absoluto del producto glaseado usando la siguiente fórmula:

$$(PPgM) = (PPg1 + PPg2 + PPg3 + PPg4 + PPg5 + PPg6) / 6$$

Determinar el peso medio del producto desglaseado usando la siguiente fórmula:

$$(PPDM) = (PPD1 + PPD2 + PPD3 + PPD4 + PPD5 + PPD6) / 6$$

Determinación de la cantidad relativa de hielo en la muestra:

$PGAR = PPgM - PPDM.$

PPgM

Cálculo para determinación del peso efectivo del producto:

$PEF = (PB-PE) \cdot (1-PGAR).$

Obtenido el peso neto del producto se aplicará la Resolución GMC en vigor.

#### CONSIDERACIONES GENERALES

Durante el periodo de transporte y transferencia de las muestras hasta el laboratorio y durante su almacenaje, la temperatura del producto no podrá ser superior a - 6 °C (menos seis grados centígrados).

En el momento del examen, el producto seleccionado para el desglaseamiento debe estar a una temperatura entre (- 6°C) y (- 22°C).

El baño debe tener como mínimo la cantidad en volumen de 10 veces la cantidad del producto a desglasearse.

## 10.3. ANEXO 3 - Ensayo en Planta Isla de los Estados

Con el fin de obtener datos precisos sobre los parámetros de la glaseadora de pescado, se llevó a cabo un ensayo experimental en la planta de procesamiento de productos de mar Isla de los Estados. El objetivo principal de este ensayo era determinar la relación entre el tiempo de inmersión en agua a una temperatura específica y el porcentaje de glaseado obtenido.

Para llevar a cabo este experimento, se empleó agua refrigerada con hielo, lo que permitió alcanzar una temperatura media de 0.1 °C, como se muestra en la **Figura 29**. Antes de la inmersión de las muestras de pescado en el agua glaseada, se registró el peso inicial de las muestras.

Una vez que las muestras estuvieron listas, se sumergieron en el agua glaseada durante un tiempo determinado, como se indica en la **Figura 31**. Posteriormente, se tomaron nuevas mediciones, incluyendo el peso final de las muestras y su temperatura después de la inmersión, como se muestra en la **Figura 30** y **Figura 32**.

Los resultados obtenidos de este experimento se resumen en la **Tabla 9**, donde se relacionan el tiempo de inmersión en el agua glaseada y el porcentaje de glaseado obtenido para cada muestra de pescado analizada.



*Figura 29* Medición de la temperatura del agua mediante termómetro digital



*Figura 30* Medición de la temperatura del pescado.



*Figura 31 Inmersión de una pastilla en la bacha con agua y hielo.*

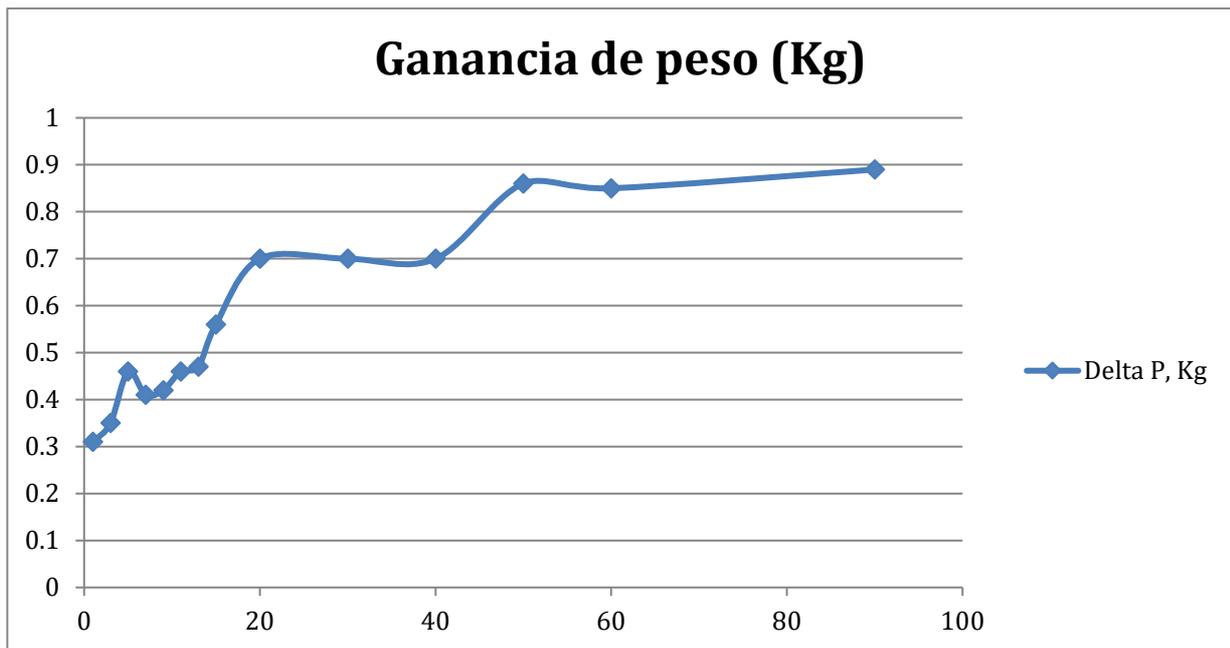


*Figura 32 Medición del peso de la pastilla luego del glaseado.*

Tabla 9 Resultados del ensayo experimental en planta Isla de los Estados

Tipo producto	Especie	T agua	T entrada	T salida	Peso in, Kg	Peso out, Kg	Delta P, Kg	Tiempo, s
Pastilla	Corvina	0,1	-15,5	-13,1	9,94	10,25	<b>0,31</b>	<b>1</b>
Pastilla	Corvina	0,2	-14	-8,5	9,99	10,34	<b>0,35</b>	<b>3</b>
Pastilla	Corvina	0,2	-16,5	-8,6	9,99	10,26	<b>0,27</b>	<b>3</b>
Pastilla	Corvina	0,1	-16	-13,8	9,99	10,4	<b>0,41</b>	<b>5</b>
Pastilla	Corvina	0,3	-15	-13,1	9,99	10,45	<b>0,46</b>	<b>5</b>
Pastilla	Corvina	0,1	-13	-9,8	9,98	10,34	<b>0,36</b>	<b>7</b>
Pastilla	Corvina	0,3	-15	-12,8	9,82	10,23	<b>0,41</b>	<b>7</b>
Pastilla	Corvina	0,3	-9	-7,7	10,04	10,4	<b>0,36</b>	<b>9</b>
Pastilla	Corvina	0,2	-14	-9,6	9,96	10,38	<b>0,42</b>	<b>9</b>
Pastilla	Corvina	0,2	-12	-9,8	9,76	10,22	<b>0,46</b>	<b>11</b>
Pastilla	Corvina	0,1	-15,3	-10,1	9,89	10,36	<b>0,47</b>	<b>13</b>
Pastilla	Corvina	0,1	-15,1	-11	9,89	10,45	<b>0,56</b>	<b>15</b>
Pastilla	Corvina	0,3	-14,9	-10,9	9,9	10,6	<b>0,7</b>	<b>20</b>
Pastilla	Corvina	0,2	-15,2	-10,6	9,84	10,48	<b>0,7</b>	<b>30</b>
Pastilla	Corvina	0,2	-14,8	-10,1	10,01	10,71	<b>0,7</b>	<b>40</b>
Pastilla	Corvina	0,1	-13	-8,6	9,83	10,69	<b>0,86</b>	<b>50</b>
Pastilla	Corvina	0,2	-12	-9,1	9,97	10,82	<b>0,85</b>	<b>60</b>
Pastilla	Corvina	0,3	-13	-8,5	9,95	10,84	<b>0,89</b>	<b>90</b>

Gráfico 1 Relación entre la ganancia de masa (delta P, Kg) y el tiempo de inmersión (tiempo, s).



## 10.4. ANEXO 4 - Productividad

Durante la visita a planta “Isla de los Estados” la gerencia de la empresa compartió información sobre el nivel de producción que se debe cumplir y las condiciones de trabajo a la cual estaría sometido el equipo. Estos datos fueron clave para poder definir parámetros en el equipo, como la velocidad de la cinta transportadora, el largo de la batea, entre otros.

- Cantidad de producción diaria: 50 toneladas de pastillas de corvina
- Tiempo de trabajo del equipo: 10 horas diarias
- Longitud de la cinta sumergida: 2 metros (necesidad de Lay Out de planta)
- Dimensiones de la pastilla de corvina: 500mm x 350mm x 200mm
- Peso de pastilla de corvina: 10 Kg

Con los datos brindados se puede calcular el tiempo máximo de glaseado que se le puede dar a la pastilla de corvina para cumplir con la producción diaria. El tiempo de glaseado se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo de glaseado} = \frac{\text{Longitud de la cinta sumergida}}{\text{Velocidad pastilla}}$$

La velocidad de avance de la pastilla se calcula:

$$\text{Velocidad pastilla} = \text{Dimensión pastilla} \times \text{Frecuencia de extracción}$$

Se debe considerar que la pastilla se posiciona con la dimensión de 500 mm transversal al avance de la cinta. La frecuencia de extracción de la pastilla de corvina es la cantidad de pastillas de corvina que se debe glasear en un determinado tiempo para cumplir con la producción diaria. Teniendo en cuenta que se debe glasear 50 toneladas de corvinas, o su equivalente, 50000 pastillas de corvina y que el equipo opera 10 horas diarias. La frecuencia de extracción se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Frecuencia de extracción} = \frac{50.000 \text{ pastillas}}{10 \text{ horas}}$$

Past por segundo	0.14
------------------	------

$$\text{Frecuencia de extracción} = 0.138 \frac{\text{pastillas}}{\text{segundo}}$$

Conociendo la frecuencia de extracción se calcula la velocidad:

$$\text{Velocidad pastilla} = 500 \frac{\text{mm}}{\text{pastilla}} \times 0.138 \frac{\text{pastillas}}{\text{segundo}}$$

$$\text{Velocidad pastilla} = 0.0694 \text{ m/s}$$

Velocidad pastilla	0.07	metros/seg
--------------------	------	------------

Finalmente se obtiene el tiempo de glaseado que se la aplica a cada pastilla de corvina:

$$\text{Tiempo de glaseado} = \frac{\text{Longitud de la cinta sumergida}}{\text{Velocidad pastilla}} = \frac{2 \text{ m}}{0.0694 \text{ m/s}} = 28.8 \text{ s}$$

Tiempo glaseado	28.8	segundos
-----------------	------	----------

Según los ensayos realizados durante la visita en la empresa Isla de los Estados el nivel de glaseado para una inmersión en agua a 0°C corresponde a 0.7 kilogramos, ver **Tabla 9**. Este porcentaje es aceptable para la empresa. Por lo tanto, se adoptan la velocidad calculada y las dimensiones de pastilla y cinta como datos de diseño

## 10.5. ANEXO 5 - Cálculo Térmico

### 10.5.1. Balance térmico

En este capítulo se analizarán las cargas térmicas involucradas en el balance térmico de la salmuera al 21% de concentración, con el objetivo de seleccionar un equipo refrigerador adecuado para mantener su temperatura a  $-15^{\circ}\text{C}$ .

El balance térmico es crucial para mantener la eficiencia de la glaseadora. Se consideran dos componentes principales en la carga térmica: la carga de transmisión y la carga de producto. En este análisis, nos centraremos en la carga de transmisión.

### 10.5.2. Carga de transmisión

La carga de transmisión se refiere al flujo de calor intercambiado entre la salmuera refrigerada en la bacha y su entorno. Este proceso incluye dos mecanismos de transferencia de calor:

- Q1: Transferencia de calor entre la salmuera y el aire circundante.
- Q2: Transferencia de calor a través de las paredes metálicas de la bacha.

#### 10.5.2.1. Transferencia de calor entre aire y salmuera: Q1

En este capítulo se calcula en la transferencia de calor que existe entre la superficie de la salmuera expuesta al aire circundante del ambiente y su entorno. Para ello se deben conocer las características físicas tanto del aire como de la salmuera. Para los datos respectivos del aire circundante, se hacen asunciones en base a lo conversado con el personal de "Isla de los Estados" durante la visita a planta. La velocidad del aire ambiente se asume en 2 metros/segundo, debido a la presencia de ventiladores en planta. El valor de temperatura en  $25^{\circ}\text{C}$ , si bien varía durante todo el año, es un valor representativo de las condiciones laborales a lo largo del año. A estas condiciones, las propiedades físicas fueron obtenidas de la tabla A-15 obtenida de la bibliografía "Transferencia de calor y masa", ver **Tabla 10**. Por otro lado, para determinar las variables físicas de la salmuera se asume condiciones de estado estable, superficie del agua suave y turbulencia insignificante. Por lo que la superficie de la salmuera se considera como un sólido, placa plana horizontal. Debido a que no se encontró información correspondiente a la salmuera a 21% en ninguna bibliografía, se utilizan las propiedades de la salmuera a 23% de concentración brindadas por el profesor Ing. Alberto Sedrani en la **Tabla 11**. En cuanto a las características constructivas de la bacha, se calcula para una extensión de 2 metros y un ancho de 1 metro. Estos datos surgen de cubrir las necesidades operativas de "Isla de los Estados" en cuanto a la producción requerida y las posibilidades de espacio en el layout de planta.

Tabla 10 Propiedades del aire a 1 atm de presión

TABLA A-15							
Propiedades del aire a la presión de 1 atm							
Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, $\text{Pr}$
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-5}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
30	1.451	1004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7429
-20	1.394	1005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268

Tabla 11 Propiedades de la salmuera de concentración 23%

### Cloruro sódico - agua

Mass concentración: 23 %  
Temperatura de congelación: -22.0584 °C

Temperatura °C	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Capacidad calorífica kJ/kg, °C	Conductividad W/m, °C	Viscosidad cP
-22	1191	3,318	0,5068	7,91
-21	1191	3,319	0,5085	7,51
-20	1190	3,320	0,5102	7,14
-19	1190	3,321	0,5118	6,79
-18	1189	3,321	0,5135	6,46
-17	1189	3,322	0,5151	6,16
-16	1189	3,323	0,5168	5,87
-15	1188	3,324	0,5184	5,60
-14	1188	3,325	0,5200	5,34
-13	1187	3,325	0,5216	5,10
-12	1187	3,326	0,5233	4,88
-11	1186	3,327	0,5249	4,67
-10	1186	3,328	0,5265	4,47
-9	1185	3,328	0,5281	4,28
-8	1185	3,329	0,5296	4,10
-7	1184	3,330	0,5312	3,94
-6	1184	3,331	0,5328	3,78
-5	1183	3,332	0,5343	3,63
-4	1183	3,332	0,5359	3,49
-3	1182	3,333	0,5375	3,35
-2	1182	3,334	0,5390	3,23
-1	1181	3,335	0,5405	3,11
0	1181	3,336	0,5421	2,99
1	1180	3,337	0,5436	2,89
2	1180	3,337	0,5451	2,78
3	1179	3,338	0,5466	2,69
4	1179	3,339	0,5481	2,60
5	1178	3,340	0,5496	2,51
6	1178	3,341	0,5511	2,43
7	1177	3,342	0,5526	2,35
8	1177	3,342	0,5540	2,27
9	1176	3,343	0,5555	2,20
10	1176	3,344	0,5569	2,13
11	1175	3,345	0,5584	2,07
12	1175	3,346	0,5598	2,01
13	1174	3,347	0,5613	1,95
14	1174	3,348	0,5627	1,89
15	1173	3,348	0,5641	1,84
16	1173	3,349	0,5655	1,79
17	1172	3,350	0,5670	1,74
18	1172	3,351	0,5684	1,70

Se debe tener en cuenta que la superficie de la salmuera se asume como placa plana horizontal debido a que se observa turbulencia insignificante y condiciones de estado estable. Se calculan los valores térmicos adimensionales correspondientes del aire circundante para calcular la transferencia de calor con la superficie de la salmuera dada por la siguiente ecuación.

$$Q1 = h \cdot A \cdot (T_{\infty} - T_s)$$

Donde:

$$h: \text{convectivo del aire}$$

$$A: \text{Área de transferencia de calor} = 2 \text{ m}^2$$

$$T_{\infty}: \text{Temperatura del aire} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_s: \text{Temperatura de la salmuera} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Resta calcular el valor del convectivo del aire para conocer la transferencia de calor Q1. Para ello se calcula el valor del número de Reynolds para determinar el régimen del flujo del aire circundante:

$$Re = \frac{u_{\infty} \cdot L}{\nu}$$

Donde:

$$u_{\infty} = \text{Velocidad del aire} = 2 \text{ m/s}$$

$$L = \text{Largo de la bacha} = 2 \text{ metros}$$

$$\nu = \text{viscosidad cinemática del aire} = 1.562 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Resulta:

$$Re = \frac{u_{\infty} \cdot L}{\nu} = \frac{2 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ m}}{1.562 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}}$$

Re	294117.65
----	-----------

$Re < 5 \times 10^5$  . Régimen Laminar

Debido a que el valor de Reynold crítico del aire circundante es menor a  $5 \times 10^5$  entonces corresponde utilizar las ecuaciones correspondientes al régimen laminar para poder hallar el valor del convectivo h y con esto, conocer el valor de la transferencia de calor Q1.

El convectivo del aire se calcula de la siguiente manera:

$$h = \frac{Nu \cdot K}{L}$$

Donde:

$$Nu: \text{Nusselt del aire}$$

$$K: \text{Conductividad térmica del aire}$$

$$L: \text{Largo de la batea}$$

Para obtener el valor del Nusselt se sigue la siguiente ecuación propia del régimen laminar, flujo externo,  $Pr > 0.6$  y convección forzada:

$$Nu = 0.332 \cdot Pr^{1/3} Re^{1/2}$$

Para determinar el número de Prandtl, es importante conocer la temperatura del fluido en la capa límite térmica que varía desde  $T_s$ , en la superficie, hasta alrededor de  $T$ , en el borde exterior de esa

capa. Las propiedades del fluido también varían con la temperatura y, por consiguiente, con la posición a lo largo de la capa límite. Para tomar en consideración la variación de las propiedades con la temperatura, las propiedades del fluido suelen evaluarse a la llamada temperatura de película, definida como

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2}$$

El aire del ambiente se encuentra a 25°C y la temperatura de la salmuera refrigerada a -15°C. Es por eso, que el valor de la temperatura de película será:

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{-15^\circ\text{C} + 25^\circ\text{C}}{2} = 2.5^\circ\text{C} = 275.5^\circ\text{K}$$

Debido a que la **Tabla 1** no presenta valores de la propiedad del aire a 2.5°C, se hace un promedio entre los valores de 0°C y 5 °C para calcularlos. Los valores del número de Prandtl y la conductividad térmica son:

Prandtl	0.74
---------	------

K	0.024	W/mK
---	-------	------

Por lo tanto, el número de Nusselt resulta:

Nu	162.53
----	--------

Entonces el valor del convectivo del aire es:

$$h = \frac{Nu \cdot K}{L} = \frac{162.534 \times 23.8 \times 10^{-3} \text{ W/m.K}}{2 \text{ m}}$$

h aire	1.94	W/m <sup>2</sup> K
--------	------	--------------------

Finalmente, la tasa de transferencia de calor entre la superficie de la salmuera en contacto con el aire (Q1) resulta:

$$Q_1 = h \cdot A \cdot (T_\infty - T_s) = 1.93 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \times 2 \text{ m}^2 \times (25^\circ\text{C} - (-15^\circ\text{C}))$$

Q1	154.90	W
----	--------	---

## 10.5.2.2. Transferencia a través de las paredes: Q2 - Carga de transmisión

Para poder calcular el calor transferido desde el ambiente hacia la pileta refrigerada, se debe tener en cuenta que está aislada y por lo tanto, hay que conocer sus características para hacer el cálculo térmico correspondiente. Para ello se debe seleccionar el aislante adecuado para las condiciones de trabajo del equipo y calcular su espesor óptimo para mejorar la eficiencia energética de la glaseadora.

Existen diversos materiales termoaislantes, pero pocos se ajustan a las necesidades constructivas de una glaseadora, que está en contacto con producto alimenticio, agua y humedad. La selección del material aislante deberá basarse en su costo, su eficacia, su durabilidad, su adaptabilidad a la forma de la glaseadora de pescado y los métodos de instalación disponibles en cada lugar. Desde un punto de vista económico, puede ser preferible elegir un material aislante con una conductividad térmica baja que aumentar el espesor del aislamiento de las paredes de la glaseadora. Al reducir la conductividad térmica, se necesitará menos aislante para una determinada capacidad de conservación del frío.

Las principales características que deben cumplir los materiales termoaislantes son:

- Conductividad térmica

Resulta fundamental identificar los materiales con una conductividad térmica reducida, dado que estos demuestran un coeficiente global de transmisión de calor menor. Esta característica implica que se requerirá una menor cantidad de material aislante para alcanzar los objetivos deseados. Entre los materiales aislantes, se destaca el gas seco en reposo como una de las opciones más efectivas.

Las propiedades termoaislantes de los materiales aislantes comerciales están directamente influenciadas por la cantidad de gas presente en su composición, así como por el número de bolsas de gas contenidas en su estructura. Es importante destacar que el número y tamaño de las células, en las cuales el gas puede mantenerse en reposo, resultan determinantes en la conductividad térmica del material aislante en consideración. Es decir, a mayor cantidad de células y menor tamaño de las mismas, menor será la conductividad térmica exhibida por el material.

Es crucial evitar cualquier comunicación entre las células, ya que dicha interconexión favorece la transmisión de calor por convección, disminuyendo la eficiencia del aislante en cuestión.

- Permeabilidad al vapor de agua

En el ámbito de los materiales aislantes, aquellos que exhiben una permeabilidad al vapor de agua extremadamente baja se consideran los más adecuados. Esta característica se traduce en una absorción de agua prácticamente insignificante y una reducción mínima de la condensación y la corrosión.

- Características de resistencia e instalación

El material aislante debe ser resistente al agua, disolventes y sustancias químicas. Además, debe ser duradero, fácil de instalar y compatible con una variedad de adhesivos. Debe ser liviano, manipulable y económico. No debe generar ni absorber olores, ni verse afectado por hongos o parásitos. También debe mantener dimensiones estables, sin desmoronarse ni compactarse.

- Características de seguridad

El material aislante deberá estar clasificado como no inflamable y no explosivo. Si llegara a arder, los productos de su combustión no deberán constituir un peligro por su toxicidad.

Teniendo en cuenta las principales características que un material termoaislante debe cumplir, se selecciona a la espuma de poliuretano. Tiene buenas propiedades termoaislantes, una baja permeabilidad al vapor de agua, una alta resistencia a la absorción de agua, una resistencia mecánica relativamente alta y una baja densidad. Además, su instalación es relativamente fácil y económica.

La **Tabla 12** de la fuente FAO: Documento Técnico de Pesca se muestran las principales características de las espumas de poliuretano. (ver <https://www.fao.org/3/y5013s/y5013s07.htm>)

*Tabla 12 Densidad y conductividad térmica a 20 -25 °C de aislantes de poliuretano*

<b>Tipo</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Conductividad térmica (W·m<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>)/(kcal·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>·°C<sup>-1</sup>)</b>
Espuma de poliuretano	30	0,026/0,0224
Plancha rígida de poliuretano expandido	30	0,02-0,025/0,0172-0,0215 promedio: 0,0225/0,0193
Plancha rígida de poliuretano expandido	40	0,023/0,02
Plancha rígida de poliuretano expandido	80	0.04/0.34
Poliuretano expandido in situ	24-40	0,023-0,026/0,0198-0,0224 promedio: 0,0245/0,0211

*Fuente:* FAO, 1989.

De la **Tabla 12** se elige como aislante la plancha rígida de poliuretano expandido de 30 kg/m<sup>3</sup> de densidad con un valor de conductividad térmica de 0.02 (W/m°C) debido a que presenta la conductividad térmica más baja. A su vez, tiene un valor de densidad relativamente bajo lo que implica utilizar menor cantidad de material.

Para poder plantear el cálculo térmico es necesario adoptar un valor de flujo de calor máximo, de la bibliografía presentada en el capítulo de “**Balance Térmico**” de la **Cátedra Instalaciones Termomecánicas** se obtienen los siguientes valores recomendados.

Tabla 13. Flujo de calor máximo según la temperatura del pescado

Valor de q	
Congelación / Conservación de congelado (-30°C a -15 °C)	<u>7 W/m2 = 6 Kcal/hm2</u>
Refrigeración ( -10°C a +5°C)	<u>9 W/m2 = 7.8 Kcal/hm2</u>

En el caso de estudio corresponde:

$$q = 9 \text{ W/m}^2 = 7.8 \text{ (Kcal/hm}^2)$$

Para obtener el espesor del aislante se utiliza la siguiente ecuación del Capítulo “Cálculo del espesor de aislante con flujo de calor máximo” de la unidad **Cámaras Frigoríficas** de la **Cátedra Instalaciones Termomecánicas**:

$$e = \left( \frac{\Delta T}{q} - \frac{1}{h_i} - \frac{1}{h_e} \right) \lambda$$

Donde:

$\lambda$ : conductividad térmica del aislante = 0.02 (W/m°C)

$\Delta T$ : Diferencia de temperatura entre el fluido interior y exterior = 25 °C – (-15°C) = 40 °C

$q$ : Flujo de calor máximo = 9 W/m<sup>2</sup> = 7.8 Kcal/hm<sup>2</sup>

$h_i$  : Coeficiente convectivo de la salmuera

$h_e$  : Coeficiente convectivo del aire = 0.79 W/m<sup>2</sup>K

Como es evidente, se debió calcular el valor del coeficiente convectivo de la salmuera, a -15°C y 23% de concentración. Para ello se utilizó la **Tabla 11** para obtener sus propiedades y se asumieron las siguientes condiciones en base a la visita de la planta en Isla de los Estados:

Velocidad de la salmuera en bacha	1.5	m/s
-----------------------------------	-----	-----

Largo de la batea	2	m
-------------------	---	---

El convectivo de la salmuera se calcula según la siguiente ecuación:

$$h_{\text{salmuera}} = \frac{Nu \cdot K}{L}$$

Siendo:

$Nu$ : Nusselt de la salmuera

$K$ : Conductividad térmica de la salmuera = 0.5184 W/mK

$L$ : Largo de la batea = 2 m

Para obtener el valor del Nusselt se sigue la siguiente ecuación propia del régimen laminar, flujo externo, Pr > 0.6 y convección forzada.

$$Nu = 0.332 \cdot Pr^{1/3} Re^{1/2}$$

El número de Prandtl surge de calcular la siguiente ecuación:

$$Pr = \frac{C_p \mu}{K} = \frac{\text{Viscosidad Cinemática}}{\text{Difusividad Térmica}}$$

Donde los valores de las propiedades de la salmuera a -15°C se desprenden de la Tabla N°2

*C<sub>p</sub>: Calor específico a presión constante*

Calor específico	3324	J/Kg C°
------------------	------	---------

*μ = Viscosidad dinámica*

Viscosidad dinámica	0.0056	Pas.s
---------------------	--------	-------

Por lo tanto, el número de Prandtl de la salmuera a -15°C a 23% de concentración de sal resulta:

$$Pr = \frac{C_p \mu}{K}$$

Pr	35.91
----	-------

Luego se debe calcular el número de Reynolds para poder hallar el valor del convectivo de la salmuera. A priori se asume flujo turbulento y se estima que la velocidad de la salmuera en la bacha tendrá un promedio 1.5 metros sobre segundos por observaciones hechas durante la visita a planta de "Isla de los Estados". Por lo tanto, se utiliza la siguiente ecuación para hallar el valor del número de Reynolds:

$$Re = \frac{u_{\infty} \cdot L}{\nu}$$

Siendo

*u<sub>∞</sub>: Velocidad de la salmuera = 1.5 m/s*

*L: Largo de la bacha = 2 m*

*ν: Viscosidad cinemática de la salmuera = 4.71 × 10<sup>-6</sup> m/s<sup>2</sup>*

El número de Reynolds de la salmuera a -15°C y 23% de concentración de sal resulta:

Re	636428.57
----	-----------

Al tener los valores del número de Reynolds y el de Prandtl se puede calcular el número de Nusselt de la siguiente forma:

$$Nu = 0.0296 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr^{1/3} \quad 0.6 \leq Pr \leq 60$$

Nu	405.27
----	--------

Finalmente, el convectivo de la salmuera resulta:

$$hi = \frac{Nu \cdot K}{L} = \frac{405.27 \times 0.5184 \text{ W/mK}}{2 \text{ m}}$$

h salmuera	5.85	W/m2K
------------	------	-------

Teniendo el cálculo del convectivo de la salmuera, finalmente se puede obtener el espesor del aislante.

$$e = \left[ \frac{\Delta T}{q} - \frac{1}{hi} - \frac{1}{he} \right] \lambda$$

Espesor del aislante	75	mm
----------------------	----	----

Una vez obtenido el espesor del aislante que se va a instalar en la batea se siguen los lineamientos del capítulo “**Balance Térmico**” de la **Cátedra Instalaciones Termomecánicas**. La carga térmica Q2 se obtiene resolviendo la siguiente expresión:

$$Q2 = K \cdot S \cdot \Delta T$$

Siendo:

*Q2: Flujo de calor de transmisión en paredes y base [W]*

*K: Coeficiente general de transmisión de calor [W/m2°C]*

*S: Superficie exterior de la sección, 8 [m2]*

*ΔT: Diferencia de temperatura del aire exterior y la salmuera, 40 [°C]*

A priori se conoce la superficie de la transferencia porque se parte de un prediseño inicial en el cual se estima las dimensiones del equipo acorde a las necesidades dimensionales de la empresa “Isla de los Estados”. Las paredes laterales y la base tendrán 2 metros de largo y 1 metro alto, mientras que las pared frontal y posterior será de 1 metro de alto y 1 metro de largo. También se estima que la temperatura del aire ronda los 25°C. La temperatura de la salmuera, como se dijo previamente, se encuentra en -15°C en su punto de operación por el análisis realizado en base a su diagrama de fases. Por lo tanto, queda calcular el valor del coeficiente general de transmisión del calor “K” para obtener Q2 mediante la siguiente expresión.

$$\frac{1}{K} = R = \frac{1}{he} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{hi}$$

*K: Coeficiente general de transmisión del calor (W/m2°C)*

*R: Resistencia térmica por unidad de área (°Cm2 /W)*

*he: convectivo aire exterior [W/m2K]*

$h_i$ : convectivo salmuera  $[W/m^2K]$

$\lambda$ : conductividad térmica del aislante  $[W/m^\circ C]$

$e$ : espesor del aislante  $[m]$

Reemplazando los valores calculados anteriormente se obtiene la resistencia térmica por unidad de área.

R	4.28	$(^\circ C m^2/W)$
---	------	--------------------

Luego, se procede a calcular el coeficiente general de transmisión de calor K.

K	0.23	$(W/m^2^\circ C)$
---	------	-------------------

Por último, se determina el flujo de calor por transmisión en las paredes y en la base de la siguiente forma.

$$Q_2 = K \cdot S \cdot \Delta T = 0.233 [W/m^2^\circ C] \cdot 8 [m^2] \cdot 40 [^\circ C]$$

Q2	74.71	W
----	-------	---

Por lo tanto la carga de transmisión total, entre Q1 y Q2 será:

Carga de transmisión	229.6	W
----------------------	-------	---

## 10.5.3. Carga del producto

La carga de producto se refiere a la cantidad de calor que debe ser extraída del producto o sustancia que se encuentra en el espacio refrigerado para mantenerlo a la temperatura deseada. Por lo tanto, se debe calcular el calor que el producto, la salmuera refrigerada, intercambia con el medio.

La carga de producto tiene dos componentes principales. Por un lado, existe el calor que se transfiere entre la salmuera refrigerada y el pescado congelado denominado "Q3". Esta transferencia resulta beneficiosa para mantener refrigerada a la salmuera porque la temperatura del pescado es menor que la salmuera. Por otro lado, es importante recordar que el proceso de glaseado implica que el pescado absorba la salmuera durante el proceso. Esto implica que la masa de salmuera que absorbió el pescado tiene que ser repuesta en la bacha para evitar que se vacíe. Además, cuando el producto sale de la bacha arrastra una pequeña cantidad de salmuera que se pierde por chorreo y que debe ser tomada en cuenta para los cálculos. Para reemplazar la masa de salmuera que se pierde durante el proceso, debe ingresar a la bacha salmuera proveniente del agua de red que tiene una temperatura de 18°C aproximadamente. A esta transferencia de calor se la denomina "Q4".

### 10.5.3.1. Carga térmica ingreso del pescado congelado: Q3

En este estudio se calculará la carga térmica del producto congelado que ingresa a la pileta de salmuera, pero no se tendrá en cuenta para la selección del equipo refrigerante. Esto se debe a que se desea mantener un criterio conservador ya que este proceso favorece a la refrigeración porque el producto está a una temperatura menor a la de la salmuera.

Para calcular la transferencia de calor entre el pescado y la salmuera se debe tener en cuenta:

- La temperatura de entrada y salida del producto. Son datos obtenidos de estudios realizados en la planta "Isla de los Estados".
- La masa de pescado surge las pastillas de 10Kg empleadas en los estudios realizados en "Islas de los Estados"
- El calor específico del pescado. Se utiliza la **Tabla14** para determinar que el valor de calor específico del pescado congelado es 0.41 Kcal/Kg°C lo que es equivalente a 1715.44 J/Kg°C.

Tabla14. Características térmicas de productos de mar.

Pescados	Temp. conservación °C	Humedad relativa %	Tiempo conservación recomend.	Punto de congelación °C	Calor esp. antes cong. Kcal/Kg°C	Calor esp. después cong. Kcal/Kg°C	Calor latente Kcal/Kg
Almeja entera	+6 a +8	95/100	5 días	-2,8	0,85	0,44	64,0
Almeja fresca	+0 a +0,5	90/95	5/15 días	-2,2	0,89	0,44	69,0
Anguilas	+0 a +2	90/95	5/8 días	-2,2	0,70	0,39	50,0
Arenque ahumado	+0 a +2	80/90	10 días	-2,2	0,72	0,40	51,0
Atún	+0 a +2	95/100	14 días	-2,2	0,77	0,41	56,0
Bacalao	-1 a +1	95/100	12 días	-2,2	0,85	0,45	65,0
Bacalao salado	+4 a +6	75/80	2/6 meses	-2,8	0,68	0,40	55,0
Buey de mar	+0 a +1	90/95	1 semana	-2,2	0,90	0,45	60,0
Caballa	+0 a +1	95/100	6/8 días	-2,2	0,72	0,40	52,0
Camarón	-1 a +1	95/100	12/14 días	-2,2	0,81	0,43	61,0
Cangrejo	+0 a +1	90/95	1 semana	-2,2	0,90	0,45	60,0
Carne de concha fresco	+0 a +1	95/100	5/10 días	-2,2	0,84	0,44	64,0
Crustáceos	+0 a +1	90/95	1 semana	-2,2	0,90	0,45	60,0
Gamba	-1 a +1	95/100	12/14 días	-2,2	0,81	0,43	61,0
Langosta	+6 a +8	En agua	Indefinido	-2,2	0,84	0,44	64,0
Marisco Congelado	-25 a -23	90/95	3/8 meses	-2,2	0,81	0,43	61,0
Merluza	+0 a +1	95/100	10 días	-2,2	0,85	0,45	65,0
Nécora	+0 a +1	90/95	1 semana	-2,2	0,90	0,45	60,0
Pescado ahumado	+4 a +6	50/60	6/8 meses	-1,8	0,76	0,41	51,0
Pescado blanco	-1 a +1	95/100	4/8 meses	-2,2	0,76	0,41	56,0
Pescado congelado	-25 a -23	90/95	6/12 meses	-2,2	0,82	0,41	58,0
Pescado fresco hielo	-0,5 a +0,5	90/95	5/15 días	-2,2	0,82	0,41	58,0
Pescados grasos	-1 a +0	90/95	3/7 días	-2,2	0,72	0,38	51,0
Pescados magros	-1 a +0	90/95	5/15 días	-2,2	0,86	0,45	59,0
Pescado salazón	+4 a +6	75/80	10/12 meses	-2,8	0,68	0,40	55,0
Pulpo	+0 a +1	85/90	3/10 días	-2,2	0,82	0,43	52,0
Salmón	-0,5 a +0,5	95/100	10/18 días	-2,2	0,72	0,40	51,0

$$T_{entrada} = -16^{\circ}\text{C}$$

$$T_{salida} = -7^{\circ}\text{C}$$

$$Masa = 10 \text{ Kg}$$

$$C_p = 1715.44 \text{ J/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$q_{pescado} = masa \times C_p \times (T_{salida} - T_{entrada})$$

$$q_{pescado} = 10 \text{ Kg} \times 1715.44 \text{ J/Kg}^{\circ}\text{C} \times (-7^{\circ}\text{C} - (-16^{\circ}\text{C}))$$

Cp	0.41	Kcal/Kg°C
----	------	-----------

Para determinar la tasa calorífica se debe tener en cuenta que el tiempo de permanencia del pescado en el agua es de 28.5 segundos provenientes del cálculo de producción, ver **ANEXO 4 - Productividad**.

tiempo inmersión	28.5	s
------------------	------	---

Cabe recordar que el calor Q3 reduciría la potencia de refrigeración necesaria porque contribuye a mantener la salmuera de la batea refrigerada.

En el proceso de glaseado el producto absorbe la salmuera la cual hay que reponer para mantener el nivel de salmuera en un valor constante. A su vez, el agua que se inyecta al sistema estará a la

temperatura propia del agua de red (18 °C) la cual debe ser refrigerada a -15°C para mantener un proceso uniforme. La transferencia de calor que sufre el agua de red debe ser tenida en cuenta ya que consume potencia del equipo refrigerante. Para determinar cuánta potencia primero se debe calcular consume se plantea:

$$q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

donde:

$$m = [Kg/s], \text{caudal másico de agua de red entrante}$$

$$C_p = 3348 [J/Kg^\circ K], \quad \text{calor específico de la salmuera a 23\% y } 18^\circ C$$

$$\Delta T = (18^\circ C - (-15^\circ C)), \text{diferencia de temperatura entre la } T \text{ inicial y la } T \text{ requerida}$$

Si bien el calor específico varía con la temperatura, se toma el calor específico de la salmuera a condición inicial a fines conservativos ya que es mayor que en condición final. Esto aumentará el calor transferido, y por lo tanto, la potencia de refrigeración seleccionada.

El caudal másico de salmuera que debe ingresar a la bacha será igual a aquella que se perdió durante el proceso. Como se mencionó anteriormente, se diferencian dos tipos de caudal de salmuera según se vaya al glaseado del pescado o se pierde al ser arrastrado durante la salida del producto.

Para poder calcularlo se plantea el siguiente balance, donde el caudal de salmuera que se lleva el producto al ser glaseado más el que se pierde por arrastre es igual al caudal másico de agua entrante de la red.

Para simplificar utilizaremos la siguiente nomenclatura:

$$m_{abs} = \text{Caudal másico absorbido por el producto}$$

$$m_{perd} = \text{Caudal másico perdido por arrastre}$$

$$m_{red} = \text{Caudal másico entrante de la red}$$

Entonces el balance resulta:

$$m_{abs} + m_{perd} = m_{red}$$

El caudal másico de agua que absorbe el producto durante el glaseado se puede calcular conociendo el peso del producto antes y después del proceso junto con el tiempo transcurrido asociado.

Según los cálculos de producción estimados por la empresa modelo de Islas de los Estados y las dimensiones de la máquina se tiene que el tiempo de glaseado debe ser de 28.5 segundos para cumplir con las 50 toneladas diarias de producto glaseado, ver **ANEXO 4 - Productividad**.

Para determinar la masa de agua consumida según el tiempo en el que el producto se encuentra sumergido se realizaron pruebas dentro de la empresa. Primero, se pesa el producto previo a ser sumergido. Luego, se lo sumerge durante un intervalo de tiempo determinado. Finalmente, se lo pesa y se registra el valor arrojado por la balanza. Este proceso se repite para distintos intervalos de tiempo. Restando el peso final a la inicial se obtiene la ganancia de masa de agua del producto para un determinado tiempo de inmersión. Ver **ANEXO 3 - Ensayo en Planta Isla de los Estados**.

Para el tiempo de 28.5 segundos se comprueba que la ganancia en masa de agua es de 0.7 kilogramos por pastilla. Por lo tanto, la tasa de salmuera que se pierde de la bacha y es absorbida por la pastilla de pescado es:

$$m_{abs} [Kg/s] = \frac{Masa\ de\ agua\ absorbida}{Tiempo\ de\ inmersión} = \frac{0.7\ Kg}{28.5\ s}$$

m abs	0.025	Kg/s
-------	-------	------

Para cuantificar el caudal de salmuera perdida por arrastre se observó el proceso manual llevado a cabo por los operarios de la empresa "Islas de los Estados". El procedimiento operativo consiste en tomar la pastilla con ambas manos y sumergirla en salmuera refrigerada mientras se realiza un movimiento oscilante para ayudar a la convección. Una vez transcurrido el tiempo deseado, se retira el producto rápidamente y se lo deja en la mesa de trabajo para ser almacenado posteriormente. Al quitar la pastilla de la salmuera se estima que arrastra 100 ml de salmuera que pasan a la mesa de trabajo y al piso. Se toma este valor para hacer los cálculos correspondientes.

Como la densidad de la salmuera a -15°C y 23% de concentración es de 1188 Kg/m<sup>3</sup> Tabla 11 Propiedades de la salmuera de concentración 23% **Tabla 11** y cada pastilla de pescado tiene una masa de 10 kg se calcula que la masa de salmuera pérdida por arrastre en cada pastilla será:

$$masa\ salmuera\ arrastrada = 100\ ml/pastilla \times 1188\ kg/m^3$$

masa salmuera arrastrada por pastilla	0.1188	Kg/pastilla
---------------------------------------	--------	-------------

Considerando que de la batea refrigerada sale una pastilla cada 7.2 segundos, entonces el caudal másico de agua perdida por arrastre será:

$$m_{perd} = \frac{Masa\ de\ agua\ perdida\ por\ arrastre}{Período\ de\ extracción} = \frac{0.1188\ Kg/pastilla}{7.2\ s/pastilla}$$

m perd	0.017	Kg/s
--------	-------	------

De la suma de los caudales calculados anteriormente se llega al caudal entrante de agua de red.

$$m_{red} = m_{abs} + m_{perd}$$

m prep.sal.	0.04	Kg/s
-------------	------	------

Reemplazando en la expresión de la transferencia de calor se encuentra la potencia que requiere el equipo refrigerante para compensar el efecto del agua de red inyectada en la máquina (q 3)

$$Q4 = m_{red} . Cp . \Delta T$$

Q4	4536.63	W
----	---------	---

## 10.5.4. Carga interna

En la carga interna de calor debe incluirse toda la energía eléctrica disipada en el espacio refrigerado. De manera general, se debe considerar el efecto de las luces, los motores, los calentadores y otros equipos. Este análisis se lleva a cabo en cámaras frigoríficas, pero en el caso de estudio, al tratarse de una máquina en donde se quiere refrigerar la salmuera en su interior, se deben adaptar ciertos conceptos. Primero, la pileta contenedora no posee iluminación que caliente el agua entonces no se considera su efecto. Tampoco el del personal porque los operarios no entran en contacto con la salmuera refrigerada. Por lo tanto, solo se toma en consideración el efecto de los motores eléctricos que posee el equipo

La máquina cuenta con tres motores en total, uno para accionar la cinta transportadora, uno para bombear el agua de circulación y uno para el equipo de refrigeración. Para el cálculo de la carga calorífica se emplea la **Tabla 15** que relaciona la potencia del motor con la carga calorífica que le aporta al sistema. Para ello hay que clasificar donde está ubicado el motor con respecto a la salmuera refrigerada. El motor de la cinta transportadora cae en la **clasificación 3** porque la carga está conectada fuera del espacio refrigerado. El motor del sistema de refrigeración no es tenido en cuenta porque no afecta al sistema. Y por último, el motor de la bomba de recirculación cae dentro de la **clase 2** porque las pérdidas eléctricas del motor se disipan fuera del espacio refrigerado. Se estima que la potencia de ambos motores será de aproximadamente 1 HP (0.75KW) cada uno.

*Tabla 15. Equivalencias caloríficas de motores eléctricos.*

<b>Equivalente calorífico de los motores eléctricos</b>			
	<b>Carga conectada en el espacio refrigerado (1)</b>	<b>Pérdidas del motor fuera del espacio refrigerado (2)</b>	<b>Carga conectada fuera del espacio refrigerado (3)</b>
<b>Motor kW</b>	<b>kW/kW</b>	<b>kW/kW</b>	<b>kW/kW</b>
0.1 a 0.4	1.8	1.0	0.8
0.4 a 2.2	1.5	1.0	0.5
2.2 a 15	1.3	1.0	0.3

(1) A utilizar cuando la potencia y las pérdidas eléctricas del motor se disipan en el espacio refrigerado; motores de accionamiento de ventiladores en enfriadores de circulación forzada.

(2) A utilizar cuando las pérdidas eléctricas del motor se disipan fuera del espacio refrigerado y el trabajo útil del motor se aplica dentro del espacio refrigerado; bombas de un sistema de circulación de salmuera o de agua enfriada; motor de ventilador fuera del espacio refrigerado, accionando un ventilador dentro del espacio refrigerado.

(3) A utilizar cuando las pérdidas eléctricas de calor del motor se disipan dentro del espacio refrigerado y el trabajo se aplica fuera del mismo; motor en un espacio refrigerado accionando una bomba o un ventilador fuera del espacio.

De esta manera se obtiene que el equivalente calorífico del motor de la bomba de circulación es de 1.0. y el de la bomba de la cinta es 0.5. Por lo tanto, la carga calorífica será de 1.5 HP (1.12 KW)

Q5	1120	W
----	------	---

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de las cargas térmicas se obtienen dos resultados dependiendo si se considera la carga térmica del pescado congelado. Como se explicó anteriormente, para la selección del equipo de refrigeración se utilizará el balance térmico que no contempla la presencia de pescado congelado. de esta manera el equipo garantiza que puede cubrir la operación en vacío cuando se pone a punto el equipo previo a la producción. Por lo tanto, se deberá seleccionar un equipo de refrigeración con capacidad de 6000W.

Q sin pescado	5886	W
---------------	------	---

Q con pescado	469	W
---------------	-----	---

# 10.6. ANEXO 6 - Diseño de la serpentina

## 10.6.1. Introducción

El diseño de la serpentina es importante debido que allí es donde ocurre la transferencia de calor necesaria para la refrigeración de la salmuera. Es por ello que se deben tener en cuenta las variables térmicas. A su vez, la serpentina se va a alojar en una batea secundaria aledaña a la principal. Esto se debe a que la salmuera viajará a mayor velocidad en la batea secundaria debido a que presenta menor área transversal. Por lo tanto, se debe tener en cuenta las características constructivas para poder dimensionar la bache de refrigeración en donde va a ser alojada. Para ello se debe considerar un diseño que cumpla con las necesidades de refrigeración y su vez, sea compacto para poder ser ubicada en la batea secundaria.

## 10.6.2. Metodología de cálculo

Para conocer el largo del caño seleccionado para la serpentina resulta necesario resolver la ecuación de transferencia de calor:

$$Q = U * A * \Delta T_{ML}$$

Donde Q es la capacidad de refrigeración previamente calculada en 6000W, U es el coeficiente global de transferencia de calor, A es el área de transferencia de calor y  $\Delta T_{ML}$  es la diferencia media logarítmica de temperatura.

El objetivo del cálculo es hallar el valor de A (área) para despejar el valor de L (largo) aplicando la siguiente ecuación:

$$A = N \cdot \pi \cdot D_o \cdot L$$

Donde N es el número de tubos que componen el banco de tubos, en este caso será 1 para conocer el largo total L y luego poder dimensionar la bache en la cual será ubicada. En la bache secundaria se llevará a cabo la transferencia de calor entre la salmuera recirculada y el sistema de refrigeración. Se decide utilizarla para mejorar la eficiencia del sistema de refrigeración, ya que en la batea secundaria la salmuera viaja a mayor velocidad. Esto se deduce siguiendo la ley de continuidad de caudal considerando que el área transversal de la batea secundaria es menor que la primaria. Como consecuencia, aumenta el coeficiente convectivo lo que mejora la transferencia térmica.

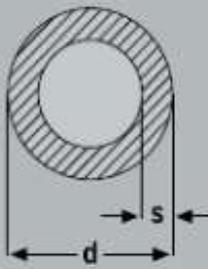
## 10.6.3. Selección de tubos

El diseño de la serpentina busca ser compacto, para poder minimizar las dimensiones del equipo. Además, debe ser lo suficientemente robusto para soportar posibles golpes o maltratos, propios de los usos y costumbres de la industria. Es por ello que se selecciona tubos de diámetro nominal de ½" de acero inoxidable 304L SCH 5S. Su diámetro exterior es  $D_o = 0.0215$  m y el interior es  $D_i = 0.0182$  m, ver **Tabla 16**.

Tabla 16. Diámetro y espesor de caños con costura según norma ASTM A312

Caños diámetro exterior nominal con costura								
TP 304 - 304L - 316L - Según Norma ASTM A312 - A409 - A778								
Terminación Decapado y Pasivado, superficie lisa Aplicación Conducción en altas y bajas temperaturas y en ambientes corrosivos Largo estándar: 6000 mm Dimensiones según ANSI B 36.19 y ANSI B 36.10	Diámetro ext. (d)		Espesor de Pared (s)					
	Pulg	mm.	sch 5S	kg./mt.	sch10S	kg./mt.	sch 40S	kg./mt.
	1/8"	10.3				0.280	1.73	0.370
	1/4"	13.75			1.65	0.510	2.24	0.670
	3/8"	17.2			1.65	0.660	2.31	0.880
	1/2"	21.5	1.65	0.817	2.11	1.040	2.77	1.330
	3/4"	26.6	1.65	1.038	2.11	1.330	2.87	1.750
	1"	33.4	1.65	1.317	2.77	2.170	3.56	2.590
	1 1/4"	42.2	1.65	1.671	2.77	2.770	3.56	3.500
	1 1/2"	48.3	1.65	1.933	2.77	3.200	3.69	4.170
	2"	60.3	1.65	2.433	2.77	4.040	3.91	5.590
	2 1/2"	73	2.11	3.761	3.05	5.340	5.16	8.860
	3"	88.9	2.11	4.602	3.05	6.540	5.49	11.052
	3 1/2"	101.6	2.11	5.248	3.05	7.514	5.74	13.900
	4"	114.3	2.11	5.949	3.05	8.6640	6.02	16.840
	5"	141.3	2.77	9.644	3.40	11.820	6.55	22.260
	6"	168.3	2.77	11.522	3.40	14.130	7.11	26.080
	8"	219.1	2.77	15.066	3.76	20.390	8.18	43.560
	10"	273.1	3.40	22.092	4.19	28.163	9.27	61.131
	12"	323.8	3.97	31.837	4.57	36.677	9.53	74.811
	14"	355.6.1	3.97	34.812	4.78	41.923	11.13	82.367
	16"	406.4	4.2	42.131	4.78	47.994	12.70	94.457

Peso aprox. kg/mt.



## 10.6.4. Cálculo de la diferencia media logarítmica de temperatura (DMLT)

Para calcular la diferencia media logarítmica de temperatura se considera que el flujo está en contracorriente debido a la disposición del banco de tubos, en donde la salmuera corre perpendicular al refrigerante dentro de la serpentina. Por lo tanto se resuelve aplicando la siguiente ecuación:

$$DMLT = \frac{(T1 - t2) - (T2 - t1)}{\ln \frac{(T1-t2)}{(T2-t1)}}$$

*T1: Temperatura de entrada de la salmuera.*

*T2: Temperatura de salida de la salmuera.*

*t1: Temperatura de entrada del refrigerante.*

*t2: Temperatura de salida del refrigerante.*

Donde T1 es la temperatura de entrada de la salmuera. Se considera que T1=10°C ya que resulta del promedio ponderado de temperatura entre la salmuera refrigerada a -15°C y la salmuera que proviene del agua de red a 18°C. T2=-15°C ya que es la temperatura a la cual se desea que se encuentre la salmuera. t1=-20°C representa la temperatura del refrigerante en la succión del compresor y t2=-12°C es la temperatura de salida de la serpentina. Los valores de t1 y t2 resultan del ciclo frigorífico realizado en la unidad condensadora Danfoss

Teniendo en cuenta lo anterior, el valor de la DMLT resulta:

$$DMLT = \frac{(10^{\circ}C - (-12^{\circ}C)) - (-15^{\circ}C - (-20^{\circ}C))}{\ln \frac{(10^{\circ}C - (-12^{\circ}C))}{(-15^{\circ}C - (-20^{\circ}C))}}$$

DMLT	11.47
------	-------

## 10.6.5. Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor "U"

El coeficiente de transferencia global de calor es una medida que describe la eficiencia global de transferencia de calor entre dos medios o a través de una estructura. Representa la capacidad combinada de los diferentes modos de transferencia de calor, como la conducción, la convección y la radiación, en un sistema. En términos simples, el coeficiente de transferencia global de calor cuantifica la tasa total de transferencia de calor por unidad de área y de diferencia de temperatura entre los medios o superficies involucradas en el proceso. Se expresa comúnmente en unidades de watts por metro cuadrado por grado Celsius ( $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ). Un coeficiente de transferencia global de calor alto indica una eficiente transferencia de calor en el sistema.

El símbolo comúnmente utilizado para representar el coeficiente de transferencia global de calor es "U". La fórmula general para calcular el coeficiente de transferencia global de calor (U) resulta:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{io}} + R_f$$

Donde:

$h_o$  = coeficiente convectivo de la serpentina propio de un banco de tubos

$h_{io}$  = coeficiente convectivo interno del refrigerante referido al área externa de los tubos.

$R_f$  = resistencia de ensuciamiento del banco de tubos. Se adopta el valor de 0.004, valor típico utilizado en sistemas frigoríficos, Cao apéndice 22.

## 10.6.6. Cálculo del coeficiente convectivo de la serpentina "ho"

La transferencia de calor hacia o desde un banco de tubos en flujo cruzado es empleada para representar el enfriamiento en la serpentina. El arreglo geométrico se muestra en la **Figura 33** de manera esquemática. La salmuera se mueve sobre los tubos, mientras que el refrigerante corre por los tubos. La configuración se caracteriza por el diámetro del tubo "D" y por la separación transversal "St" y la separación longitudinal "Sl" medidas entre los centros de los tubos.

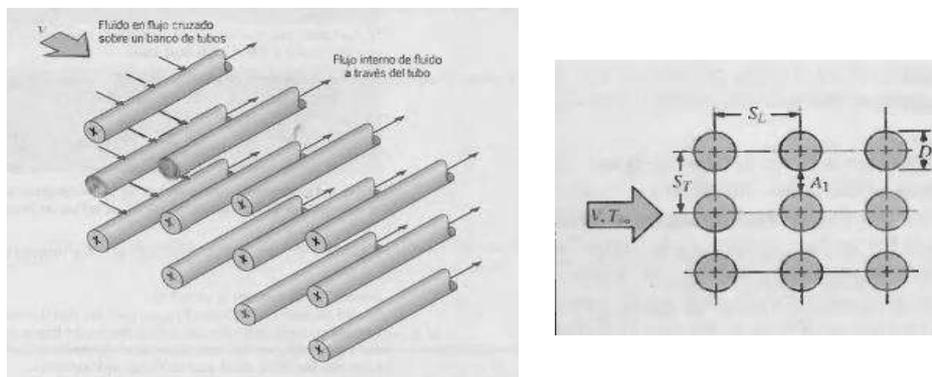


Figura 33. Parámetros de arreglo de tubos alineados.

Para el diseño de la serpentina los parámetros son:

ST (m)	0.05
SL (m)	0.1

D (m)	0.0215
-------	--------

Se desea conocer el coeficiente promedio de transferencia de calor para todo el haz de tubos. Se utiliza la correlación de Zhukauskas, donde todas las propiedades excepto Pr, se evalúan de la media aritmética de la temperatura de entrada y salida del fluido y las constantes C y m se presentan en la **Tabla 17**. En nuestro caso:

*Correlación de Zhukauskas*

$$Nu = C Re_{D,max}^m Pr^{0.36} \left(\frac{Pr}{Pr_s}\right)^{1/4}$$

$$N_L \geq 20$$

$$0.7 < Pr < 500$$

$$1000 < Re_{D,max} < 2 \times 10^6$$

*C y m: constantes según la configuración del banco de tubos.*

*Re max: número de reynolds asociado a la velocidad máxima del banco de tubos.*

*Pr: número de Prandtl.*

*Prs: número de Prandtl en la superficie del tubo.*

*Tabla 17. Constantes para banco de tubo de flujo cruzado*

**TABLA 7.7** Constantes de la ecuación 7.67 para el banco de tubos en flujo cruzado [16]

Configuración	$Re_{D,max}$	C	m
Alineado	$10 - 10^2$	0.80	0.40
Escalonado	$10 - 10^2$	0.90	0.40
Alineado	$10^2 - 10^3$	Se aproxima como un cilindro único (aislado)	
Escalonado	$10^2 - 10^3$		
Alineado	$10^3 - 2 \times 10^5$	0.27	0.63
( $S_T/S_L > 0.7$ ) <sup>a</sup>			
Escalonado	$10^3 - 2 \times 10^5$	$0.35(S_T/S_L)^{1.5}$	0.60
( $S_T/S_L < 2$ )			
Escalonado	$10^3 - 2 \times 10^5$	0.40	0.60
( $S_T/S_L > 2$ )			
Alineado	$2 \times 10^5 - 2 \times 10^6$	0.021	0.84
Escalonado	$2 \times 10^5 - 2 \times 10^6$	0.022	0.84

<sup>a</sup>Para  $S_T/S_L < 0.7$ , la transferencia de calor es ineficiente y los tubos alineados no se deben usar.

Para el caso de estudio las constantes C y m valen:

C	0.27
m	0.63

Para calcular el valor del Reynolds se sigue la siguiente ecuación:

$$Re_{D,max} = \frac{\rho V_{max} D}{\mu}$$

El número de Reynolds  $Re_{D,max}$  se basa en la velocidad máxima del fluido que ocurre dentro del banco de tubos. Para el arreglo alineado  $V_{max}$  ocurre en el plano transversal y del requerimiento de la conservación de la masa para un fluido incompresible:

$$V_{max} = \frac{St}{St - D} V$$

Se considera la velocidad  $V=3$  m/s de manera aproximada.

$V_{max}$ (m/s)	5.26
-----------------	------

El valor de la densidad de la salmuera y de la viscosidad dinámica a una temperatura de  $-15$  °C y a 23% de concentración resulta:

Viscosidad dinámica	0.0056	Pas.s
Densidad	1188	Kg/m <sup>3</sup>

Por lo tanto, el valor de  $Re_{D,max}$  resulta:

Re max	24005.6
--------	---------

El número adimensional de Prandtl, denotado como Pr, es una medida que describe la relación entre la difusividad térmica y la viscosidad dinámica de un fluido.

Cuando el número de Prandtl es alto, indica que la transferencia de calor es dominada por la conducción térmica en comparación con la convección. Por otro lado, un número de Prandtl bajo sugiere que la convección es más significativa en comparación con la conducción térmica.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Pr = \frac{\mu C_p}{k}$$

Pr	35.91
----	-------

Donde  $\mu$  es la viscosidad dinámica, Cp es calor específico y k es conductividad térmica de la salmuera que circula en el banco de tubos a  $-15^{\circ}\text{C}$ . Los siguientes valores surgen de la **Tabla 11**.

Viscosidad dinámica	0.0056	Pas.s
Conductividad térmica	0.52	W/mK
Calor específico	3324	J/Kg $^{\circ}\text{C}$

Por otra parte, para calcular el número de Prandtl Prs en la superficie del tubo se tiene en cuenta que la temperatura del refrigerante al evaporarse en la serpentina es de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, se adopta ese valor como la temperatura de la superficie del tubo, Ts. Los valores se desprenden de la **Tabla 11**.

Prs	51.47
-----	-------

Viscosidad dinámica	0.0079	Pa.s
Conductividad térmica	0.51	W/m $^{\circ}\text{K}$
Calor específico	3320	J/Kg $^{\circ}\text{C}$

Resolviendo la Correlación de Zhukauskas con los valores previamente calculados, se obtiene el número de Nusselt:

Nu	514.9
----	-------

Siguiendo la siguiente expresión, se calcula el valor de ho, convectivo de la salmuera en el banco de tubos:

$$h_o = Nu \frac{k}{D_o}$$

Donde:

- Nu = 514.9, número de Nusselt
- K = 0.51 W/m $^{\circ}\text{K}$ , conductividad térmica de la salmuera. Se obtiene del promedio entre la conductividad térmica de la salmuera en estado inicial a  $18^{\circ}\text{C}$  y final a  $-15^{\circ}\text{C}$
- Do = 0.0215 m, diámetro exterior del tubo

ho	12317.08	W/m $^2$ $^{\circ}\text{K}$
----	----------	-----------------------------

Falta hallar el valor del convectivo del refrigerante que viaja dentro de la serpentina y referir al diámetro exterior, "hio", para poder calcular el valor del coeficiente global de transferencia de calor "U" y poder encontrar el área "A" para conocer los metros lineales de tubo "L", necesarios para construir la serpentina. Cómo el refrigerante cambia de estado dentro de la serpentina ya que se evapora, resulta complejo calcular el valor hi de forma analítica. Es posible realizar aproximaciones aceptables de manera empírica. Es por ello, que se sigue la recomendación del Profesor Ing. Sedrani y se adopta el valor de hi:

hi	1000	W/m $^2$ $^{\circ}\text{C}$
----	------	-----------------------------

Para encontrar el valor del convectivo del refrigerante referido al diámetro exterior, "h<sub>io</sub>" se sigue la siguiente ecuación:

$$h_{io} = h_i \left( \frac{D_i}{D_o} \right)$$

Donde:

- Di = 0.0182 m, diámetro interior.
- Do = 0.0215 m, diámetro exterior

h <sub>io</sub>	846.51	W/m <sup>2</sup> °C
-----------------	--------	---------------------

De esta manera, se tienen todos los valores necesarios para calcular el valor del coeficiente global de transferencia de calor "U":

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{io}} + R_f$$

U	601.50	m <sup>2</sup> K/W
---	--------	--------------------

## 10.6.7. Dimensionamiento de los tubos

Una vez obtenido el valor del coeficiente global “U” es posible conocer el área de intercambio de calor entre tubos de la serpentina y la salmuera y luego encontrar el largo total de la serpentina trabajando con las siguientes ecuaciones:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta TML$$

$$A = \pi \cdot Do \cdot L$$

$$L = A / \pi \cdot Do$$

<b>L total</b>	<b>13 m</b>
----------------	-------------

Ahora se trabaja en cómo disponer los metros lineales de tubo dentro de la bacha de refrigeración, la cual parte de un diseño inicial con dimensiones fijadas. La bacha de refrigeración se piensa para que sea compacta ya que trabaja aledaña a la bacha de glaseado. Las dimensiones propuestas son las siguientes (ver **Figura 34**):

Largo max propuesto	300 mm
Ancho máx propuesto	1700 mm
Alto propuesto	500 mm

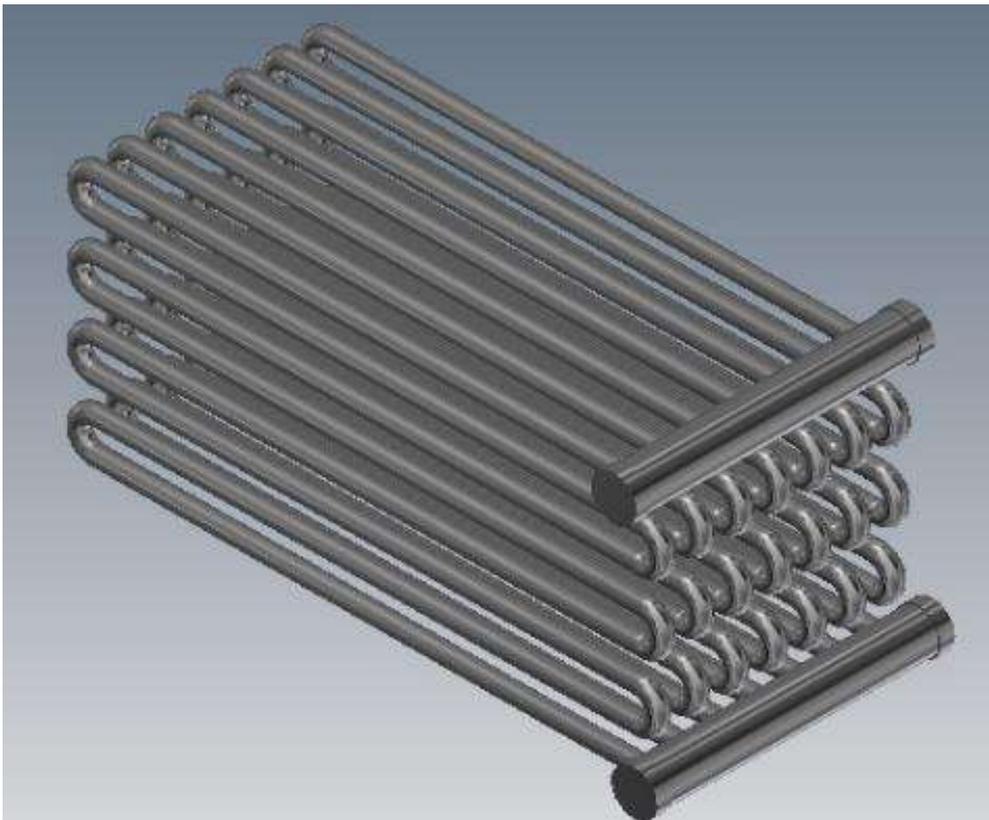


Figura 34. Representación de la disposición de tubos en la serpentina

Teniendo en cuenta que el largo máximo de cada tubo será de 300 mm se calcula la cantidad de tubos necesarios.

N	43
---	----

Para verificar que el total de tubos entren dentro de la bacha se calcula que cantidad de filas y columnas entrarían como máximo. Para ello, se respetan las dimensiones del diseño inicial y del arreglo de tubos previamente calculado, donde  $St$  (ver figura XX), la distancia vertical entre el centro de cada fila de tubos es de 50 mm. Para asegurar el correcto montaje de la serpentina dentro de la bacha, se estima que la distancia libre que habrá entre el caño inferior con respecto al fondo de la bacha y el del caño superior con la superficie sea la misma que dos veces el valor de  $St$ . Para calcular el número de filas que entrarían en la bacha de refrigeración según sus dimensiones se sigue la siguiente expresión:

$$H = (N^{\circ} \text{ filas} - 1) St + D + 2St + 2St$$

Donde  $H$  es el nivel de agua que coincide con el alto de la bacha de refrigeración. Despejando resulta:

$$N^{\circ} \text{ filas} = (H - D - 4St) / St + 1$$

N° filas máx	6.6
--------------	-----

Para calcular la cantidad de columnas que entrarían a la bacha se respetan sus dimensiones y el arreglo de tubos previamente calculado, donde la distancia horizontal entre centros de los tubos,  $Sl$ , resulta 100 mm. Para asegurar el correcto montaje de la serpentina dentro de la bacha, se estima que la distancia libre que habrá entre la columna de cada extremo y la pared de la bacha sea la misma que dos veces el valor de  $Sl$ . Para calcular el número de filas que entrarían en la bacha de refrigeración según sus dimensiones se sigue la siguiente expresión:

$$L = (N^{\circ} \text{ columnas} - 1) Sl + D + 4Sl$$

$$N^{\circ} \text{ columnas} = (L - D - 4Sl) / Sl + 1$$

N° Columnas máx	11.8
-----------------	------

Teniendo el número de filas y columnas que entrarían como máximo respetando las dimensiones de la bacha y del arreglo de tubos, se obtiene que el valor de tubos que entrarían como máximo es:

Cantidad de tubos máx	84
-----------------------	----

De esta forma, se asegura que se puede alojar el banco de tubos dentro de la bacha de refrigeración.

## 10.7. ANEXO 7 - Cálculo dimensional del tanque preparador de salmuera

El volumen del tanque debe ser capaz de cumplir con la capacidad de producción de salmuera para compensar aquella que se pierde durante el proceso, ya sea por adherencia al producto o por escurrimiento. A su vez, debe ser lo suficientemente grande para abastecer de salmuera al equipo durante su puesta en servicio en el menor tiempo posible, en donde se trabaja sin producto hasta cumplir con el nivel mínimo requerido para comenzar a producir.

Teniendo en cuenta estos requisitos, se decide emplear un tanque cilíndrico con un volumen de 0.5 metros cúbicos. De esta manera es capaz de cumplir con la puesta en marcha en un tiempo aproximado de 46 min. Para calcular dicho tiempo, se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Volumen bacha glaseadora} = 2.3 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen preparador salmuera} = 0.5 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de preparación salmuera} = 10 \text{ min}$$

El volumen de la bacha de la glaseadora proviene de sus dimensiones:

Tabla 18. Dimensiones de la bacha de la glaseadora

Largo	2.35	m
Alto	0.7	m
Ancho	1.4	m
Volumen bacha	2.3	m <sup>3</sup>

El tiempo de preparación de la salmuera se conoce debido a que el integrante de tesis Mauro Martorello trabaja en La Campagnola, donde contienen preparadores de salmuera de similares características en donde el tiempo de la preparación ronda en los 10 minutos.

$$\text{Tiempo puesta en servicio} = \frac{\text{Volumen bacha glaseadora} \cdot \text{Tiempo preparación salmuera}}{\text{Volumen preparador salmuera}}$$

$$\text{Tiempo puesta en servicio} = 46.06 \text{ min}$$

De esta forma se asegura que el equipo cumple con una puesta de servicio rápida, menor a una hora y a su vez, es capaz de abastecer el consumo de salmuera propio del proceso. Resta cumplir con el abastecimiento durante la producción.

Previamente, en el **ANEXO 5 - Cálculo Térmico**, se había calculado que la pérdida de masa de salmuera es 0.04 Kg/s:

m prep.sal.	0.04	Kg/s
-------------	------	------

El equipo preparador de salmuera tiene la capacidad de generar 0.99 kg/s de salmuera. Conociendo el volumen del equipo, la densidad de la salmuera y el tiempo de su preparación es posible calcular el caudal másico:

$$\text{Caudal másico} = \frac{\text{Volumen preparador de salmuera} \cdot \text{Densidad de la salmuera}}{\text{Tiempo de preparación}}$$

Caudal másico de salmuera	0.99 Kg/s
---------------------------	-----------

Finalmente, se corrobora que el equipo cumple con la capacidad de salmuera requerida por la producción y para la puesta en servicio.

Teniendo en cuenta que el equipo es de forma cilíndrica sus dimensiones aproximadas serán:

Altura	1000 mm
Radio	399 mm

# 10.8. ANEXO 8 - Selección de banda transportadora

## 10.8.1. Introducción

En este capítulo se describe el proceso de selección de la banda transportadora utilizada en el diseño de la glaseadora automática de pescado. Para garantizar la eficiencia y cumplimiento de las normativas del sector alimentario, la selección se llevó a cabo siguiendo las directrices establecidas en el Manual de Ingeniería de Intralox, reconocida por su experiencia en soluciones de transporte para la industria alimentaria.

La banda seleccionada corresponde al modelo Open Grid, serie 900, fabricada en polipropileno, un material altamente resistente, liviano y apto para contacto con alimentos, cumpliendo con las estrictas regulaciones de la FDA, ver **Figura 35**. Esta elección asegura un óptimo desempeño en las aplicaciones de procesamiento y envasado de productos pesqueros, garantizando durabilidad y facilidad de limpieza, factores clave en operaciones que requieren altos estándares de higiene y seguridad alimentaria.

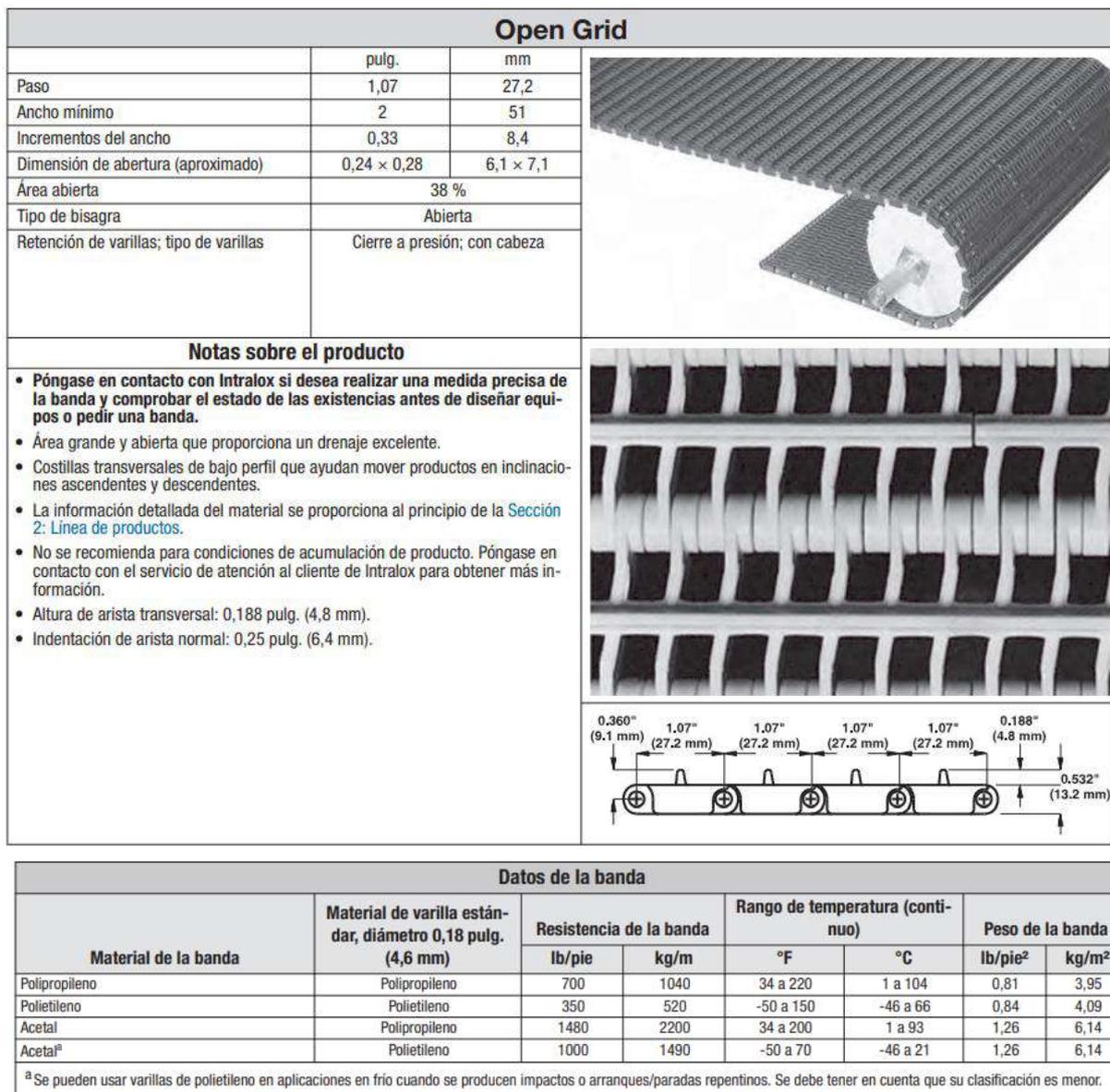


Figura 35. Información técnica de la banda Open Grid 900

## 10.8.2. Cálculo de la tracción de la banda

En el proceso de selección y diseño de la banda transportadora, es fundamental calcular la tracción requerida para su operación eficiente, especialmente en aplicaciones industriales de procesamiento de alimentos. La fórmula 1 presentada a continuación permite determinar la tracción de la banda (BP) en función de diversos parámetros críticos, como la carga del producto (M), el peso de la banda (W), la fricción entre la banda y la guía de desgaste (Fw) (ver

Tabla 20), y las características geométricas del transportador, como su longitud (L) y el cambio de elevación (H).

Esta ecuación toma en cuenta tanto las propiedades físicas de los materiales como las condiciones operativas del transportador, garantizando un cálculo preciso de la fuerza que debe soportar la banda. El resultado de este análisis es clave para seleccionar adecuadamente los componentes de la banda y asegurar su correcto desempeño en el ambiente de trabajo.

$$BP = [(M + 2W) \times F_w + M_p] \times L + (M \times H)$$

Donde:

*BP* = tracción de la banda (carga de tensión de la banda en lb/pie (kg/m))

*M* = carga de producto, lb/pie<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)

*W* = peso de la banda, lb/pie<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>); se proporciona en la tabla de datos de la banda para cada banda.

*L* = longitud del transportador, pies (m), zona central de alineación ( $\xi_1$  a  $\xi_1$ )

*H* = cambio de elevación del transportador, pies (m)

*F<sub>w</sub>* = coeficiente de fricción entre la guía de desgaste y la banda

*M<sub>p</sub>* = *M* × (*F<sub>p</sub>* × % acumulación en la banda), carga debida a la acumulación del producto.

El valor de los parámetros y de la tracción de la banda (BP) se muestra en la **Tabla 19**.

Tabla 19. Valor de BP y de los parámetros de cálculo

Acumulación	0.8	
M	57	kg/m <sup>2</sup>
W	4	kg/m <sup>2</sup>
L	3	m
H	0.5	m
F <sub>w</sub>	0.24	UHMW Húmedo
M <sub>p</sub>	11	
<b>BP</b>	<b>109</b>	<b>Kg/m</b>

Tabla 20. F<sub>w</sub> Coeficiente de fricción de puesta en marcha entre la guía de desgaste y la banda

Material de las guías de desgaste	Materiales estándar <sup>1</sup>									
	Polipropileno				Poliétileno		Acetal		Acetal HSEC	
	Superficie lisa		Superficie abrasiva <sup>2</sup>		Superficie lisa		Superficie lisa		Superficie lisa	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
UHMW	0,11	0,13	NR	NR	0,24	0,32 <sup>3</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
HDPE	0,09	0,11	NR	NR	NR	NR	0,09	0,08	0,09	0,08
Niñn modificado con molibdeno o silicona	0,24	0,25	0,29	0,30	0,14	0,13	0,13	0,15	0,13	0,15
Acero inoxidable o al carbono con acabado laminado en frío	0,26	0,26	0,31	0,31	0,14	0,15	0,18	0,19	0,18	0,19

## 10.8.3. Ajuste de la tracción de la banda a las condiciones reales de servicio.

En el diseño y selección de la banda transportadora, es necesario ajustar la tracción de la banda a las condiciones reales de servicio mediante el cálculo del factor de servicio (SF). Este ajuste se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$ABP=BP\times SF$$

Donde:

- ABP es la tracción ajustada de la banda, teniendo en cuenta las condiciones operativas.
- BP es la tracción de la banda calculada en condiciones estándar.
- SF es el factor de servicio, determinado en función de las condiciones de funcionamiento específicas.

Para calcular el SF, se deben sumar los valores correspondientes a las siguientes condiciones (ver **Tabla 21**):

- Arranques sin carga, con carga aplicada gradualmente, añade 1,0.
- Arranques frecuentes con carga (más de uno por hora), añade 0,2.
- En el caso de un transportador de empuje, se añade 0,2.

El valor total del SF ajusta la tracción de la banda para reflejar las condiciones reales de operación, garantizando que el sistema funcione de manera segura y eficiente bajo las exigencias del entorno de trabajo. Sumando estos valores, se obtiene el factor de servicio total que ajustará la tracción de la banda a las condiciones de operación reales.

Sumando estos factores el valor de SF es 1,2.

El valor de la tracción ajustada de la banda considerando las condiciones operativas ABP es:

<b>ABP</b>	<b>152</b>	<b>kg/m</b>
------------	------------	-------------

*Tabla 21. Corrección por condiciones de funcionamiento*

<b>Condiciones de funcionamiento</b>	<b>Añadir</b>
Arranques sin carga, con carga aplicada gradualmente.	1,0
Arranques frecuentes con carga (más de uno por hora)	0,2
Funcionamiento a velocidades superiores a 100 pies/min (30 m/min)	0,2
Transportador ascendente	0,4
Transportador de empuje	0,2
Factor de servicio (SF)	total

## 10.8.4. Cálculo de la resistencia de banda permitida

Para asegurar que la banda transportadora seleccionada pueda soportar las cargas y condiciones operativas, es necesario verificar la resistencia de la banda permitida. A continuación, se presenta la Fórmula 4, que permite calcular dicha resistencia considerando factores clave como la temperatura y la resistencia específica del material de la banda.

La fórmula es la siguiente:

$$ABS = BS \times T \times S$$

Donde:

- ABS es la resistencia de banda permitida.
- BS es la resistencia de la banda, obtenida de la tabla de datos de la banda seleccionada.
- T es el factor de temperatura, que puede consultarse en la de factores de temperatura (ver **Figura 36**)
- S es el factor de resistencia de la banda, también disponible en la tabla de datos de la banda seleccionada (ver **Figura 36**)

Esta ecuación permite determinar la capacidad real de la banda para soportar las condiciones del entorno de trabajo, garantizando su funcionamiento seguro y eficiente.

El valor de los parámetros y de la resistencia de banda permitida (ABS) se muestra a continuación

T	0.92	
S	1	
BS	520 Kg/m	
<b>ABS</b>	<b>478.4 Kg/m</b>	

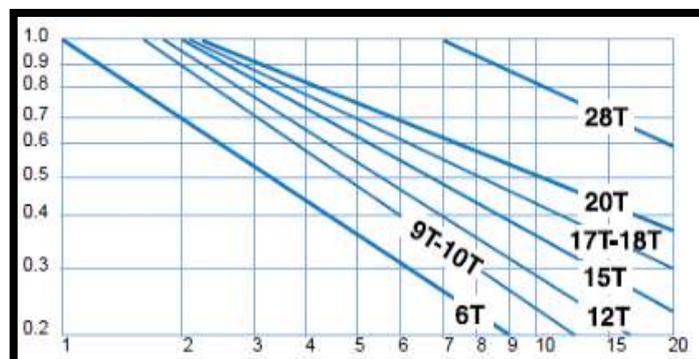
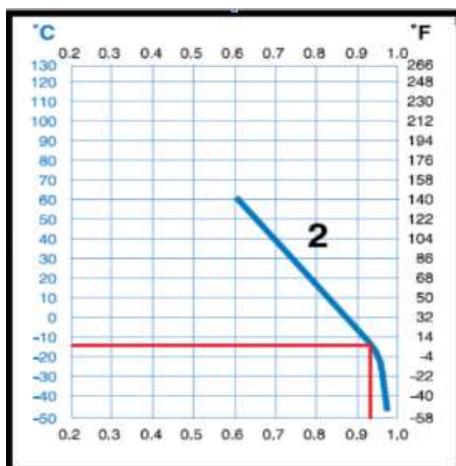


Figura 36. Factor de temperatura T (izq.) y factor de resistencia BS (izq.).

## 10.8.5. Comparar ABP con ABS

En este paso, se compara la tracción ajustada de la banda (ABP) con la resistencia permitida (ABS) para asegurar que la banda pueda soportar las cargas operativas sin riesgo de fallos. Para realizar esta comparación, se utiliza el porcentaje de utilización de la resistencia permitida de la banda (ABSU).

$$ABSU = (ABP / ABS) \times 100$$

Los valores obtenidos son:

ABP	152	Kg/m
ABS	478	Kg/m
<b>ABS</b>	<b>&gt;</b>	<b>ABP</b>

El porcentaje de utilización resultante (ABSU) es del 41%. Esto indica que la banda utiliza solo el 41% de su capacidad total de resistencia, lo que confirma su idoneidad para las condiciones operativas, dejando un margen de seguridad considerable.

## 10.8.6. Calcular separación máxima entre los engranajes del eje motriz

Una vez obtenido el porcentaje de utilización de la resistencia de la banda (ABSU), podemos determinar la separación máxima entre los engranajes del eje motriz.

Con un ABSU del 41%, la separación máxima entre engranajes se determina en 51 mm, de acuerdo con el gráfico mostrado en la

**Figura 37.** Este valor asegura que la banda operará de manera eficiente y sin riesgo de desalineación o fallos en la transmisión de potencia.



Figura 37. Separación entre engranajes como función de la resistencia de la banda.

## 10.8.7. Verificación de la resistencia del eje motriz

En este capítulo, se procederá a verificar la resistencia del eje motriz, garantizando que el mismo puede soportar las fuerzas y momentos transmitidos por la banda transportadora y sus componentes. La correcta selección y dimensionamiento del eje es fundamental para asegurar el buen funcionamiento del sistema de transporte, minimizando riesgos de falla estructural o deformaciones excesivas.

### 10.8.7.1. Selección del tamaño de eje

El primer paso en este proceso consiste en seleccionar un tamaño de eje adecuado para el engranaje elegido. Esta selección se realiza utilizando los datos proporcionados por el fabricante del engranaje, en este caso, un engranaje de 20 dientes con un agujero de 40 mm de diámetro, ver **Figura 38**. El tamaño del eje seleccionado para este engranaje es de 40 mm, lo cual corresponde al diámetro del agujero del engranaje. Este diámetro será suficiente para soportar la carga total del sistema, que se analizará en los pasos posteriores.

Engranaje moldeado <sup>1</sup>										
N.º de dientes (Acción poliédrica)	Diám. nom. de paso pulg.	Diám. nom. de paso mm	Diám. ext. nom. pulg.	Diám. ext. nom. mm	Diám. nom. del cubo, pulg.	Diám. nom. del cubo, mm	Dimensiones disponibles de agujeros			
							Unidades		Métrico	
							Redondos (pulg.) <sup>2</sup>	Cuadrados (pulg.)	Redondos mm <sup>2</sup>	Cuadrados (mm)
6 (13,40%)	2,1 <sup>3</sup>	53 <sup>3</sup>	2,2	56	0,75	19		1,0		25
9 (6,03%)	3,1	79	3,2	81	1,0	25	1	1,0	25	25
								1,5		40
10 (4,89%)	3,5	89	3,6	91	0,75	19		1,0		40
							1,5			
12 (3,41%)	4,1	104	4,3	109	1,5	38	1-1 1/2	1,5	25 a 40	40
							De 1-15/16 a 23/16			
17 (1,70%)	5,8	147	5,9	150	1,5	38	1-3/16 a 1-1/2		30 a 40	
18 (1,52%)	6,1	155	6,3	160	1,5	38	1-1 1/2	1,5	25 a 40	40
							1-15/16			
					1,0	25	2-3/16		55	65
20 (1,23%)	6,8	173	7,0	178	1,5	38	1-1 1/2	1,5	25 a 40	40
							De 1-15/16 a 23/16			



Figura 38. Datos técnicos del engranaje seleccionado.

## 10.8.7.2. Cálculo de la carga total del eje

Una vez determinado el tamaño del eje, se procede a calcular la carga total que este deberá soportar. La carga total del eje ( $w$ ) incluye tanto la fuerza ajustada que se transmite a través de la banda transportadora como el peso propio del eje y sus componentes. Para realizar este cálculo, se utiliza la siguiente fórmula:

$$w = (ABP + Q) \times B$$

### w: Carga total del eje considerando fuerza ajustada de la banda y su propio peso

Q	12.6	kg/m	Eje de acero inoxidable		
B	0.8	m	Tamaño eje	40	mm
w	125.3	Kg	Teniendo en cuenta que la pastilla tiene 0.5m		

- w: Carga total del eje, considerando la fuerza ajustada de la banda y su propio peso.
- Q: Fuerza ajustada de la banda, en este caso, 12.6 kg/m. (ver **Tabla 22**)
- B: Longitud del eje, en este caso, 0.8 m.

Tabla 22. Datos del eje

Datos del eje B TAMAÑO	(Q) Peso del eje, lb/pie (kg/m)		(I) Momento de inercia, pulg. <sup>4</sup> (mm) <sup>4</sup>
	Acero al carbono	Acero inoxidable	
5/8 pulg. cuadradas	1,33 <sup>1</sup>	1,33 <sup>1</sup>	0,013
1 pulg. cuadrada	3,40 <sup>1</sup>	3,40 <sup>1</sup>	0,083
1,5 pulg. cuadradas	7,65 <sup>1</sup>	7,65 <sup>1</sup>	0,42
2,5 pulg. cuadradas	21,25 <sup>1</sup>	21,25 <sup>1</sup>	3,25
3,5 pulg. cuadradas	41,60 <sup>1</sup>	41,60	12,50
25 mm cuadrados	(4,920) <sup>2</sup>	(4,920) <sup>2</sup>	(32.550)
40 mm cuadrados	(12,55) <sup>2</sup>	(12,55) <sup>2</sup>	(213 300)
60 mm cuadrados	(29,11) <sup>2</sup>	(29,11) <sup>2</sup>	(1 080 000)
65 mm cuadrados	(34,16) <sup>2</sup>	(34,16) <sup>2</sup>	(1.487.600)
(E) Módulo de elasticidad, lb/pulg. <sup>2</sup> (kg/mm <sup>2</sup> )	30 000 000 (21 100)	28 000 000 (19 700)	

<sup>1</sup> Intralox USA puede suministrar ejes cuadrados mecanizados según las especificaciones en los tamaños siguientes y materiales como acero al carbono (C-1018), acero inoxidable (303/304 y 316) y aluminio (6061-T6).

<sup>2</sup> Intralox Europe ofrece ejes cuadrados en los siguientes tamaños y fabricados en acero al carbono (KG-37) y acero inoxidable (304).

Con estos valores, se obtiene una carga total de 158.4 kg. Este valor considera que la pastilla del sistema tiene una longitud de 0.5 m.

## 10.8.7.3. Cálculo de la deformación del eje

En sistemas donde el eje es soportado por dos cojinetes, es necesario calcular la deformación que experimentará el eje bajo la carga aplicada.

$$D = \frac{5}{384} X \frac{w x Ls^3}{E I}$$

Para ello, se emplean los siguientes parámetros:

- D: Deformación del eje soportado por dos cojinetes.
- Ls: Longitud entre los cojinetes, en este caso, 800 mm.
- E: Módulo de elasticidad del eje, que es de 19,700 kg/m, ver **Tabla 22**.
- I: Momento de inercia del eje, en este caso, 213,300 mm<sup>4</sup>, ver **Tabla 22**.

La deformación calculada para el eje es de 0.25 mm, lo cual está dentro de los límites permisibles, asegurando que el eje mantendrá su alineación y no sufrirá deformaciones críticas que puedan afectar la operación del sistema.

D: Deformación en eje soportado por dos cojinetes		
Ls	800	mm
E	19700	Kg/m
I	213300	mm <sup>4</sup>
D	0.20	mm

## 10.8.7.4. Cálculo del Par Requerido

Otro parámetro clave en la confirmación de la resistencia del eje motriz es el par de torsión requerido para el sistema. Este par, denotado como  $T_o$ , representa el esfuerzo torsional que se transmite a través del eje debido a la rotación de los engranajes y la banda transportadora. Para calcular el par requerido, se consideran los siguientes datos:

$$T_o = ABP \times B \times (PD/2)$$

- PD: Diámetro de paso del engranaje, en este caso, 173 mm.
- $T_o$ : Par de torsión transmitido, el cual resulta en 10,51 kg.mm o 912.44lb.pulg.

To: Par de torsión transmitido				
ABP	152	kg/m		
B	0.8	m		
PD	0.173	m		
$T_o$	10.51	kg.m	912.4	lb. in

Para confirmar que el eje puede soportar el par de torsión sin riesgos, se compara el par requerido ( $T_o$ ) con el par máximo recomendado para el material y diámetro de la mangueta seleccionada. Según la **Figura 39**, el material seleccionado tiene un diámetro de mangueta de 1.58 pulgadas, con un par máximo recomendado de 1050 lb. pulg. Dado que el par requerido (912 lb. pulg) es menor al par máximo recomendado, se confirma que el eje motriz puede transmitir el par sin riesgo de fallo.

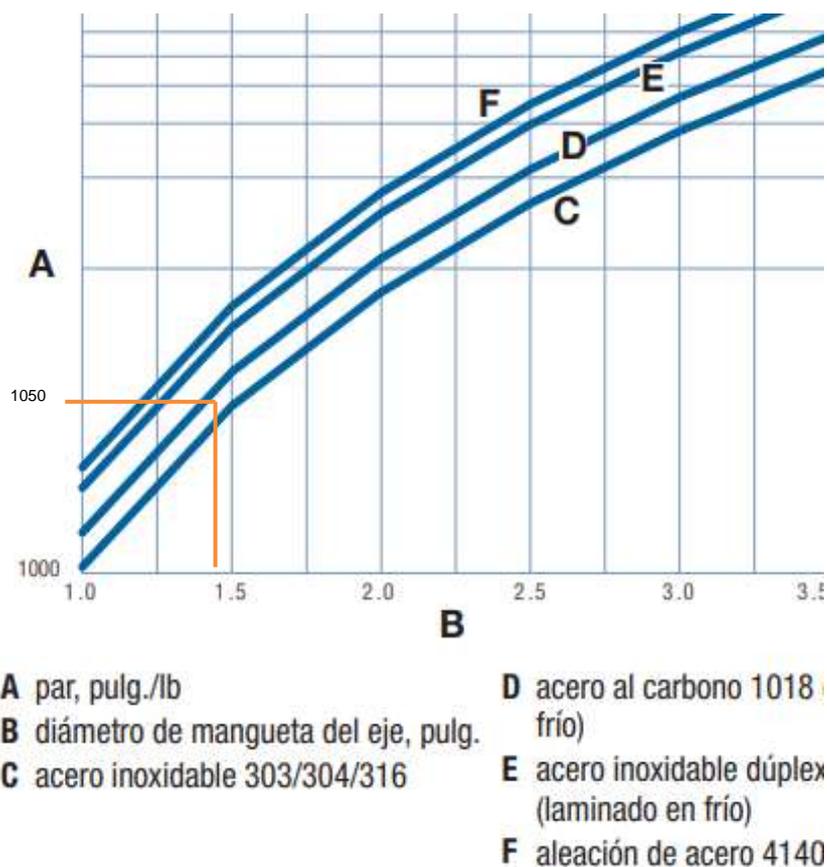


Figura 39. Par máximo recomendado en el eje motriz

## 10.8.7.5. Cálculo de la potencia necesaria para accionar la banda

Para determinar la potencia requerida para accionar la banda transportadora, se utiliza la siguiente fórmula:

$$HP = (ABP \times B \times V) / 33000$$

Donde:

- HP: Potencia de transmisión.
- ABP: Tracción ajustada de la banda (lb/pie del ancho de banda).
- B: Ancho de la banda (pies).
- V: Velocidad de la banda.

Una vez obtenida la potencia teórica, es importante considerar las pérdidas mecánicas asociadas al sistema de transmisión. Estas pérdidas varían según los componentes y mecanismos utilizados, como se muestra en la **Figura 40** de pérdidas de eficiencia mecánica:

Promedio de pérdidas de eficiencia mecánica									
Cojinetes de manguito comunes	Rodamientos	Reductores de engranajes					Cadenas de rodillos	Bandas en "V"	Sistemas de accionamiento hidráulico
		Engranajes helicoidales y rectos			Engranajes de tornillo sin fin				
		Reducción simple	Reducción doble	Reducción triple	Reducción simple	Reducción doble			
Del 2 % al 5 %	1%	2%	4%	5%	5%	Del 10 % al 20 %	Del 3 % al 5 %	Del 2 % al 4 %	Consultelo con el fabricante.

Figura 40. Promedio de pérdida de eficiencia mecánica

En este caso, los elementos seleccionados presentan las siguientes pérdidas individuales:

- Cojinete: 5%
- Reductor simple: 2%
- Bandas en "V": 4%

Si bien la total resulta en 11%, se ha estimado una pérdida conservadora del 15%, lo cual afecta el cálculo de la potencia ajustada. Por lo tanto, se debe seleccionar un motor con la potencia igual o superior de 1.13 HP para accionar la banda.

Potencia	0.98	HP
Potencia con perdidas	1.13	HP
Perdidas siendo conservadores	15%	

## 10.9. ANEXO 9 - Clasificación de Tolerancias según ISO 2768

Para los componentes de la glaseadora automática, se adoptaron tolerancias de clase **m** para dimensiones lineales y tolerancias de clase **K** para formas geométricas, de la norma ISO 2768, ya que estas ofrecen un equilibrio entre precisión y viabilidad de fabricación. La norma ISO 2768 se divide en dos partes principales:

- **ISO 2768-1:** Define tolerancias generales para dimensiones lineales (ver **Tabla 23**) y angulares (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) en cuatro niveles de precisión:  **fina (f)**,  **media (m)**,  **gruesa (c)** y  **muy gruesa (v)**,
- **ISO 2768-2:** Especifica tolerancias generales para formas y posiciones geométricas en tres categorías:  **alta precisión (H)**,  **media (K)** y  **baja precisión (L)**. (ver **Tabla 24** a **Tabla 27**)

*Tabla 23. Tolerancias generales para dimensiones lineales*

Rango de dimensiones (mm)	Clase f	Clase m	Clase c	Clase v
0.5 - 3	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5
>3 - 6	±0.05	±0.1	±0.3	±0.5
>6 - 30	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0
>30 - 120	±0.15	±0.3	±0.8	±1.5
>120 - 400	±0.2	±0.5	±1.2	±2.5
>400 - 1000	±0.3	±0.8	±2.0	±4.0
>1000 - 2000	±0.5	±1.2	±3.0	±6.0

*Tolerancias generales para ángulos.*

Longitud nominal del lado (mm)	Clase f	Clase m	Clase c	Clase v
≤10	±1°	±1°	±1°30'	±3°
>10 - 50	±0°30'	±0°30'	±1°	±2°
>50 - 120	±0°20'	±0°20'	±0°30'	±1°
>120 - 400	±0°10'	±0°10'	±0°20'	±0°30'

Tabla 24. Tolerancias generales para formas y posiciones geométricas: rectitud y planitud

Longitud nominal (mm)	H (mm)	K (mm)	L (mm)
Hasta 10	0.02	0.05	0.1
>10 - 30	0.05	0.1	0.2
>30 - 100	0.1	0.2	0.4
>100 - 300	0.2	0.4	0.8
>300 - 1000	0.4	0.8	1.5
>1000 - 3000	0.8	1.2	2.5

Tabla 25. Tolerancias generales para formas y posiciones geométricas: perpendicularidad y paralelismo

Longitud nominal (mm)	H (mm)	K (mm)	L (mm)
Hasta 100	0.2	0.4	0.6
>100 - 300	0.3	0.6	0.8
>300 - 1000	0.4	0.8	1.2
>1000 - 3000	0.5	1.0	1.5

Tabla 26. Tolerancias generales para formas y posiciones geométricas: simetría

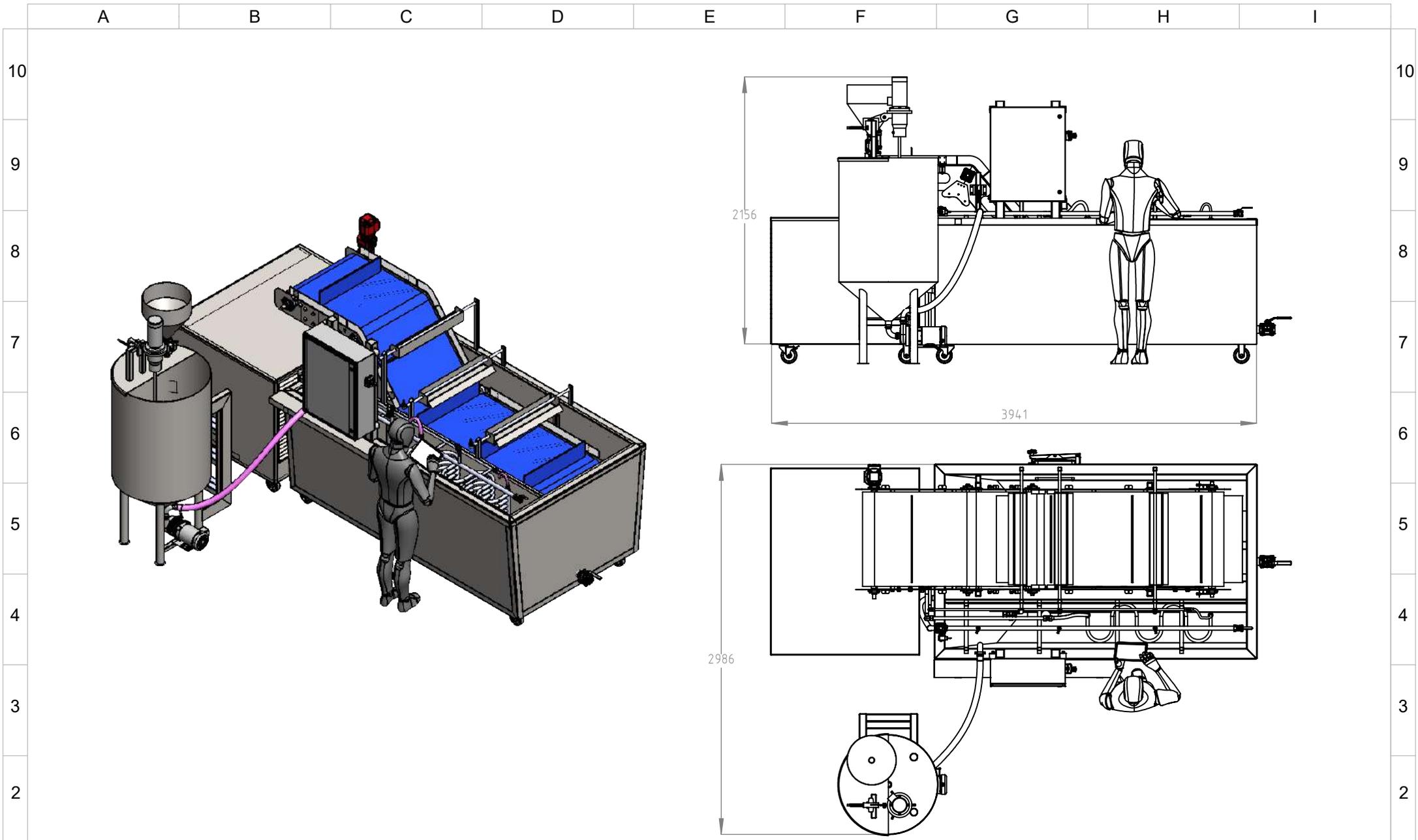
Longitud nominal (mm)	H (mm)	K (mm)	L (mm)
Hasta 100	0.5	0.6	0.8
>100 - 300	0.6	0.8	1.0
>300 - 1000	0.8	1.0	1.5
>1000 - 3000	1.0	1.5	2.0

Tabla 27. Tolerancias generales para formas y posiciones geométricas: posición

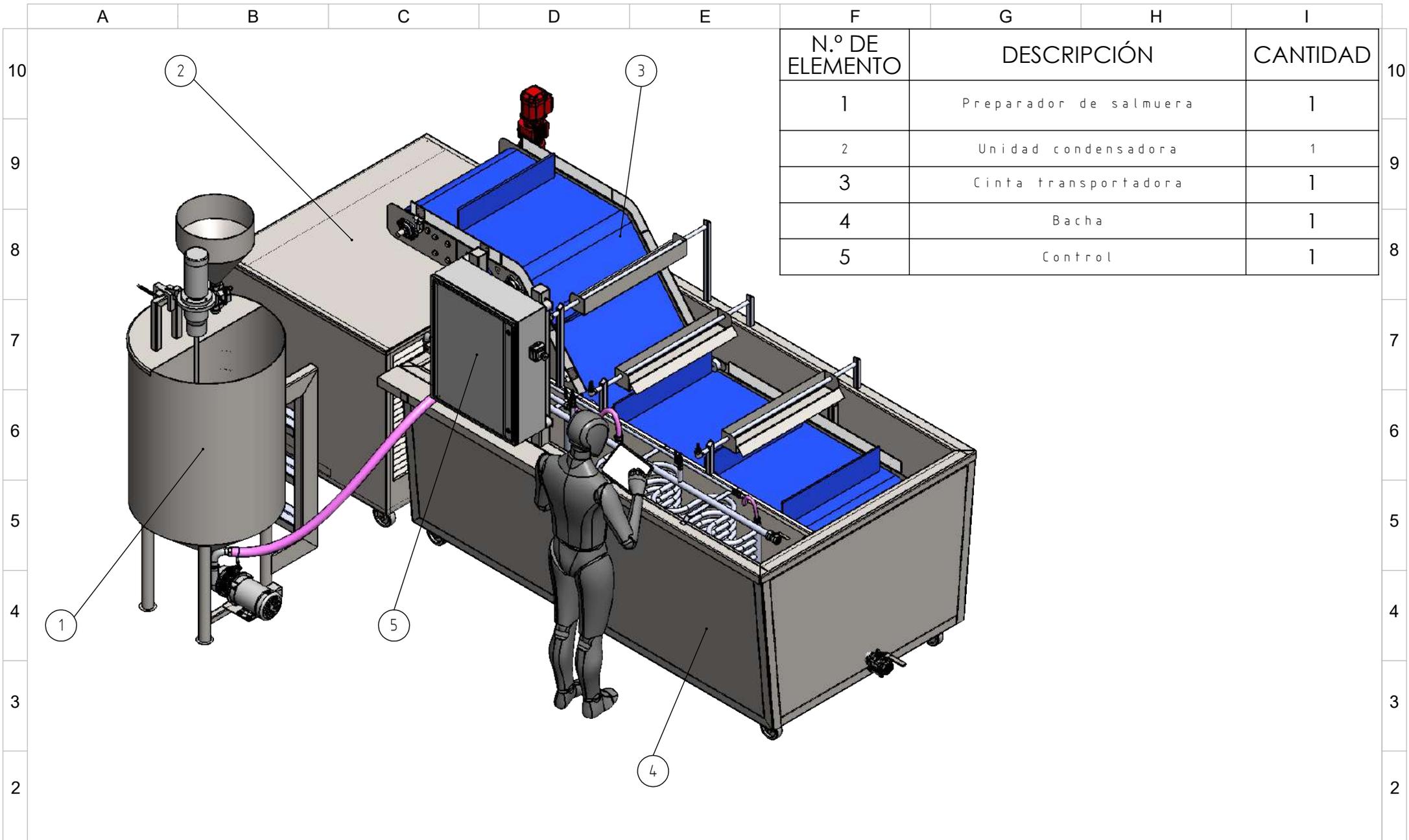
Longitud nominal (mm)	H (mm)	K (mm)	L (mm)
Hasta 10	0.1	0.2	0.3
>10 - 30	0.2	0.3	0.5
>30 - 100	0.3	0.5	0.8
>100 - 300	0.5	0.8	1.2
>300 - 1000	0.8	1.2	2.0
>1000 - 3000	1.2	2.0	3.0

## **10.10. ANEXO 10 – Planos constructivos**

# **ENSAMBLAJE GENERAL**



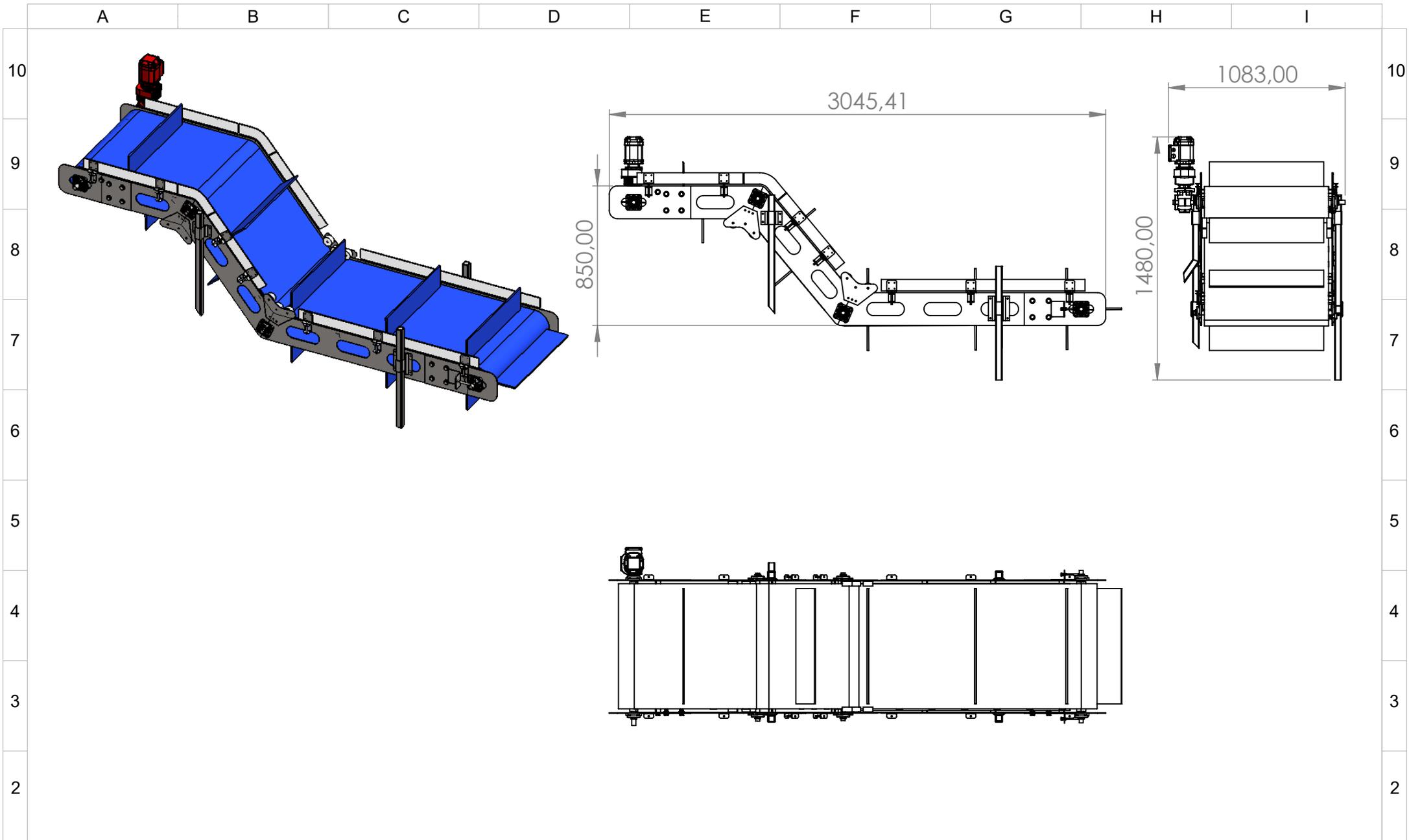
1		- Ensamblaje glaseadora				Escala: N/A	ISO E 	Desarrollo: -	Dibujó: NN AG02024	Tolerancias: ISO 2768-m	1
		Ensamblaje general							Revisó: NN 1/08/2024		
		Material:							Peso:		



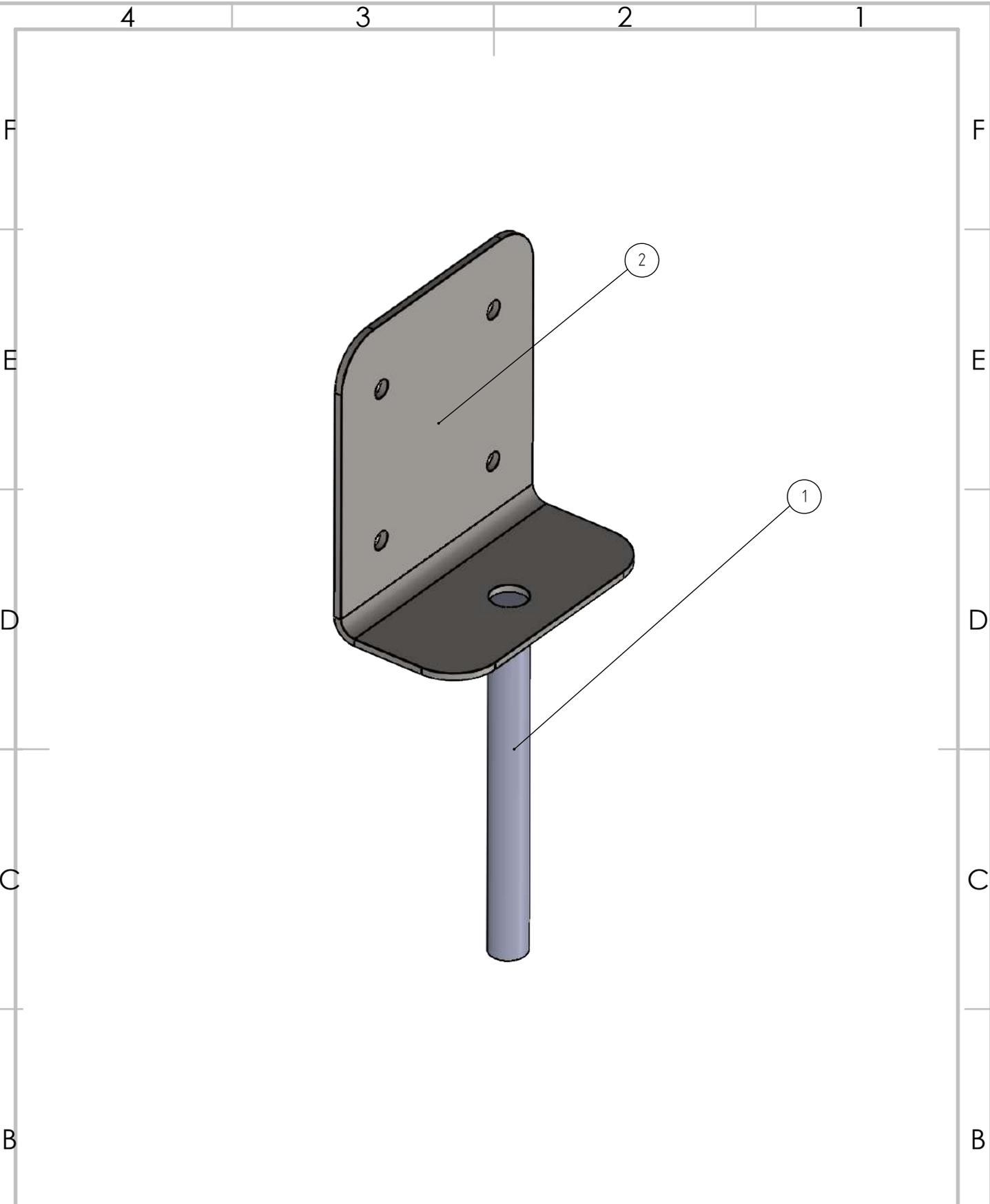
F	G	H	I
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	
1	Preparador de salmuera	1	
2	Unidad condensadora	1	
3	Cinta transportadora	1	
4	Bacha	1	
5	Control	1	

1		- Partes de ensamble glaseadora				Escala: N/A ISO E 	Desarrollo: - Peso:	NN Dibujó: AGO2024 Revisó: NN 1/08/2024 Resp.: NN	<b>Tolerancias:</b> ISO 2768-m
		Partes ensamble glaseadora							
		Material:							
A	B	C	D	E	F	G	H	I	

# **CINTA TRANSPORTADORA**



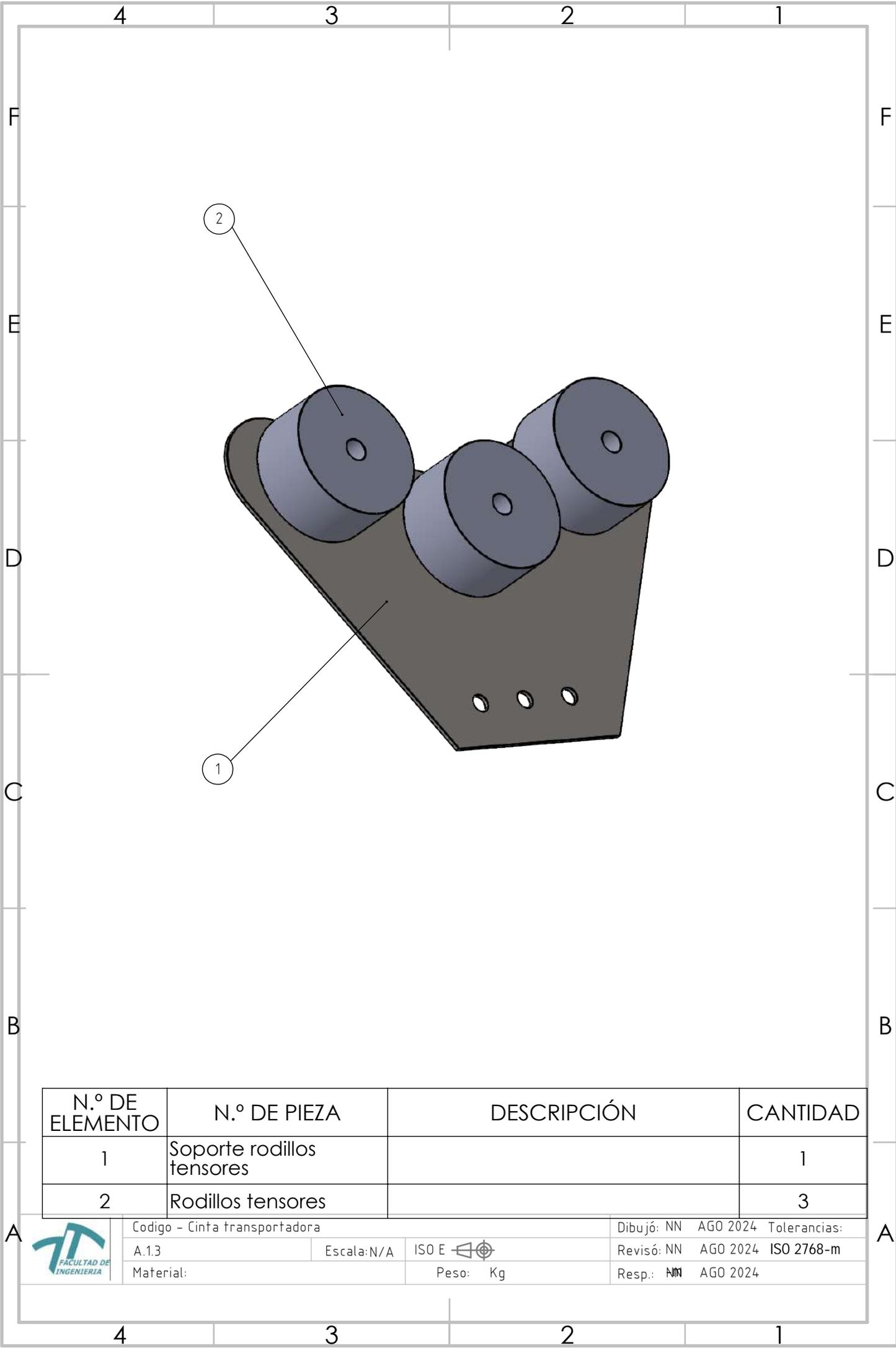
1		- Cinta transportadora	Escala: N/A	ISO E 	Desarrollo:	Dibujó: NN AG02024	Tolerancias: ISO 2768-m
		Material:			Peso:	Revisó: NN AG02024	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	A.1.200		1
2	A.1.201		1

	Codigo - Cinta transportadora		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:
	A.1.2	Escala: N/A	ISO E 
	Material: AISI 304	Peso: 31.07 Kg	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
			Resp.: NN AGO 2024





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Soporte rodillos tensores		1
2	Rodillos tensores		3

	Codigo - Cinta transportadora		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:
	A.1.3	Escala: N/A	ISO E 
	Material:	Peso: Kg	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
			Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

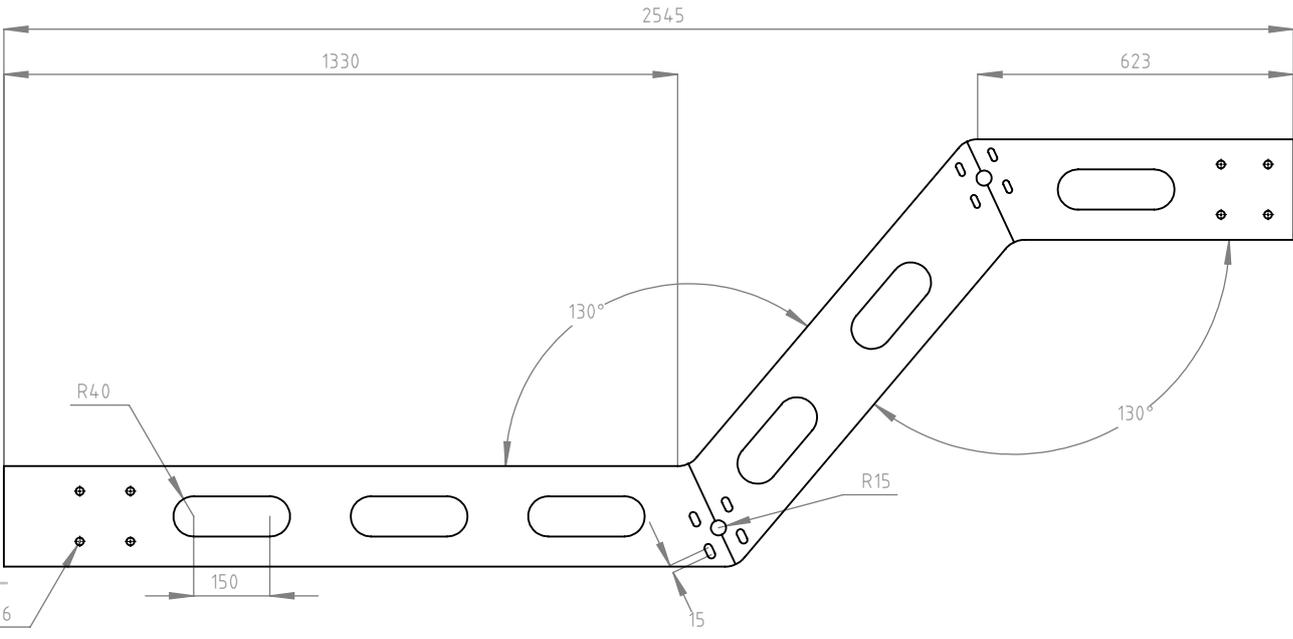
C

B

B

A

A



Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.100	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 11.20 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

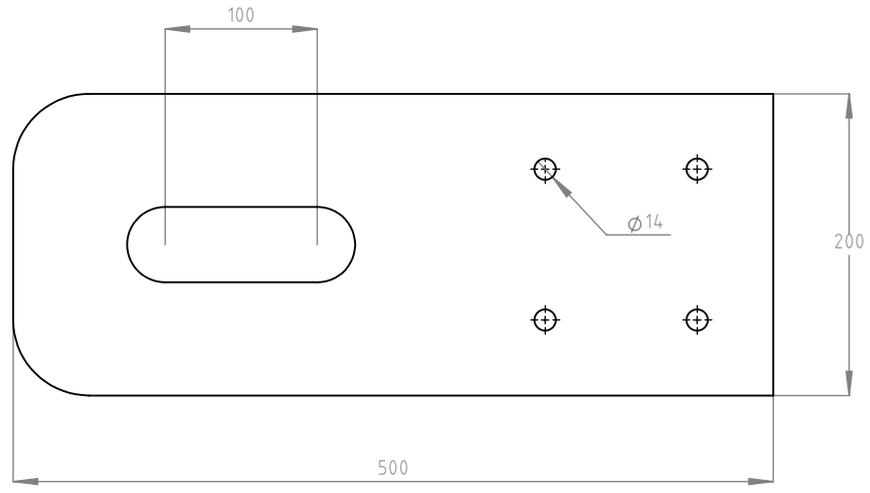
C

B

B

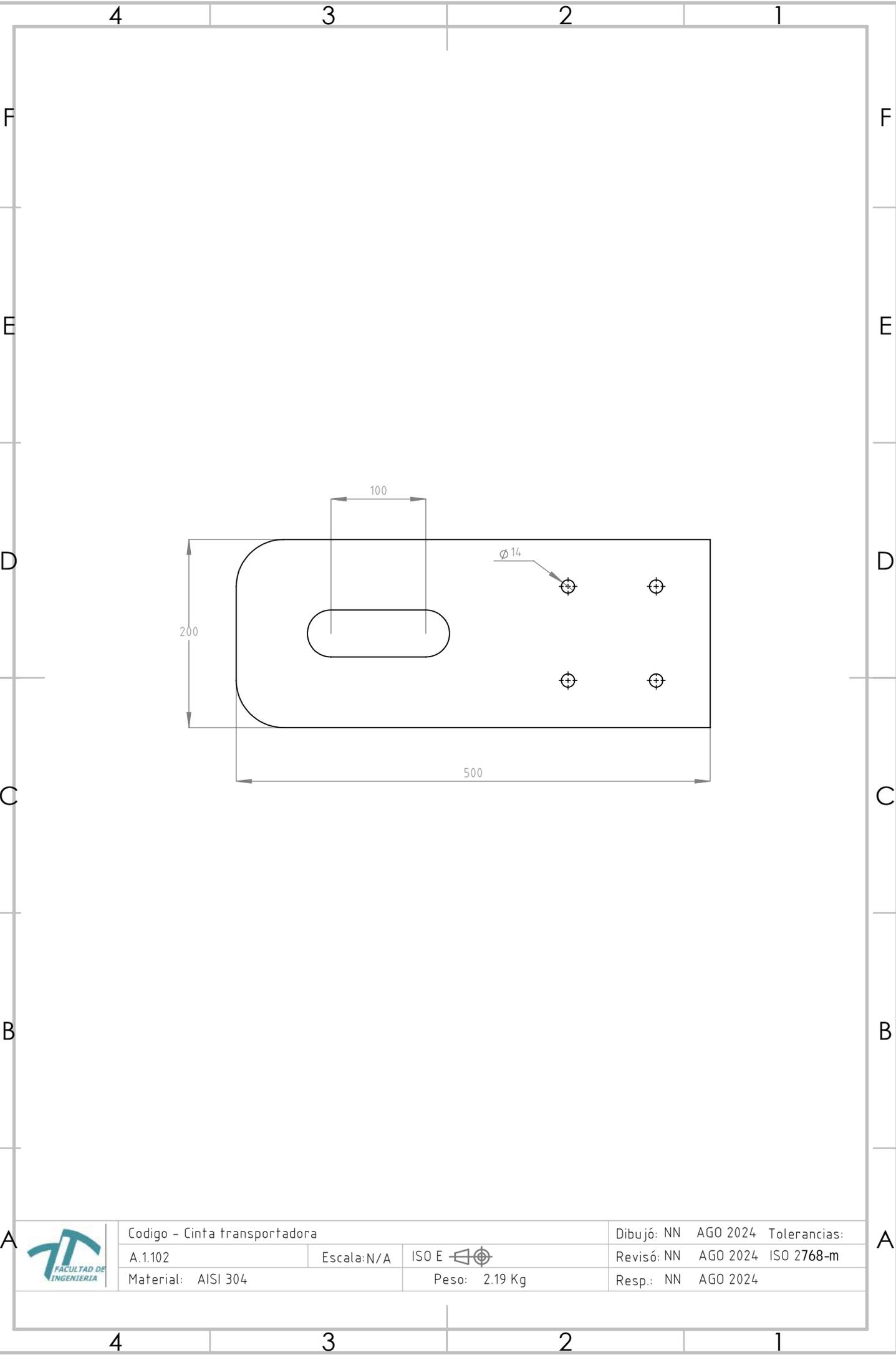
A

A

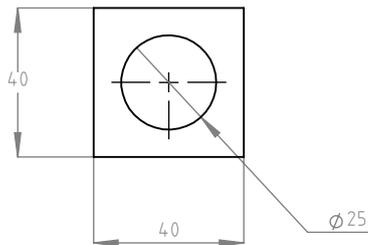
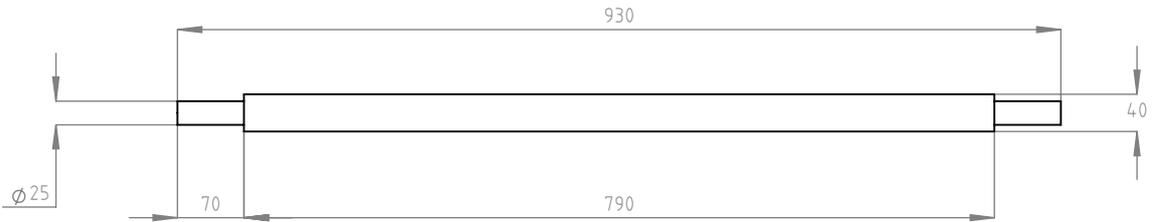
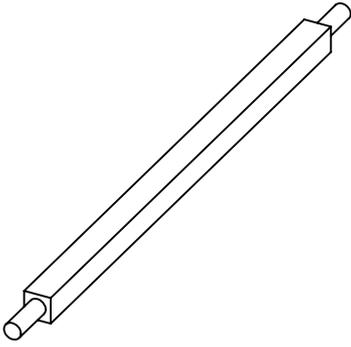


Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.101	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 2.19 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1



Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.102	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304		Peso: 2.19 Kg	Resp.: NN	AGO 2024	



Código - Cinta transportadora

A.1.103

Escala: N/A

ISO E

Material: AISI 304

Peso: 10.41 Kg

Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:

Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m

Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

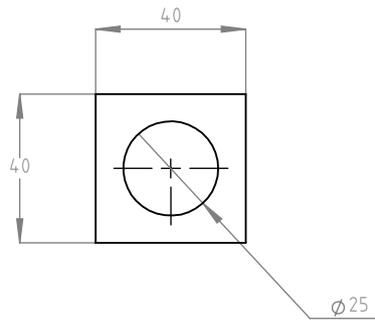
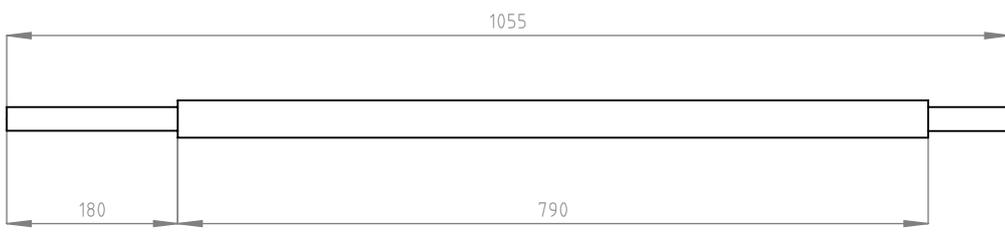
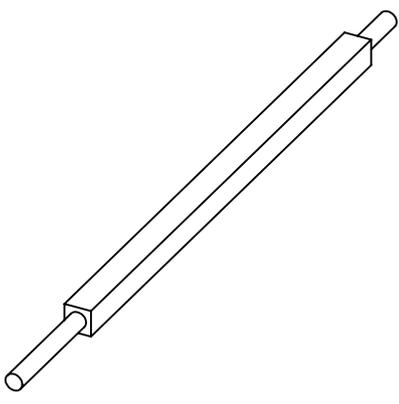
C

B

B

A

A



Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.104	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 10.91 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

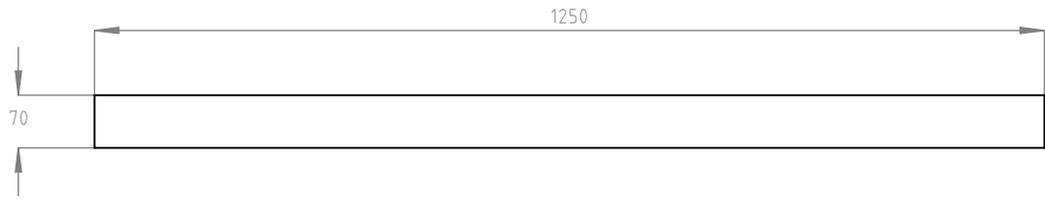
C

B

B

A

A



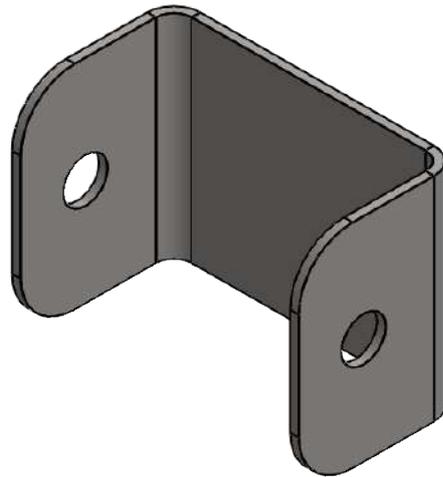
Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.106	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: PVC 0.007 Plastificado		Peso: 0.56 Kg	Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

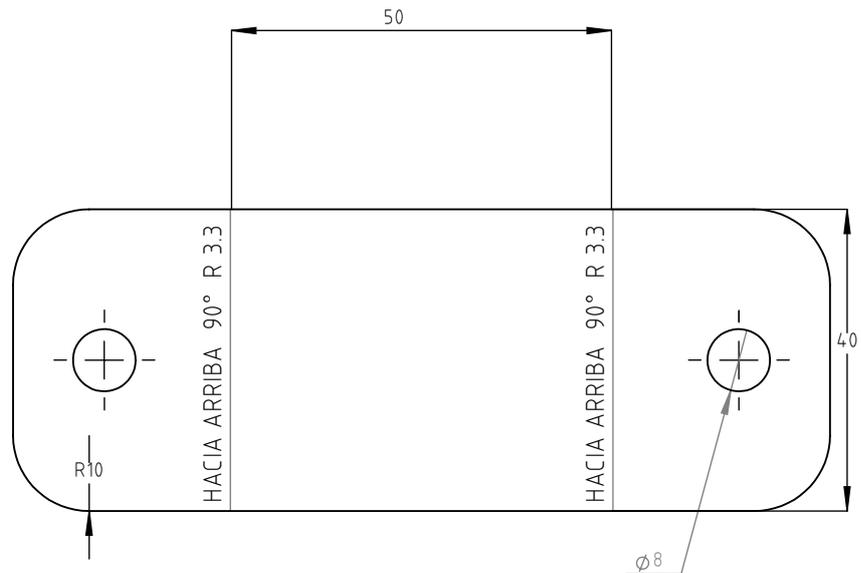


E

E

D

D



C

C

B

B

A

A



Código - Cinta transportadora

A.1.109

Escala: N/A

ISO E

Material: AISI 304

Peso: 0.05 Kg

Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:

Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m

Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

A



Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.110	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: PVC 0.007 Plastificado		Peso: 0.25 Kg	Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

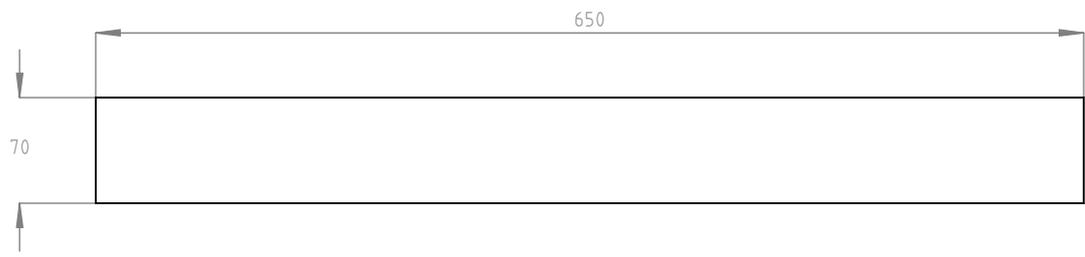
C

B

B

A

A



Codigo - Cinta transportadora		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
A.1.111	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: PVC 0.007 Plastificado		Peso: 0.29 Kg	Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

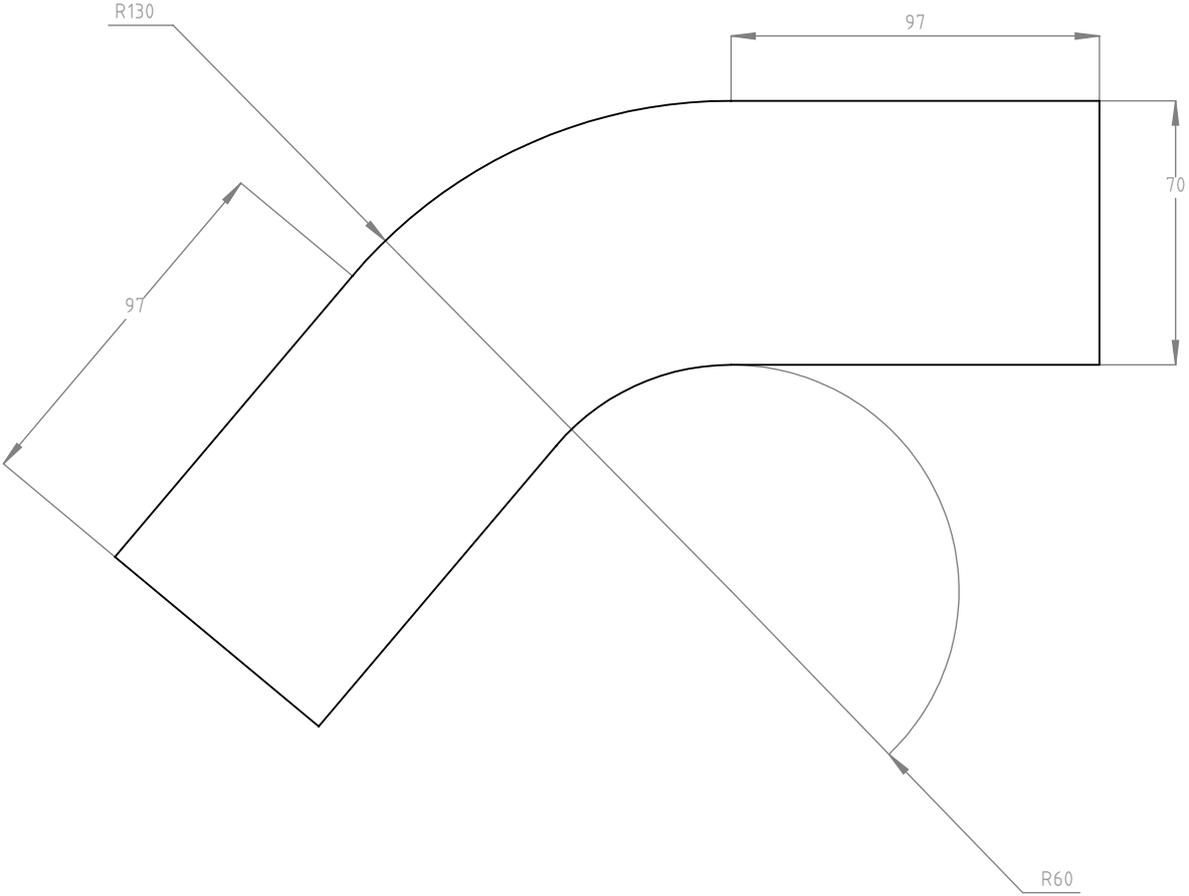
C

B

B

A

A



Codigo - Cinta transportadora		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
A.1.112	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: PVC 0.007 Plastificado		Peso: 0.13 Kg	Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

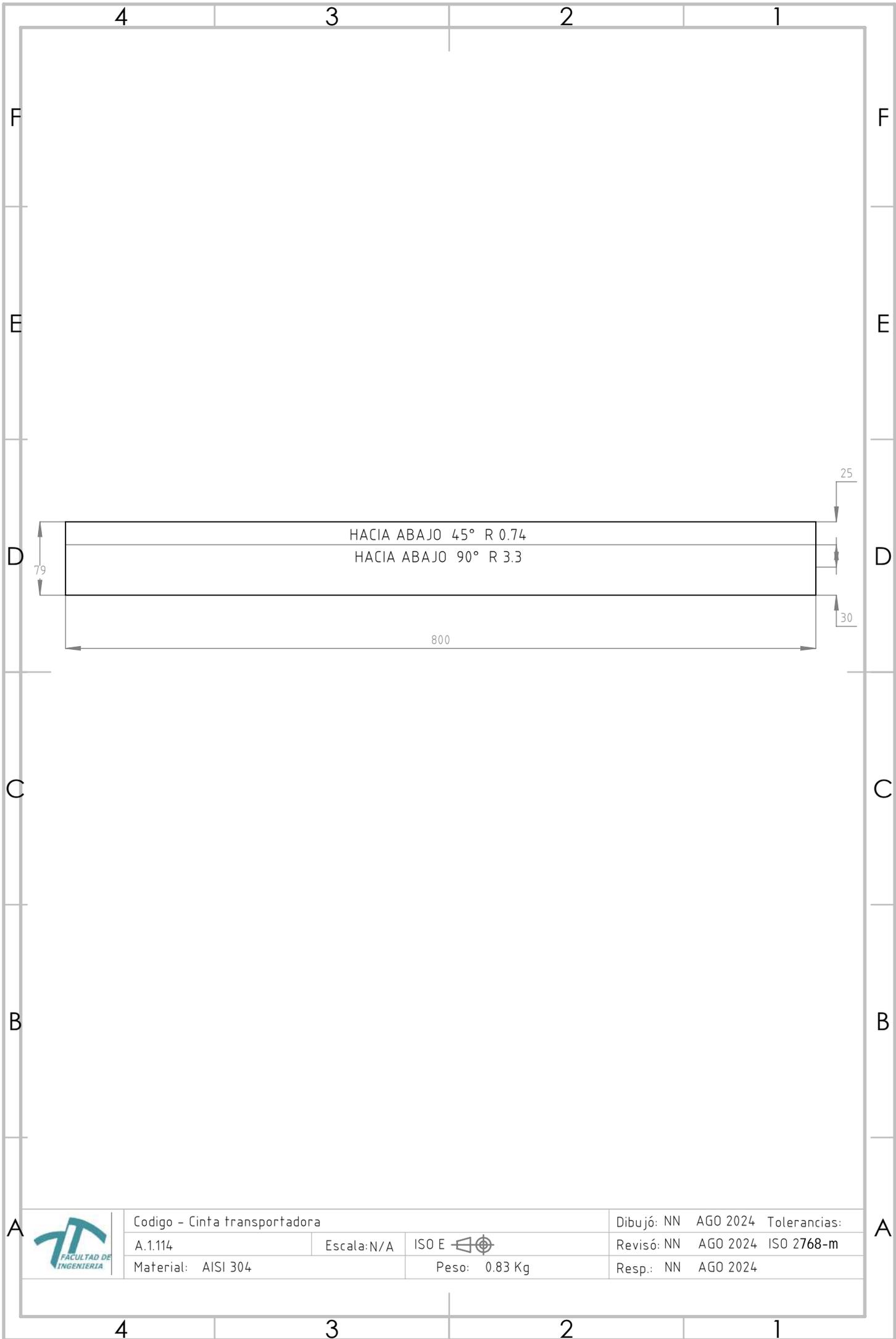
A

A



Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.113	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 3.65 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1



A



Codigo - Cinta transportadora

A.1.114

Escala: N/A

ISO E

Material: AISI 304

Peso: 0.83 Kg

Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:

Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m

Resp.: NN AGO 2024

A

4

3

2

1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

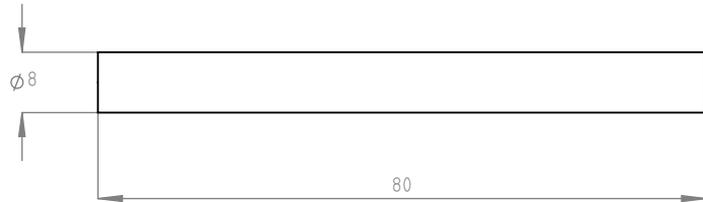
C

B

B

A

A



Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.200	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: Material <sin especificar>		Peso: 0.00 Kg	Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

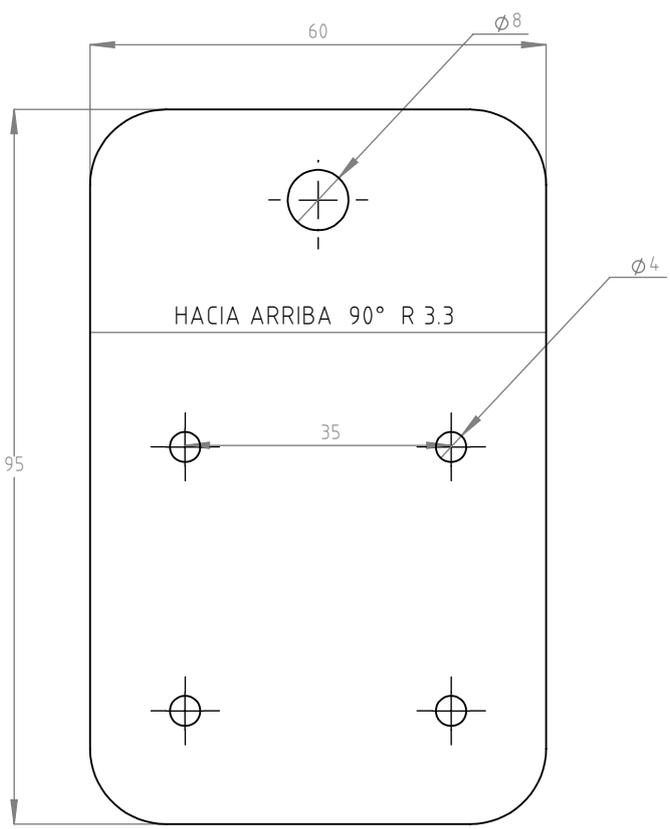
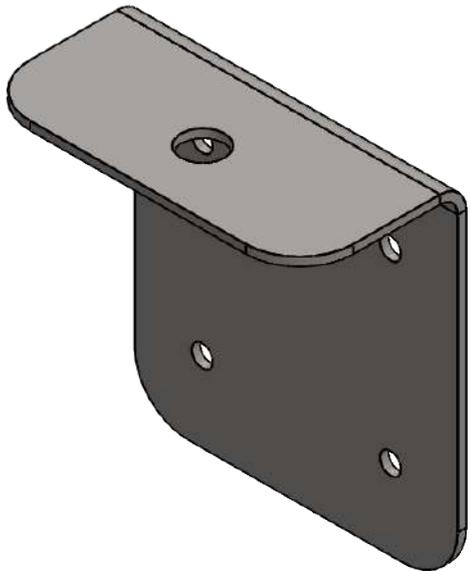
C

B

B

A

A



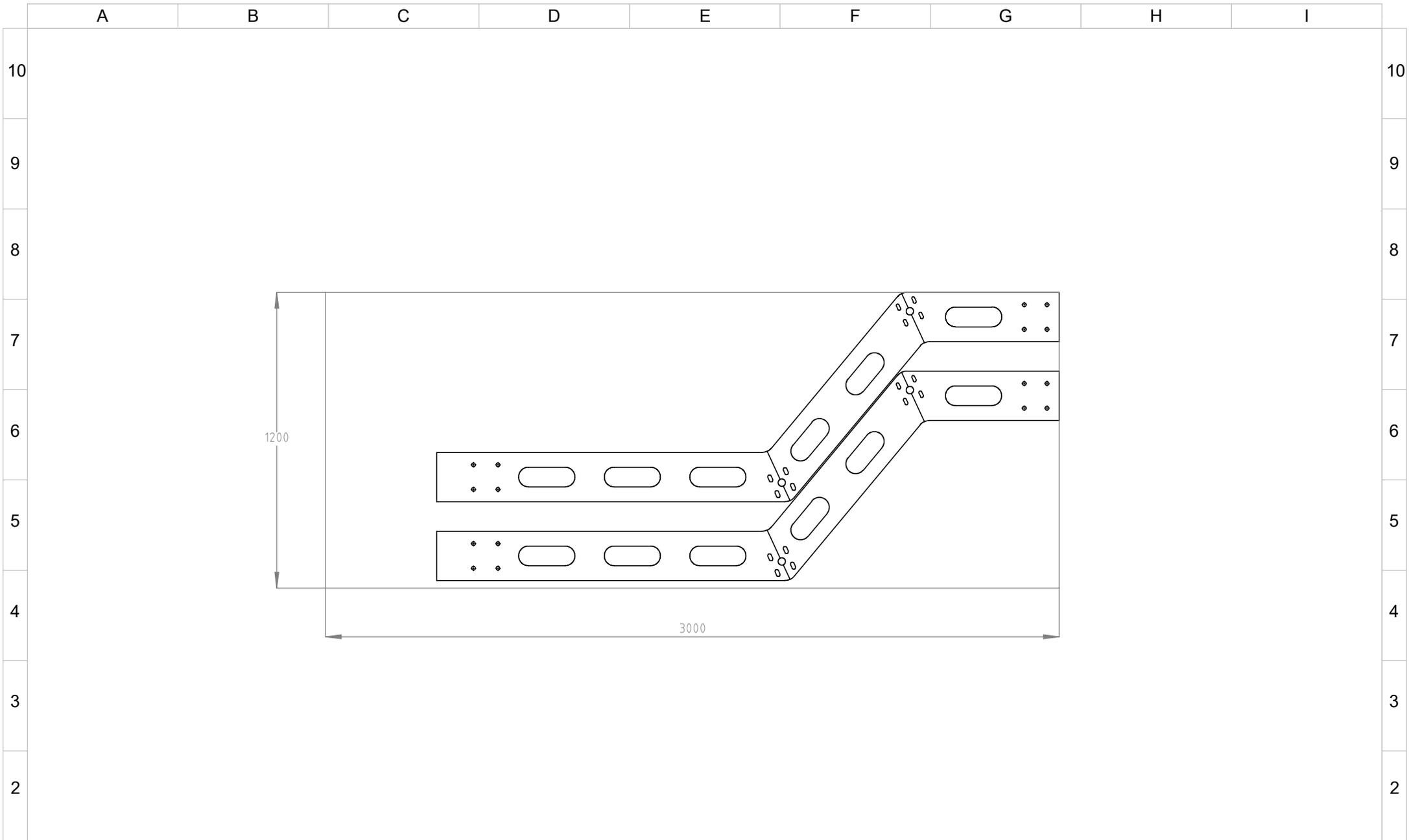
Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
A.1.201	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304		Peso: 0.07 Kg	Resp.: NN	AGO 2024	

4

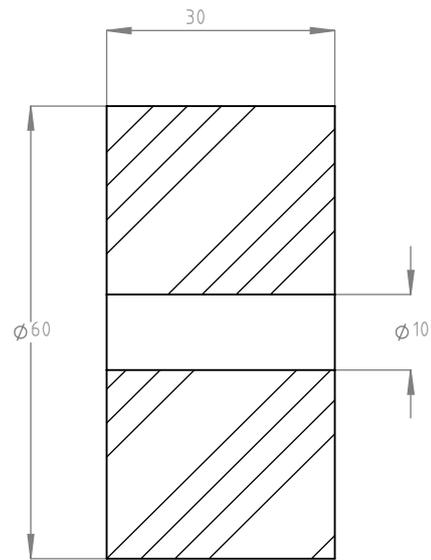
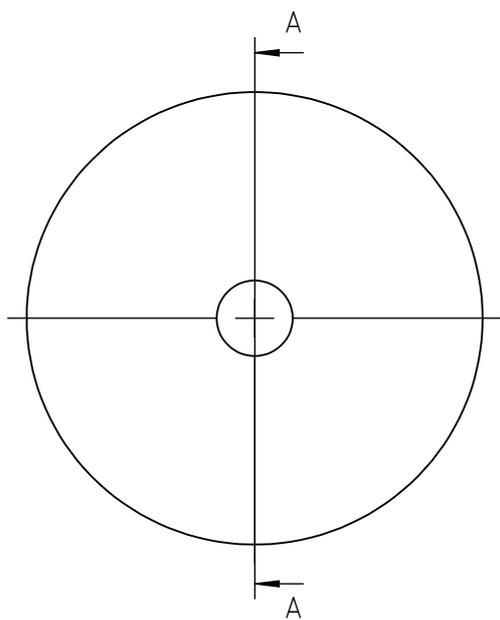
3

2

1



1	Codigo - Nombre Proyecto						Dibujó: NN FEB2021		Tolerancias: ISO 2768-m	1	
	A.1.100		Conjunto		Escala: N/A	ISO E 	Desarrollo: -				Revisó: NN FECHA
	Material:						Peso:				Resp.: NN FECHA
A	B	C	D	E	F	G	H	I			



A-A



Código - Cinta transportadora

Rodillos tensores

Material: Polietileno reticulado

Escala: N/A

ISO E

Peso: 0.08 Kg

Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:

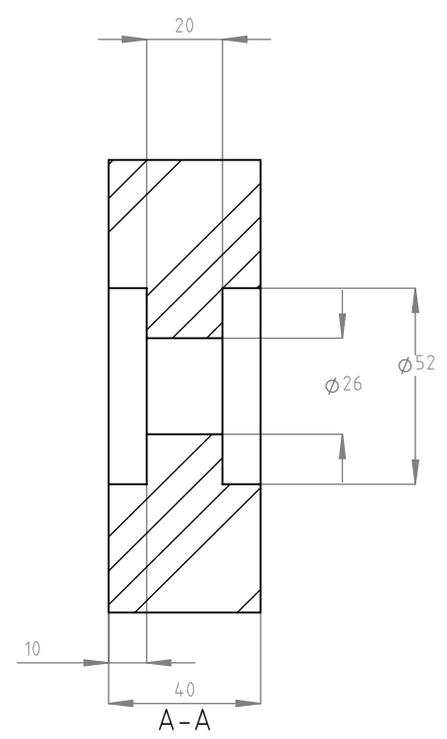
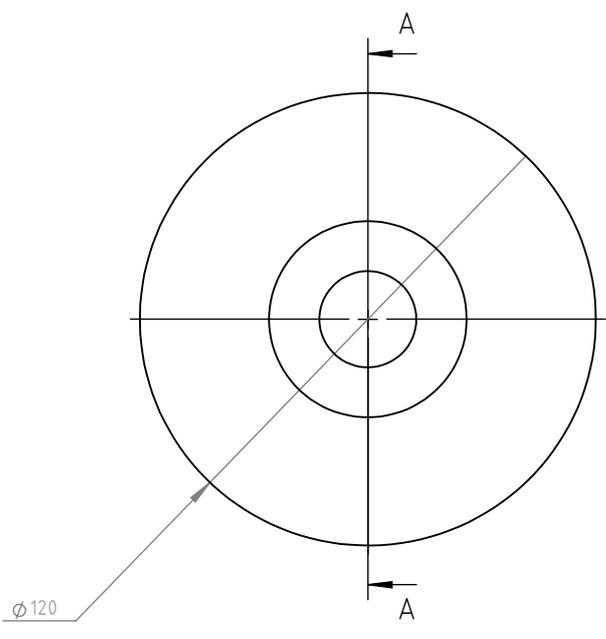
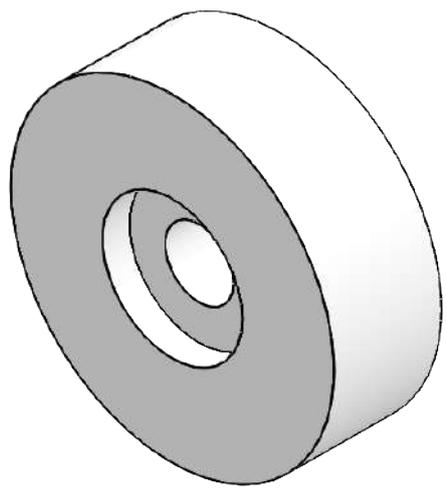
Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m

Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1

F  
E  
D  
C  
B  
A

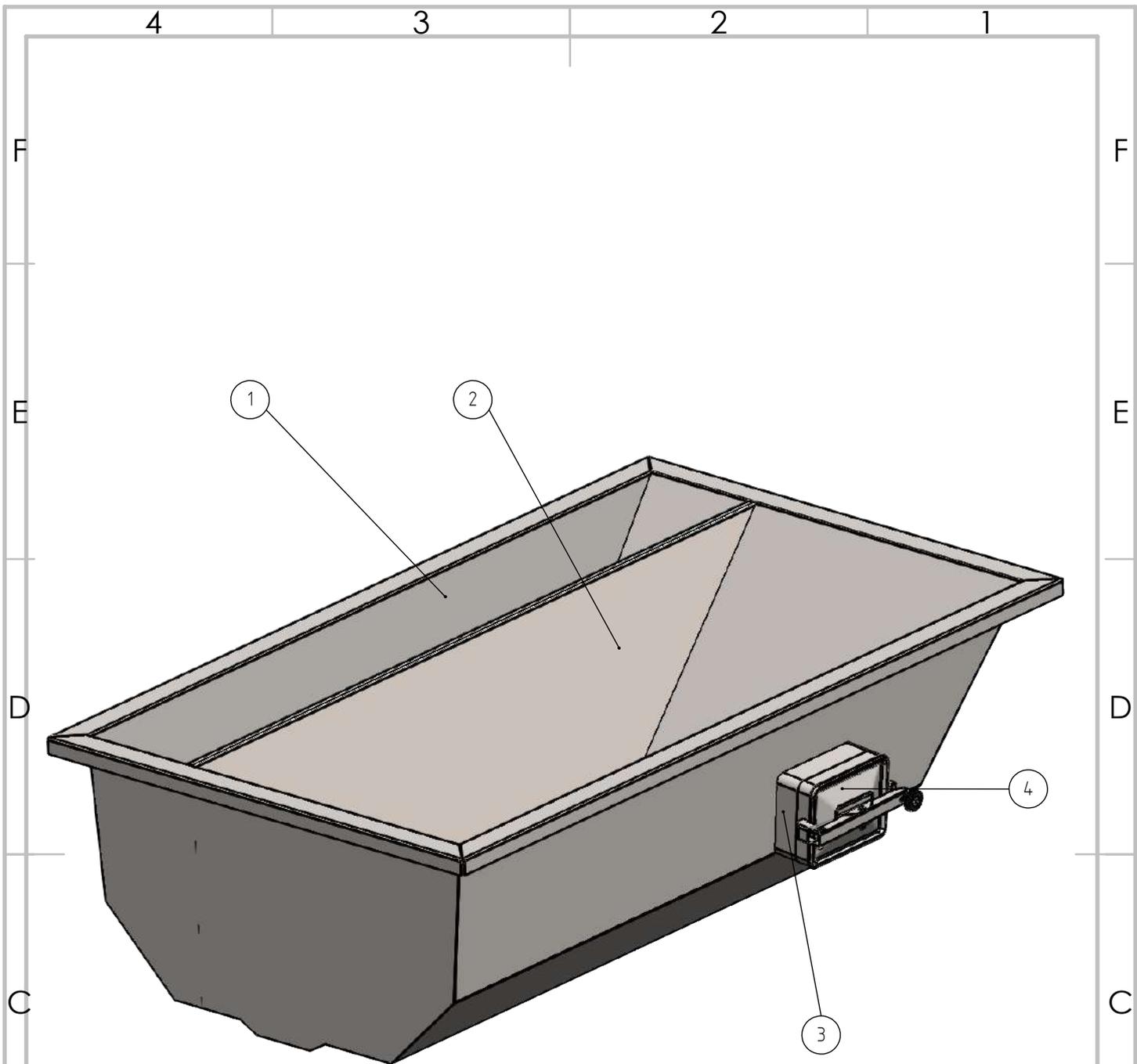
F  
E  
D  
C  
B  
A



Codigo - Cinta transportadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
Tensor	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: Polietileno reticulado		Peso: 0.38 Kg	Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

**BACHA**



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Bacha		1
2	Division		1
3	Cuello para compuerta bacha		1
4	Λa3 6009H	Compuerta	1

	Codigo - Nombre Proyecto		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
	A.2 Ensamblaje	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
	Material:	Peso: Kg	Resp.: NN	AGO 2024

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

C

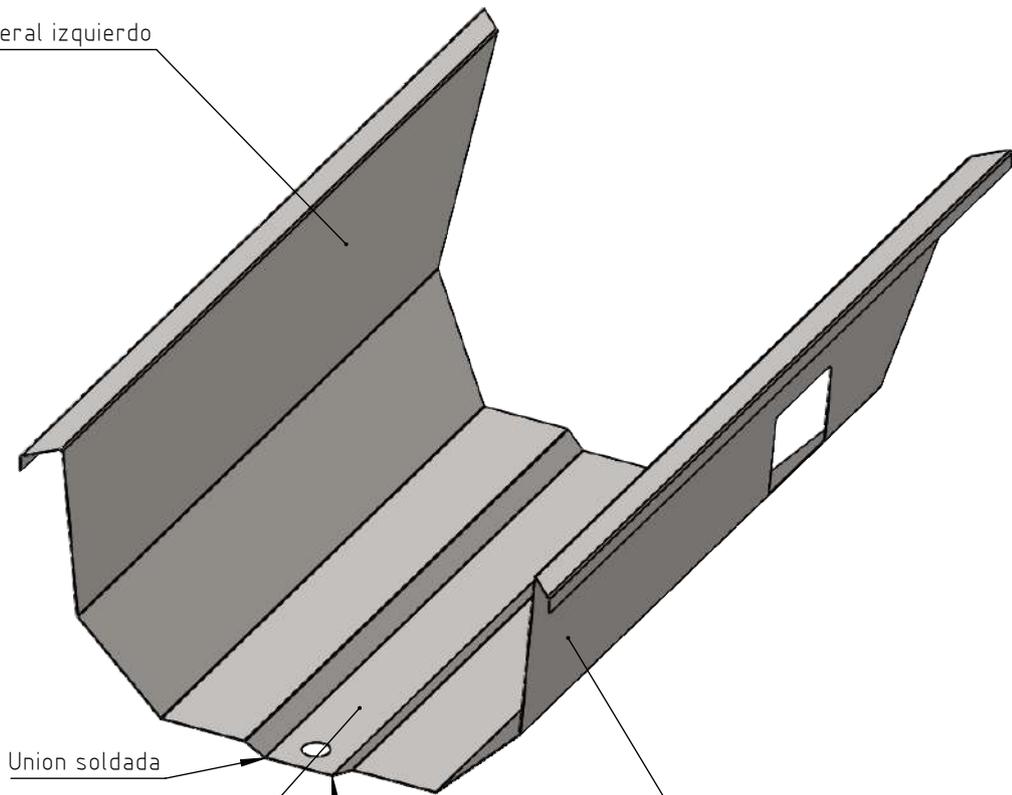
B

B

A

A

Lateral izquierdo



Union soldada

Union soldada

Lateral derecho

Base de bache



Codigo - Bache

Armado de laterales de bache Escala: N/A

Material: AISI 304

ISO E

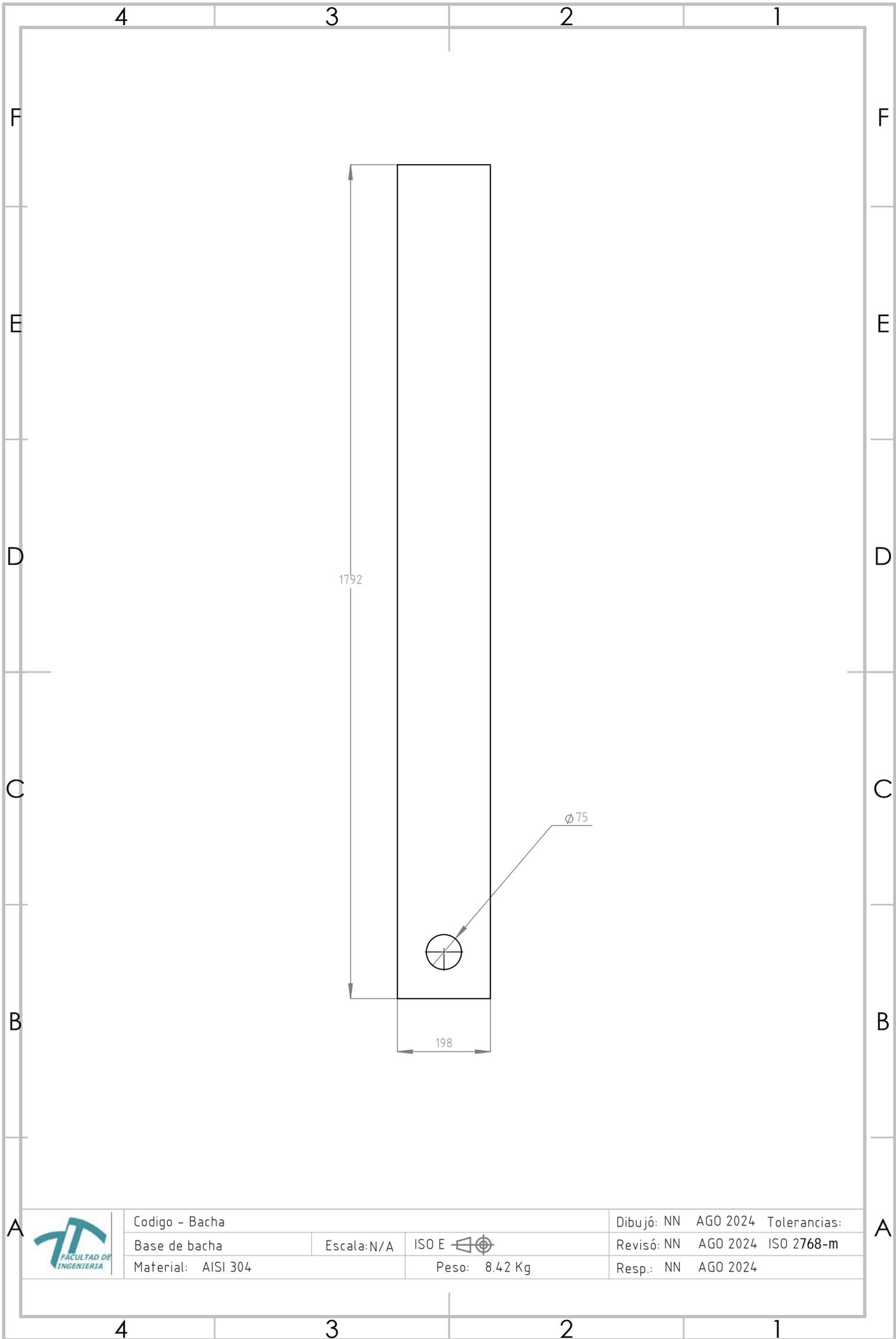
Peso: 137.06 Kg

Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:

Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m

Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1



Codigo - Bacha	Escala: N/A		Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
Base de bacha	ISO E		Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 8.42 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

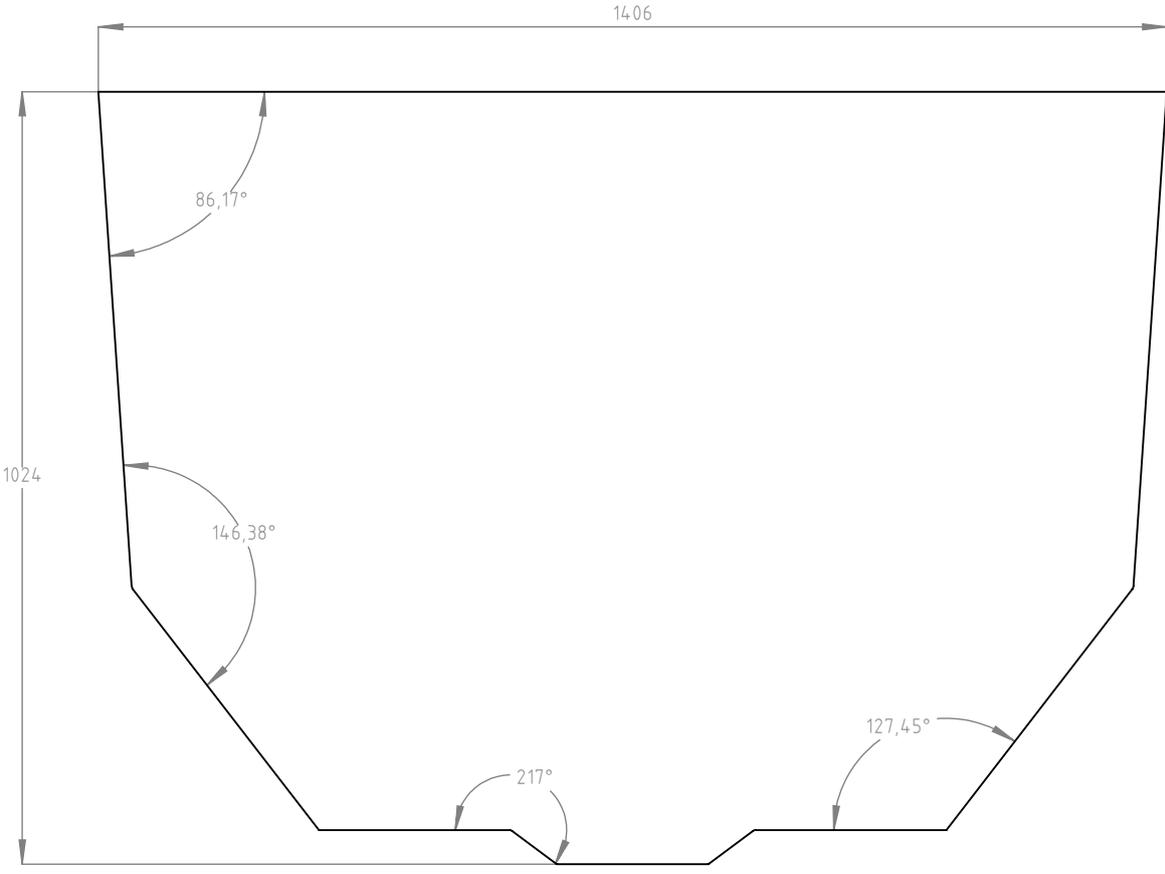
C

B

B

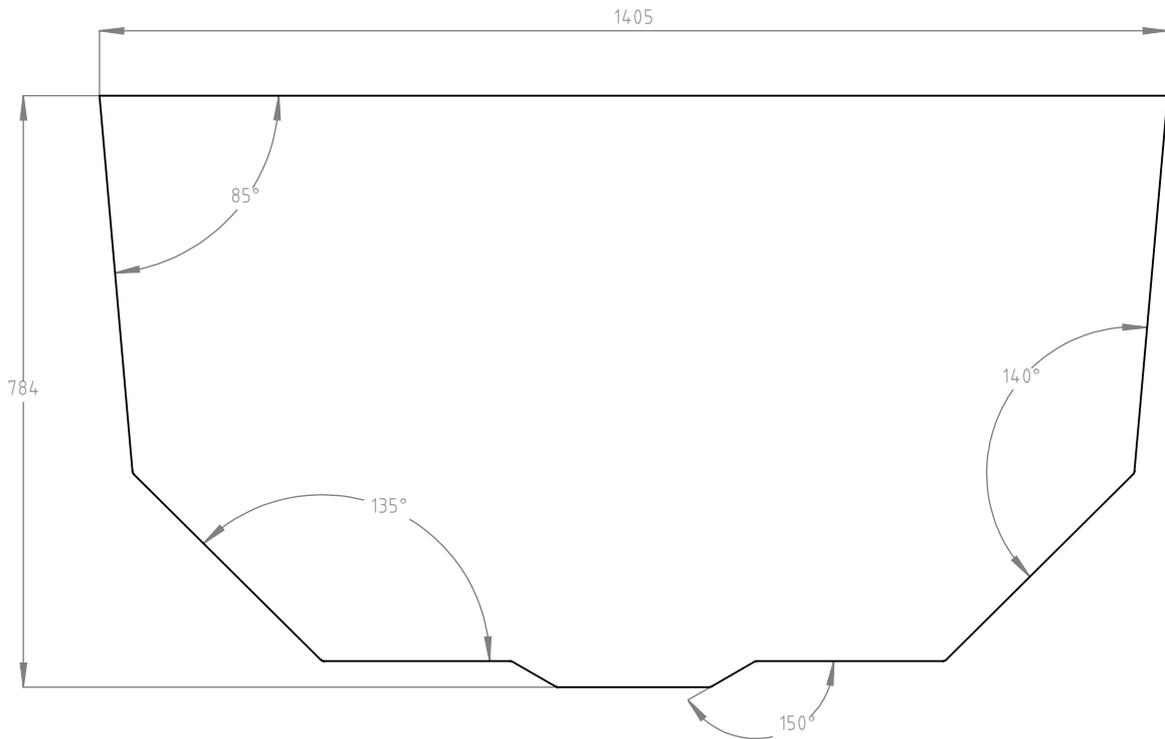
A

A

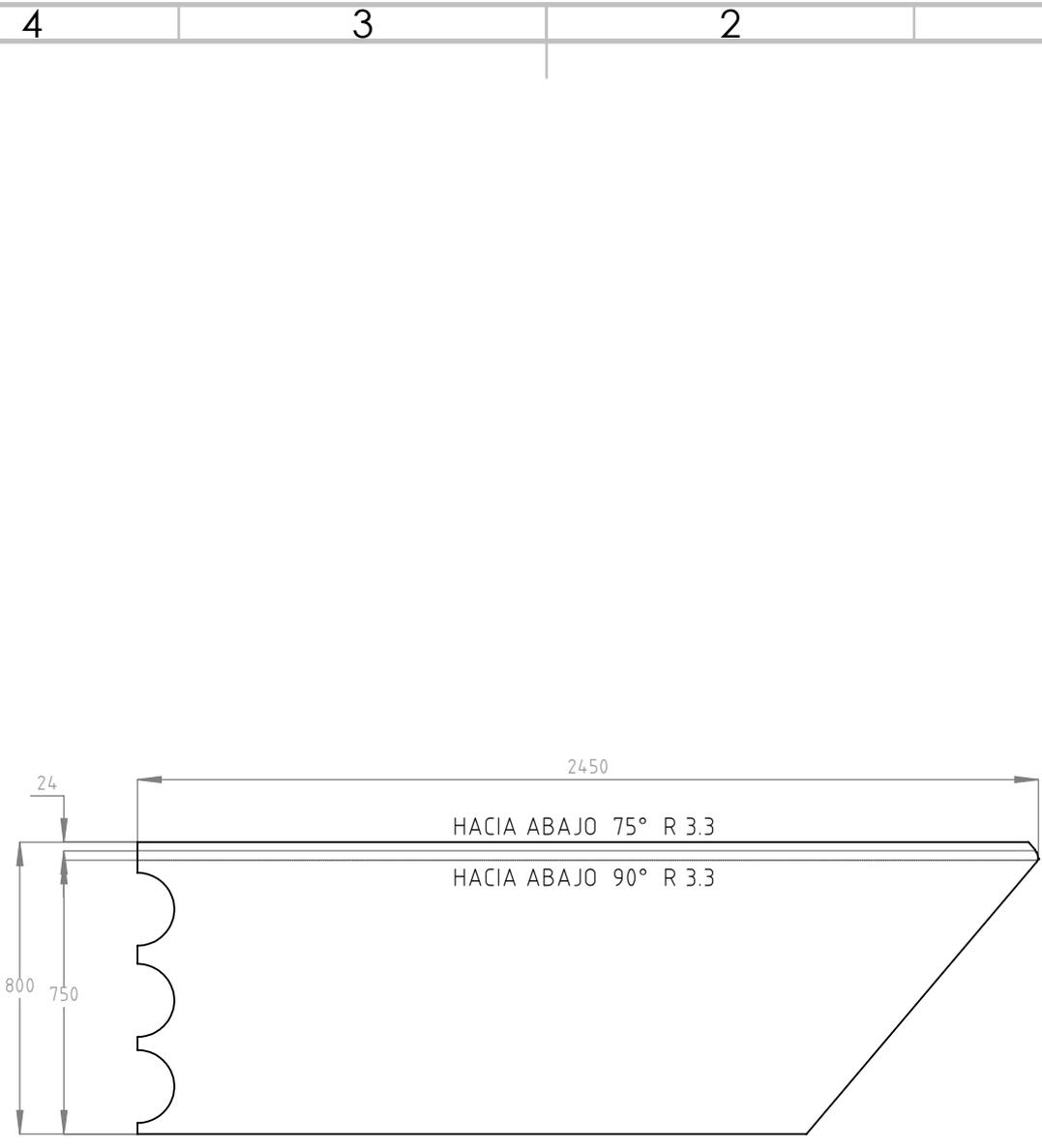


Codigo - Chapa delantera bacha			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
Chapa delantera bacha	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 30.05 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

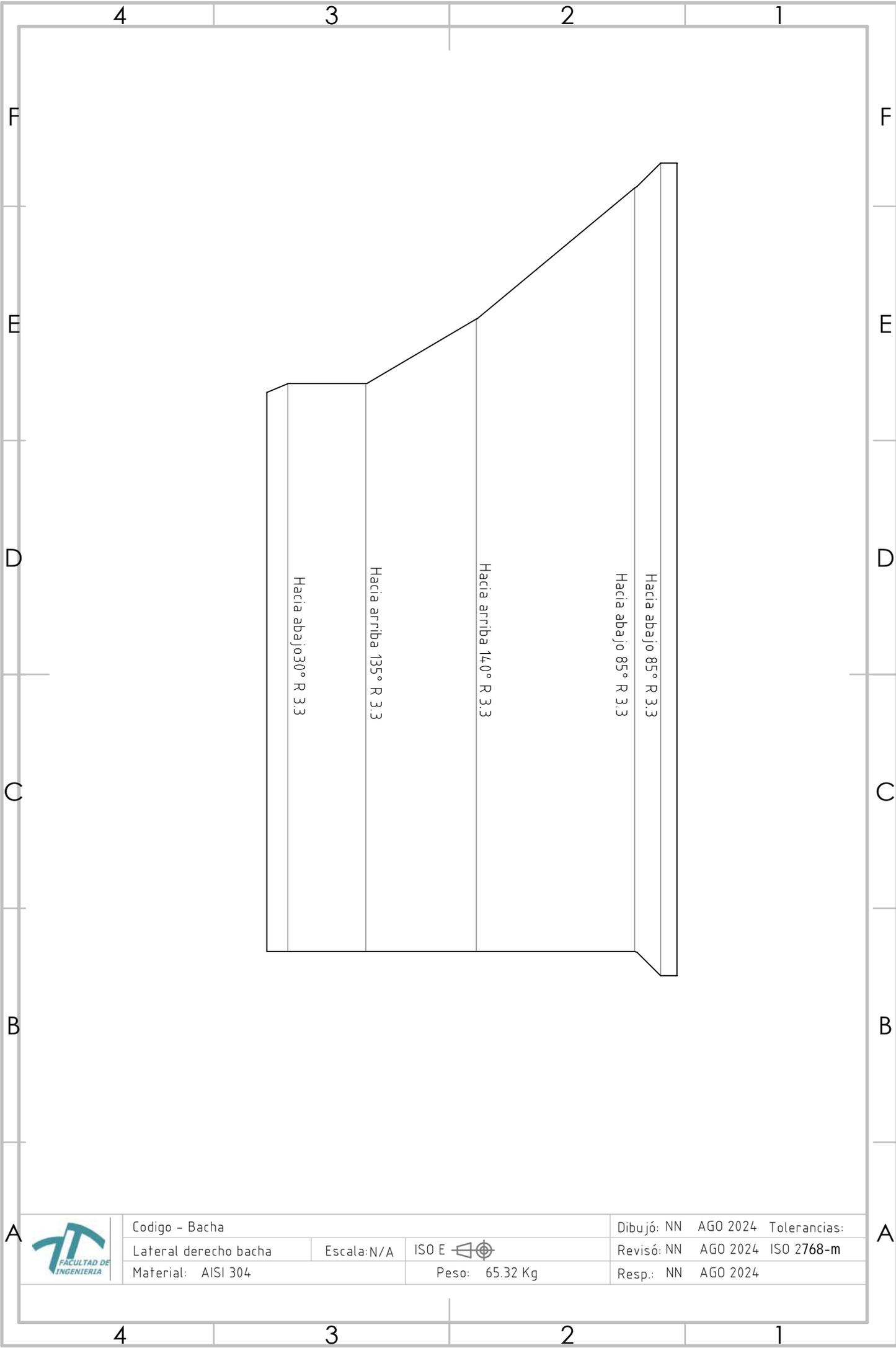
4 3 2 1



Codigo - Chapa trasera bacha		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Chapa trasera bacha	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 22.97 Kg		Resp.: NN AGO 2024



Codigo - Bacha		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Division	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 40.21 Kg		Resp.: NN AGO 2024



Hacia abajo 30° R 3.3

Hacia arriba 135° R 3.3

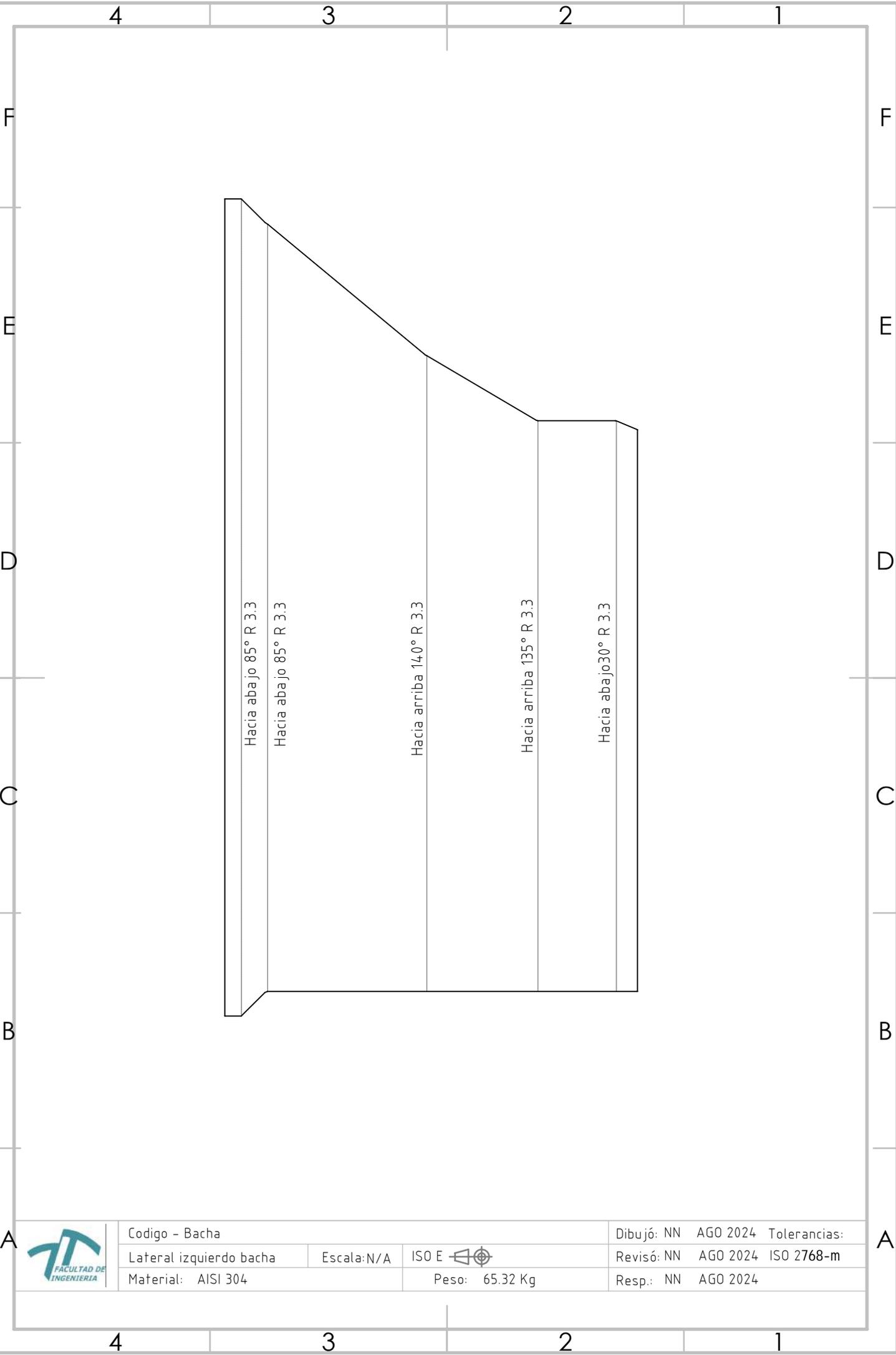
Hacia arriba 14.0° R 3.3

Hacia abajo 85° R 3.3

Hacia abajo 85° R 3.3



Codigo - Bacha		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Lateral derecho bacha	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 65.32 Kg		Resp.: NN AGO 2024



Hacia abajo 85° R 3.3

Hacia abajo 85° R 3.3

Hacia arriba 14.0° R 3.3

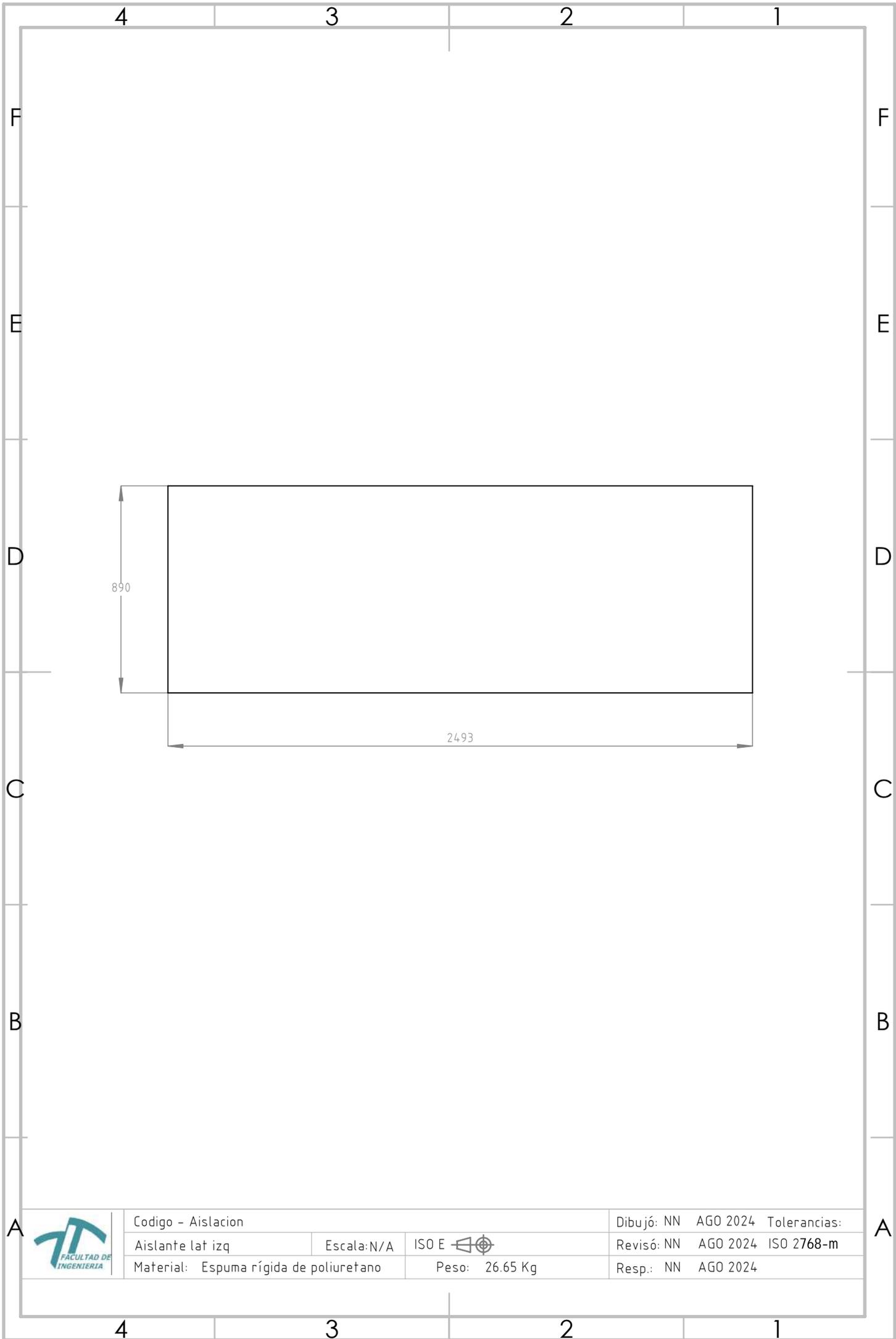
Hacia arriba 135° R 3.3

Hacia abajo 30° R 3.3

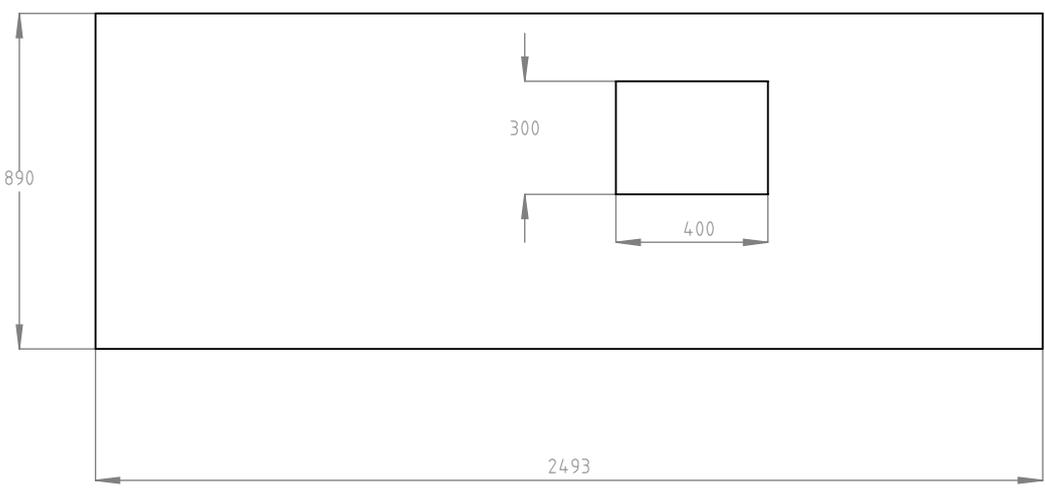


Codigo - Bacha		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Lateral izquierdo bacha	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 65.32 Kg		Resp.: NN AGO 2024

# **AISLACIÓN**



	Codigo - Aislacion			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
	Aislante lat izq	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
	Material: Espuma rígida de poliuretano		Peso: 26.65 Kg	Resp.: NN	AGO 2024	



Codigo - Aislacion		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Aislante lateral der	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: Espuma rígida de poliuretano		Peso: 25.21 Kg	Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

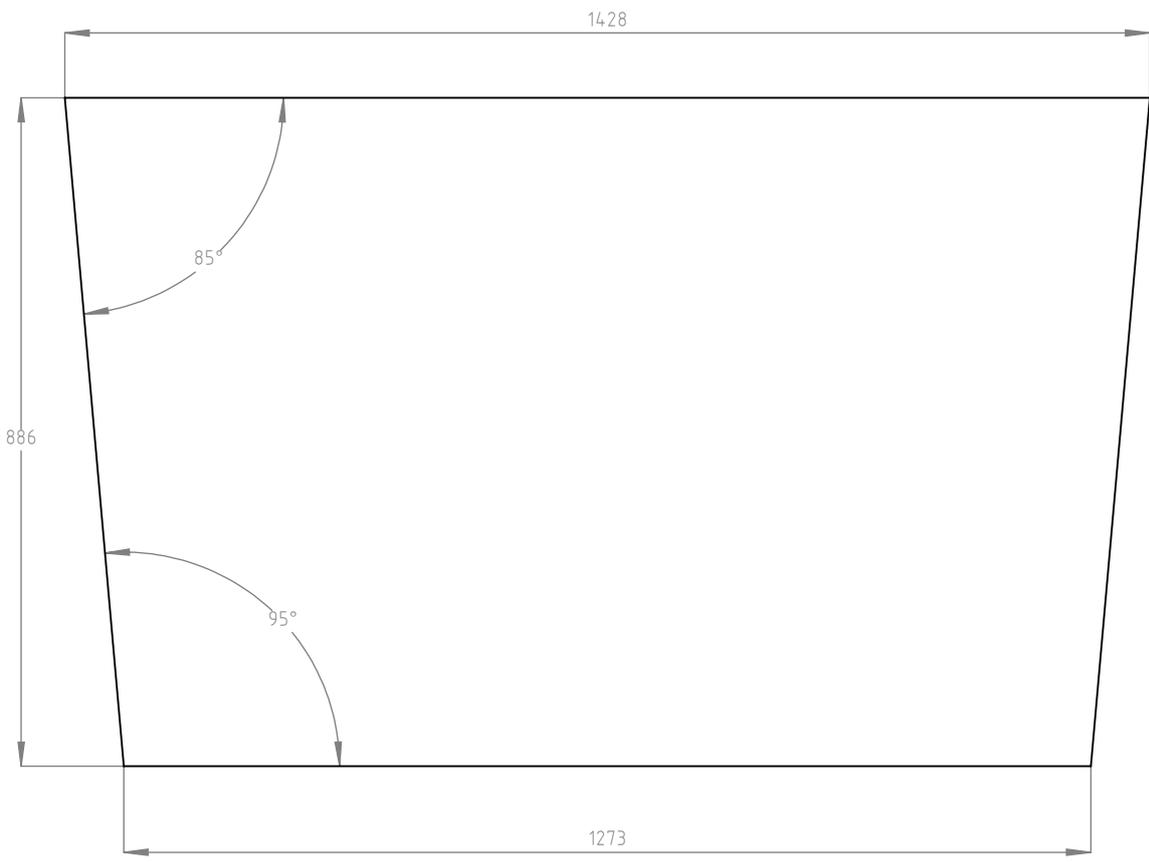
C

B

B

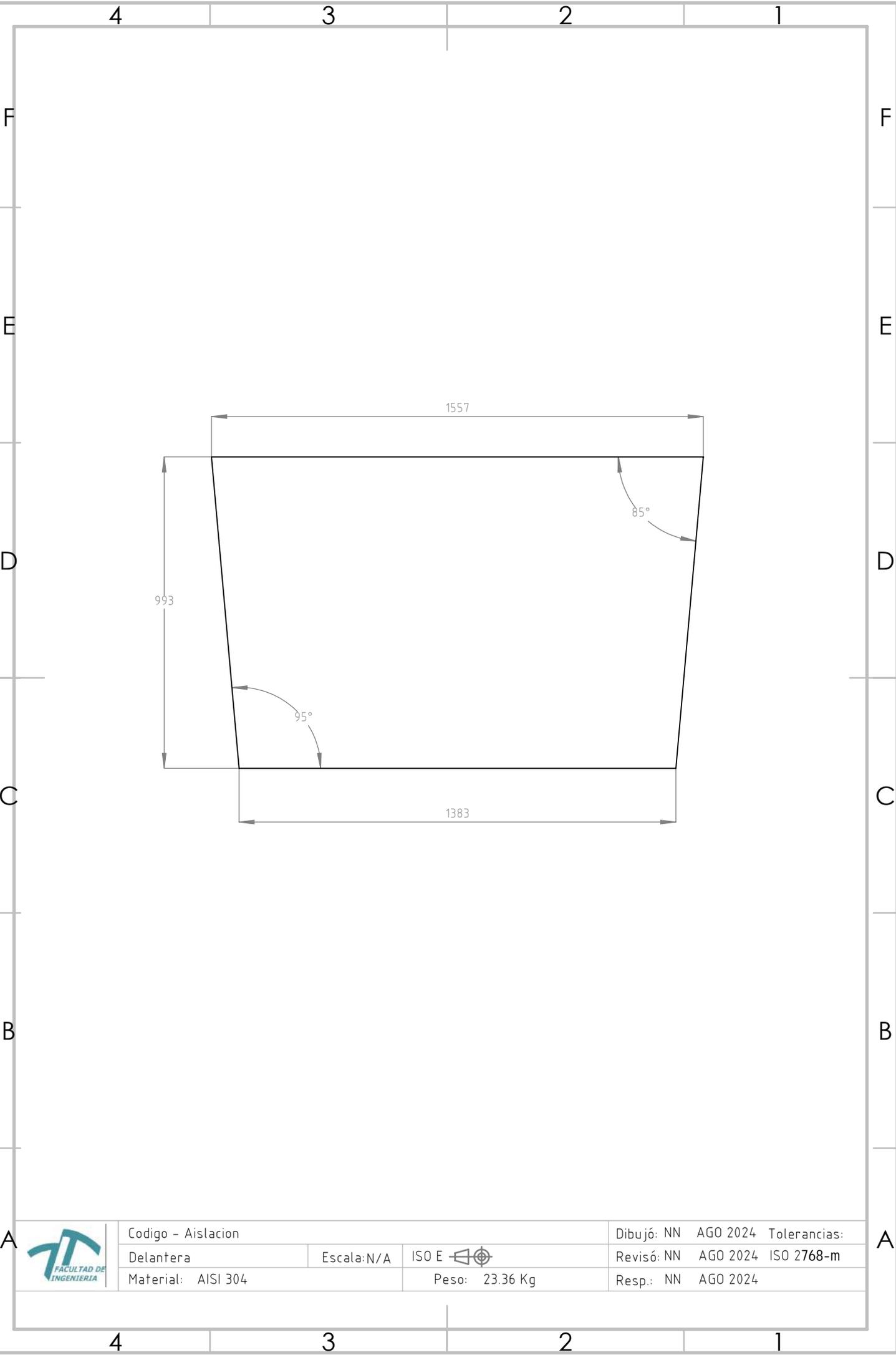
A

A

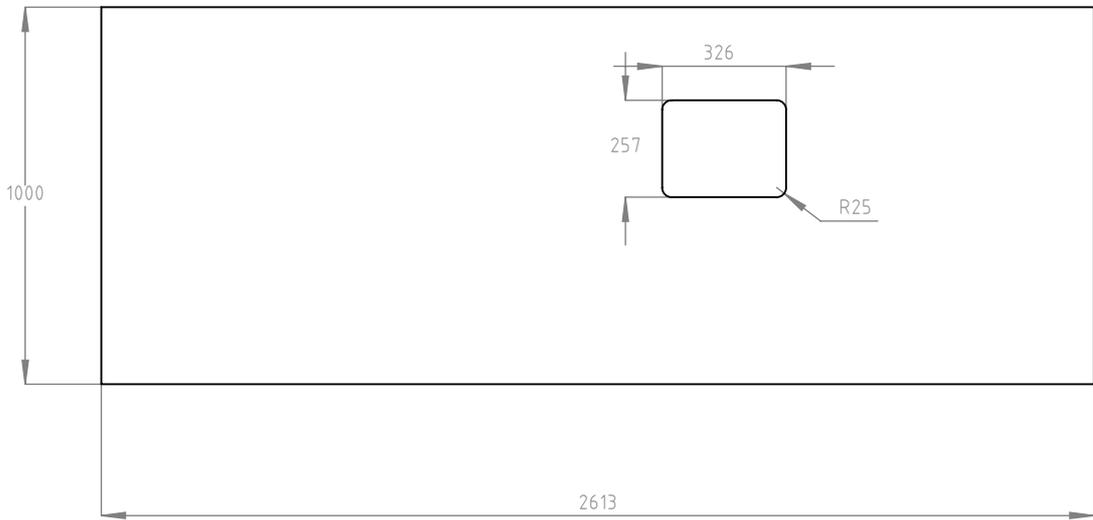


Codigo - Aislacion		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Aislante trasero	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: Espuma rígida de poliuretano		Peso: 14.38 Kg	Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1



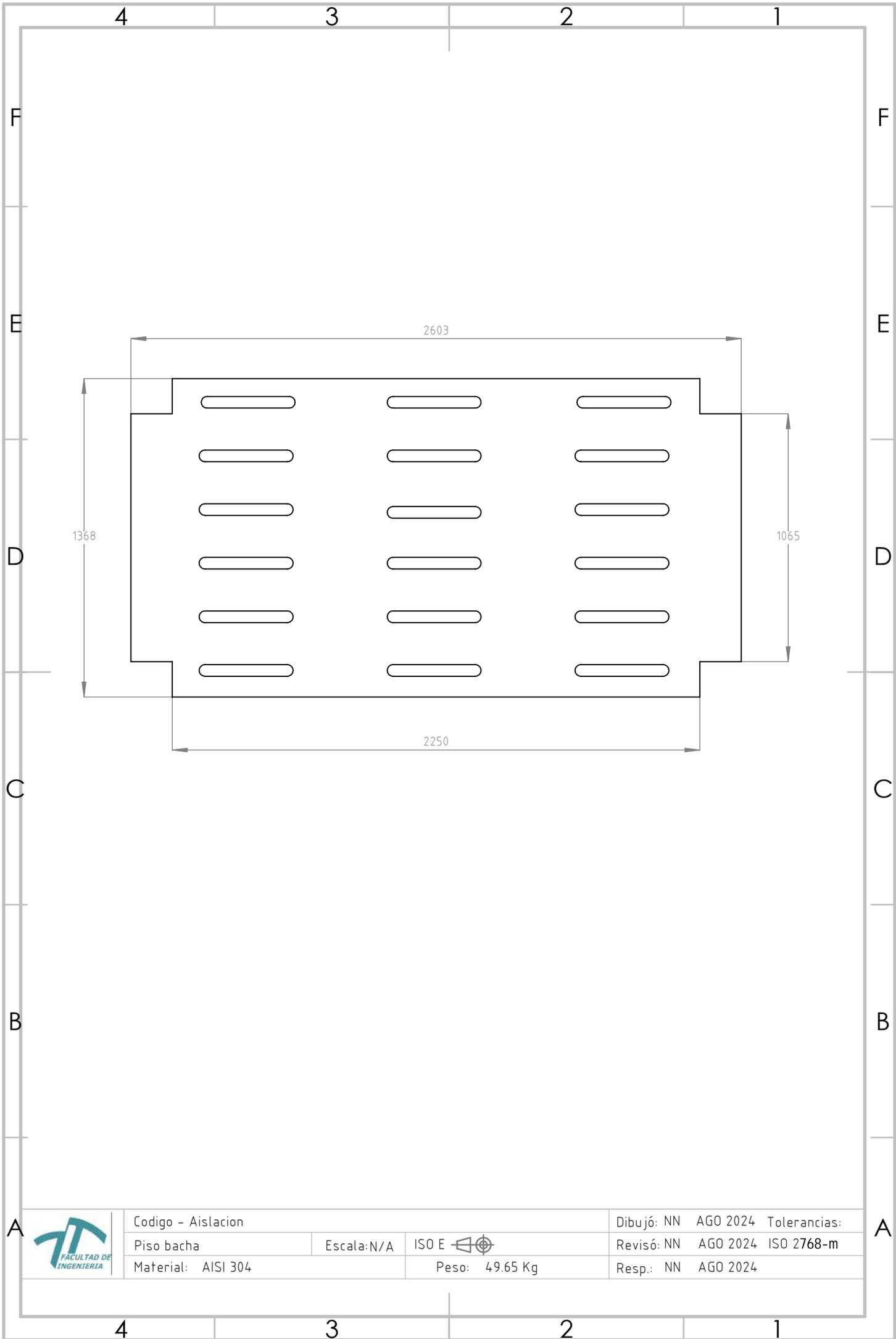
Codigo - Aislacion		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Delantera	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 23.36 Kg		Resp.: NN AGO 2024



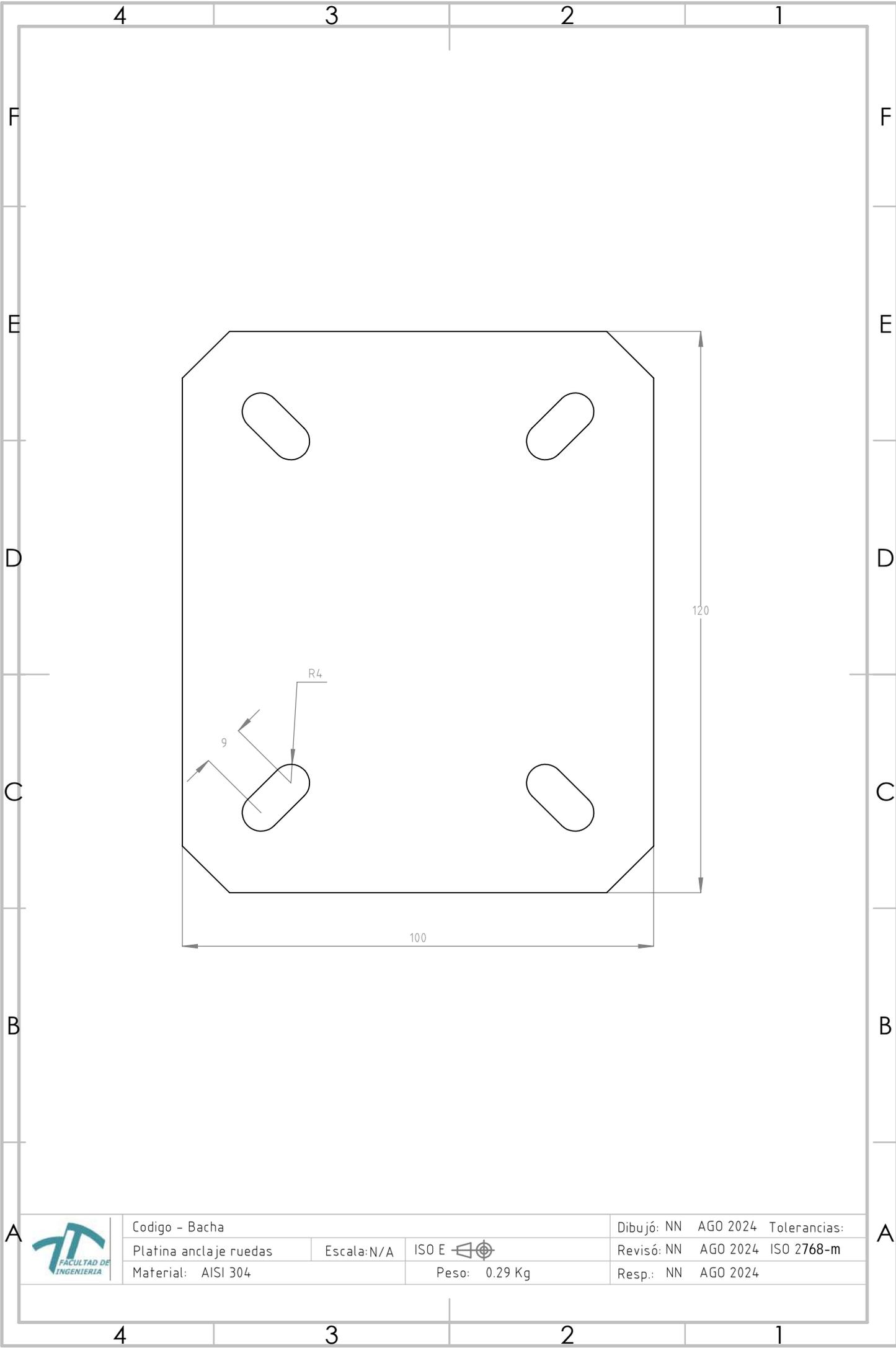
Codigo - Aislacion		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Lateral inox 304 der	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 40.47 Kg		Resp.: NN AGO 2024



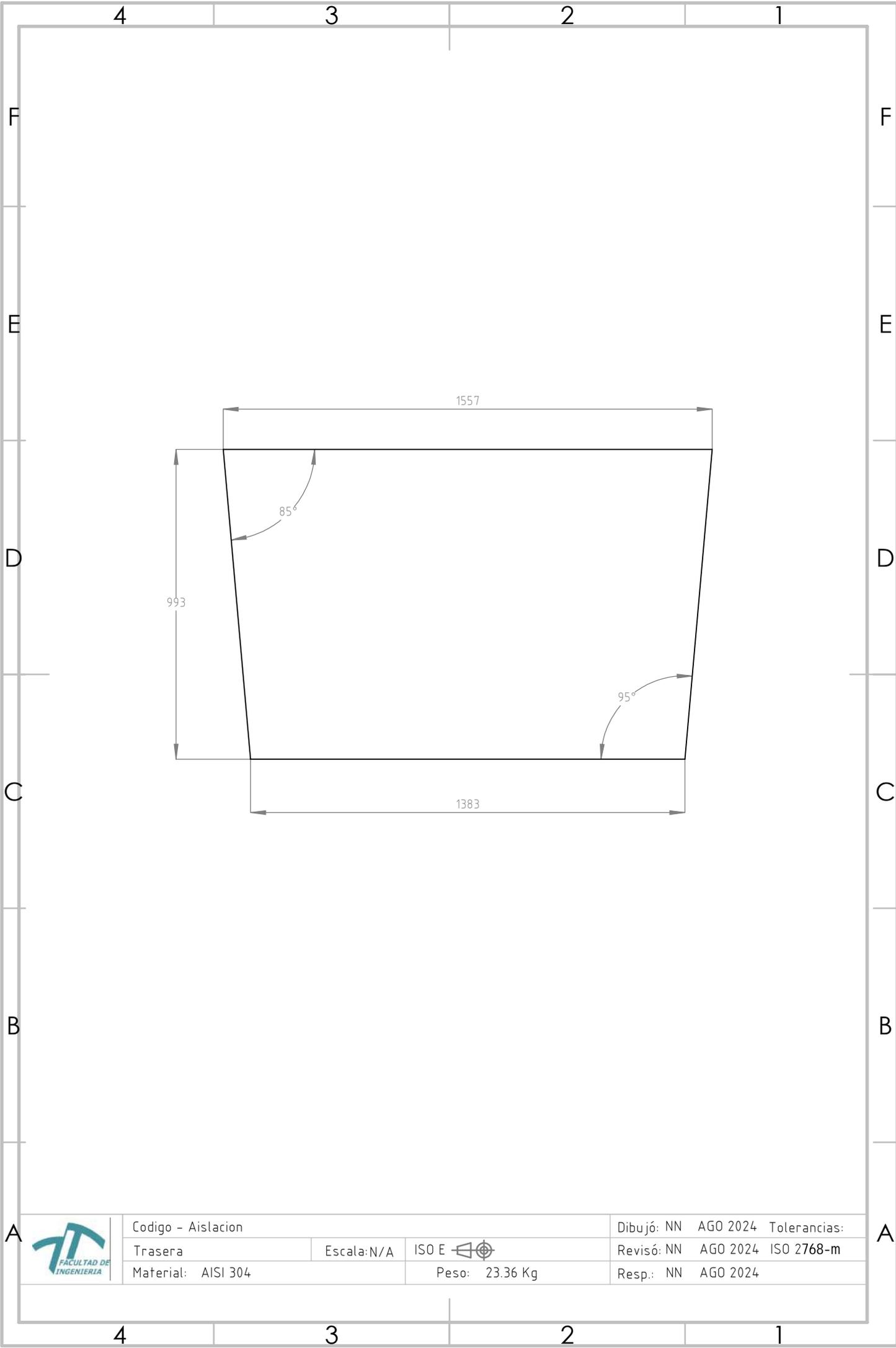
Codigo - Bacha		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Lateral inox 304 izq	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 41.80 41.80 41.80 Kg		Resp.: NN AGO 2024



Codigo - Aislacion		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Piso bacha	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 49.65 Kg		Resp.: NN AGO 2024

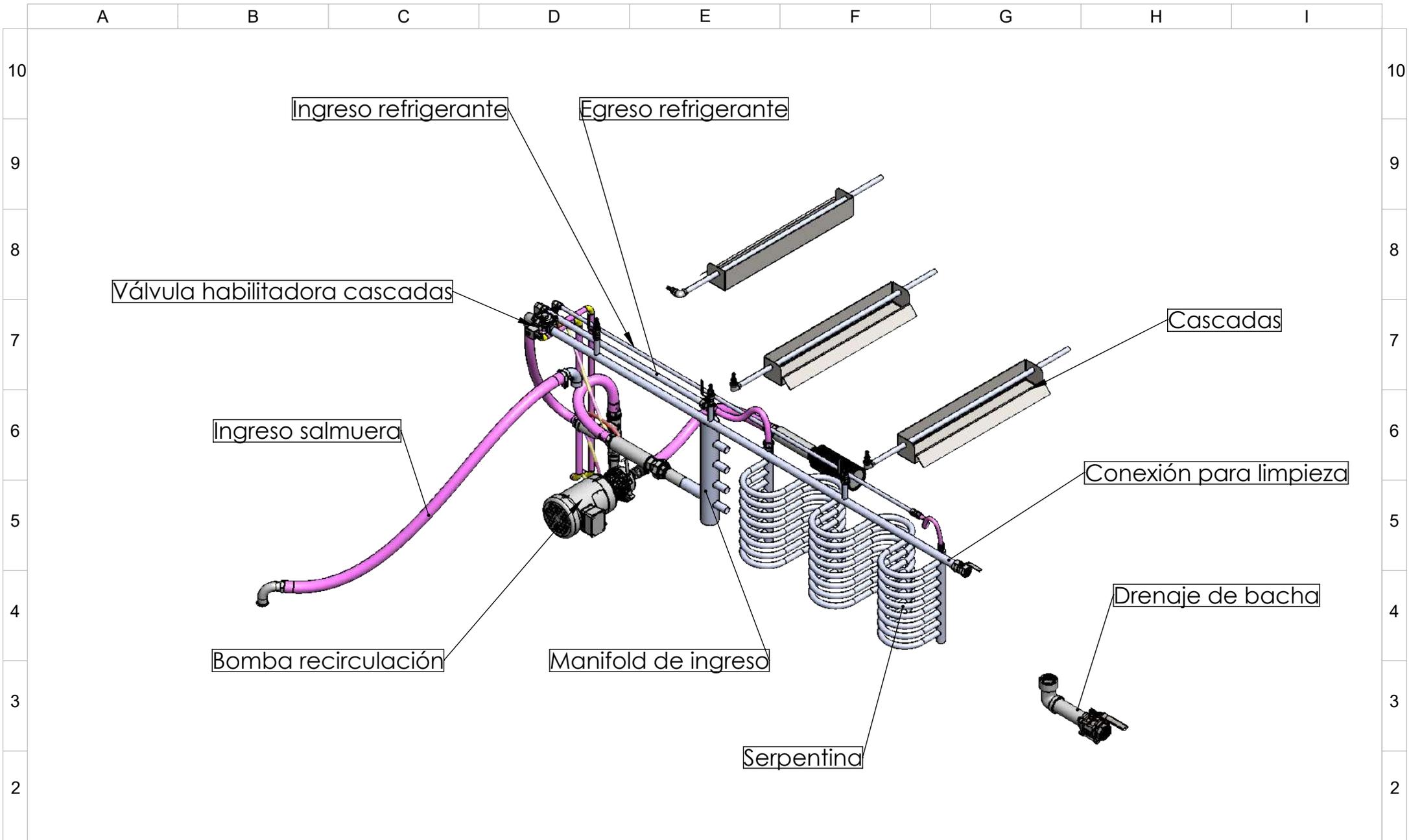


	Codigo - Bacha			Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
	Platina anclaje ruedas	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m	
	Material: AISI 304	Peso: 0.29 Kg		Resp.: NN AGO 2024	

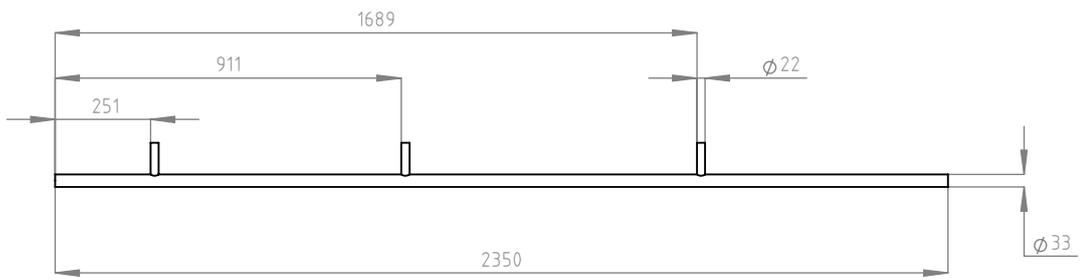


	Codigo - Aislacion			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
	Trasera	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
	Material: AISI 304	Peso: 23.36 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

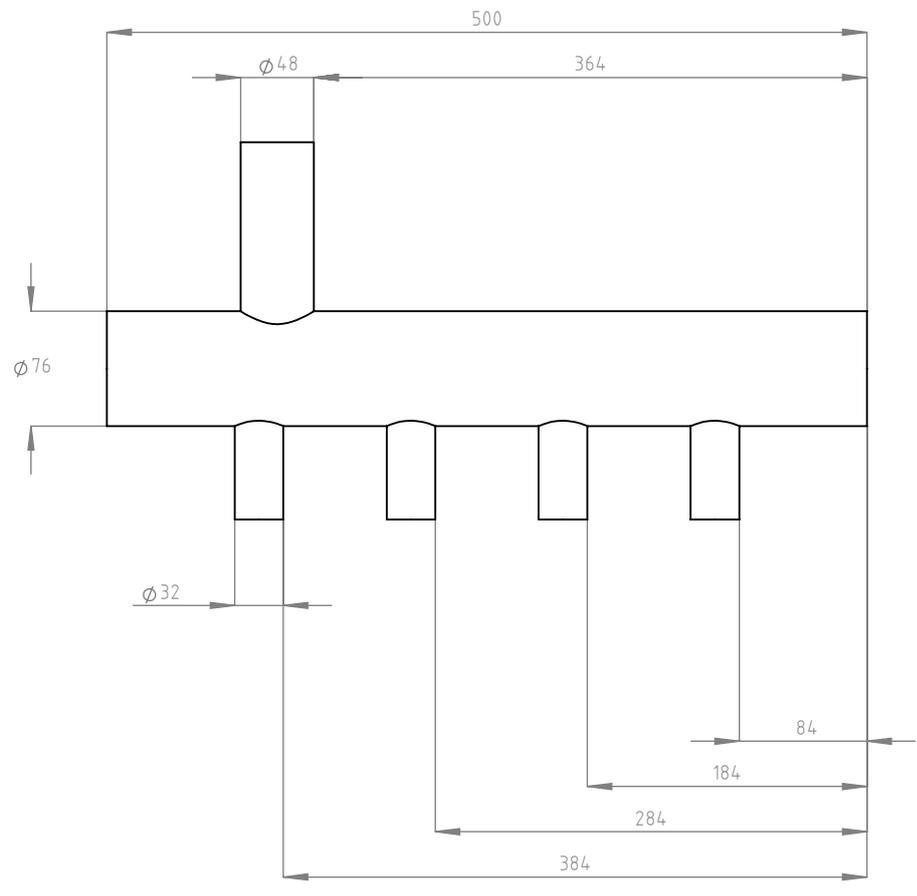
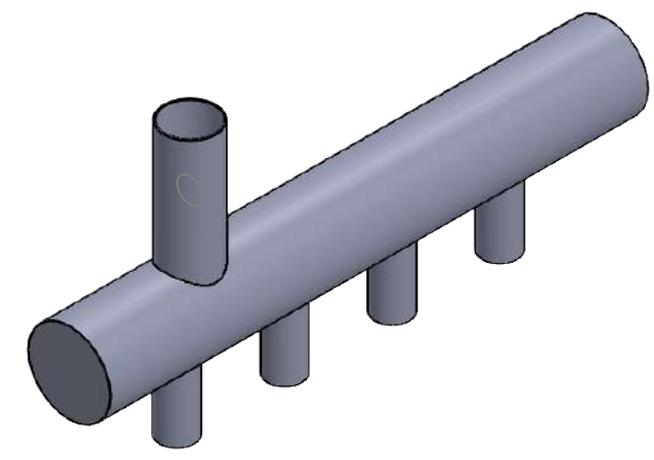
# PIPING



1		- Piping	Escala: N/A	ISO E 	Desarrollo:	Dibujó: NN AGO 2024	Tolerancias:
		Material:			Peso:	Revisó: NN AGO 2024	ISO 2768-m
						Resp.: NN AGO 2024	



Código - Piping	Escala: N/A		ISO E	Dibujó: NN AGO 2024	Tolerancias:
Cañería 11-2				Revisó: NN AGO 2024	ISO 2768-m
Material:			Peso: Kg	Resp.: NN	AGO 2024



	Codigo - Piping		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
	Manifold entrada agua	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
	Material:		Peso: Kg	Resp.: NN AGO 2024

**UNIDAD CONDENSADORA**

4 3 2 1

F

F

E

E

D

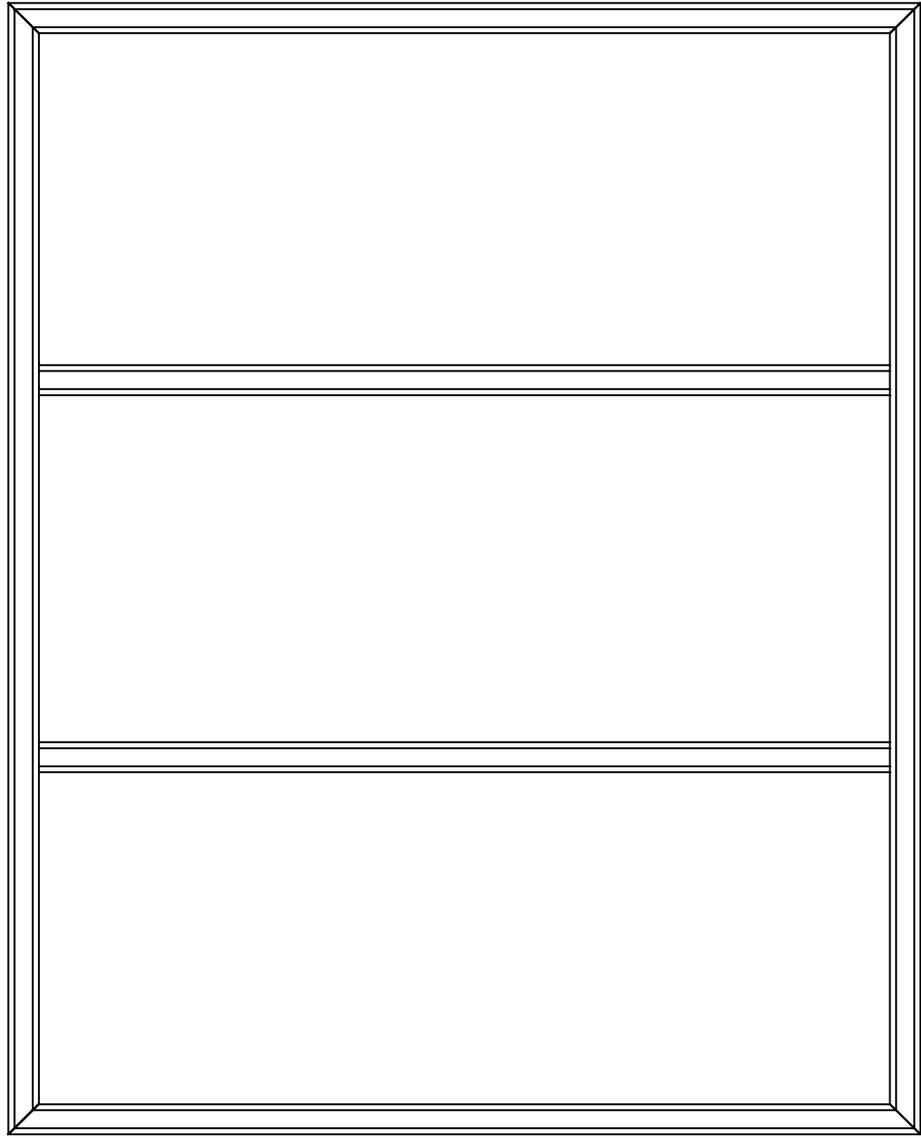
D

C

C

B

B



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Base unidad cond		1
		TUBE, SQUARE 40,00 X 40,00 X 4,00	2
		TUBE, SQUARE 40,00 X 40,00 X 4,00	2
		TUBE, SQUARE 40,00 X 40,00 X 4,00	2

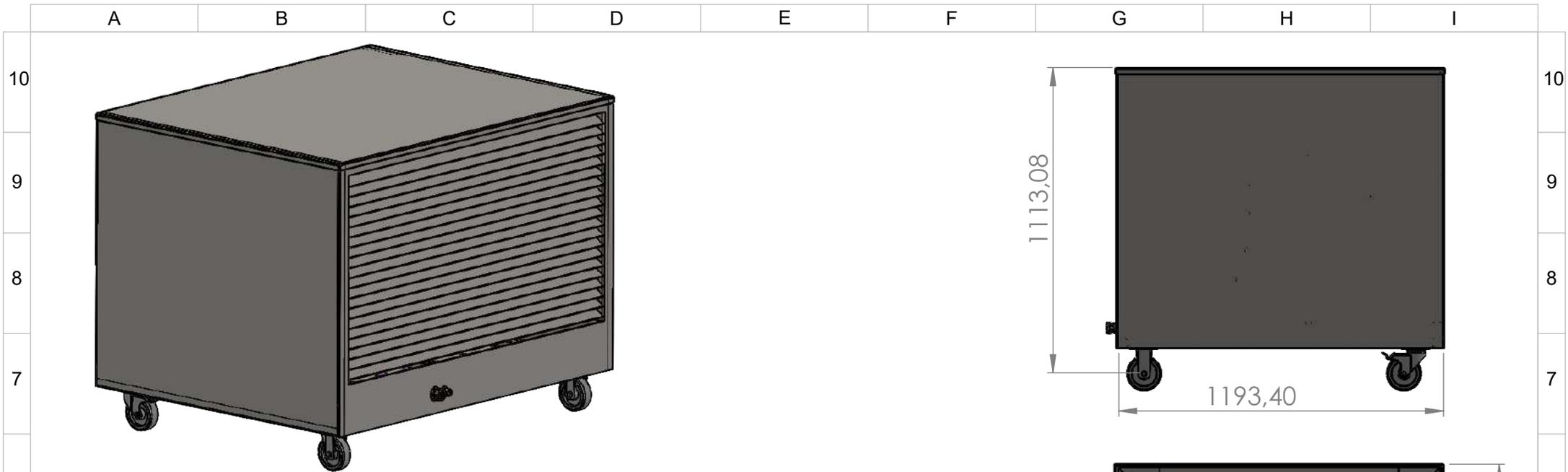
A

A

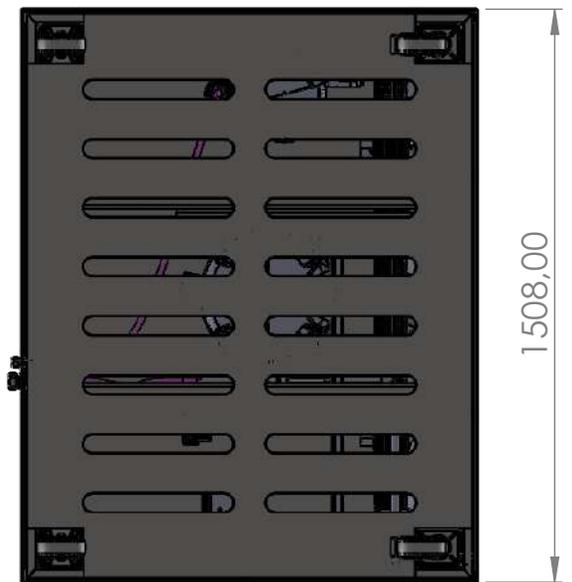


Codigo - Unidad condensadora		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Base unidad cond	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 32.00 Kg		Resp.: NN AGO 2024

4 3 2 1



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Laterales		2
2	Tapa		1
3	Base unidad cond		1
4	Rendija		2
5	Pasa chapa		1
6	5929K197	Yor-Lok Fitting for Steel Tubing	1
7	5929K199	Yor-Lok Fitting for Steel Tubing	1
8	2833T531	Corrosion-Resistant Caster	2
9	2833T56	Corrosion-Resistant Caster	2
10	Platina anclaje ruedas		4
11	Piso		1
12	Unidad condensadora.stp	NOT SPECIFIED	1
13	Tube_1-Ensamble unidad condensadora		1
14	Tube_2-Ensamble unidad condensadora		1



1		- Preparador de salmuera	Escala: N/A	ISO E 	Desarrollo:	Dibujó: NN AGO 2024	Tolerancias:		
		Material:			Peso: Kg	Revisó: NN AGO 2024	ISO 2768-m		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

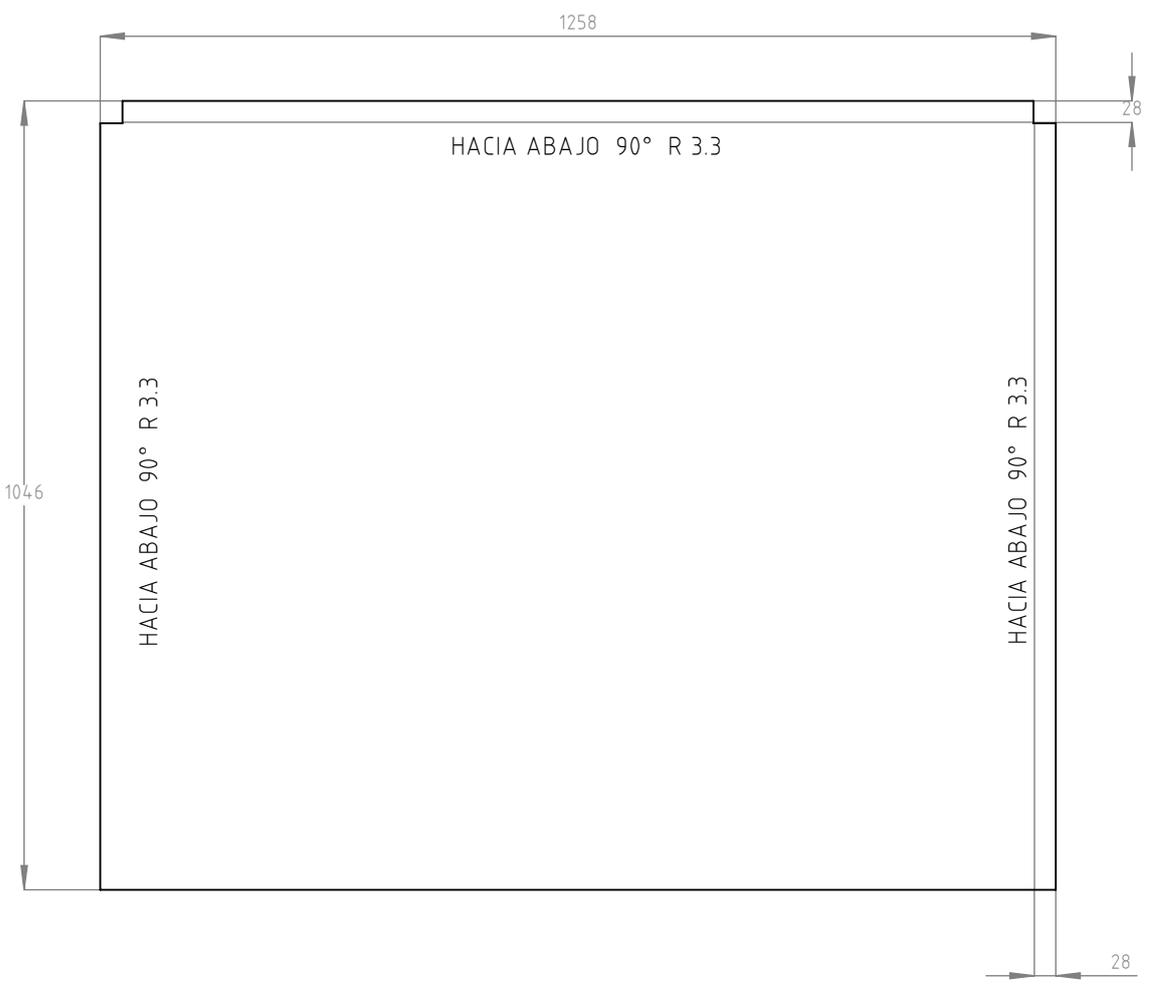
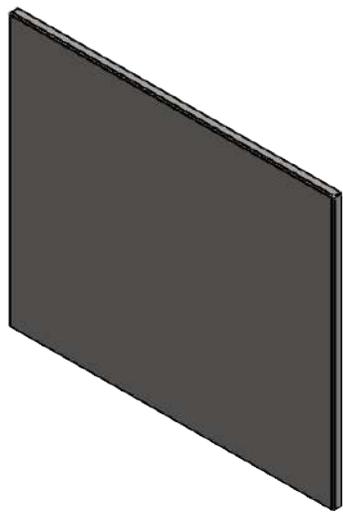
C

B

B

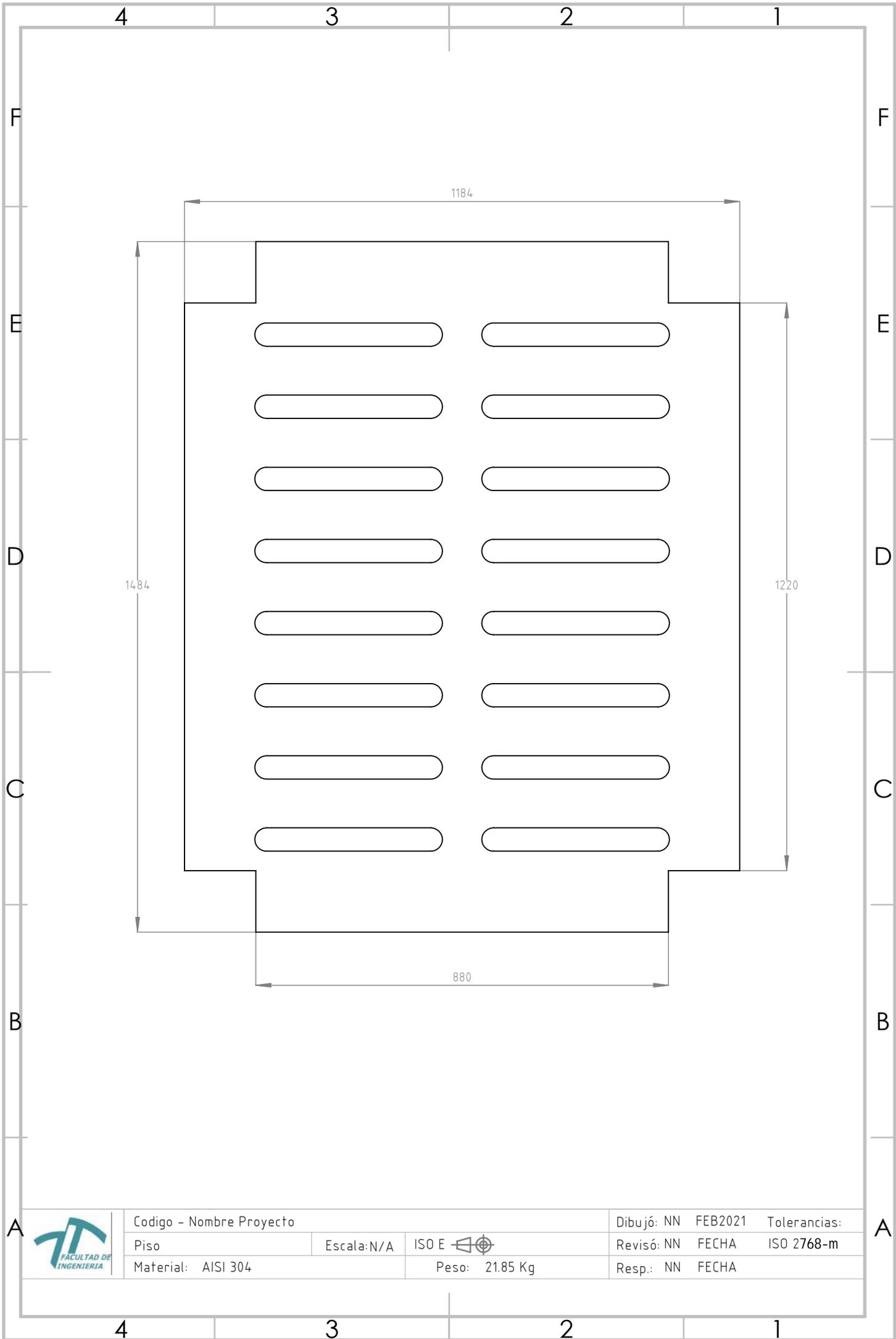
A

A

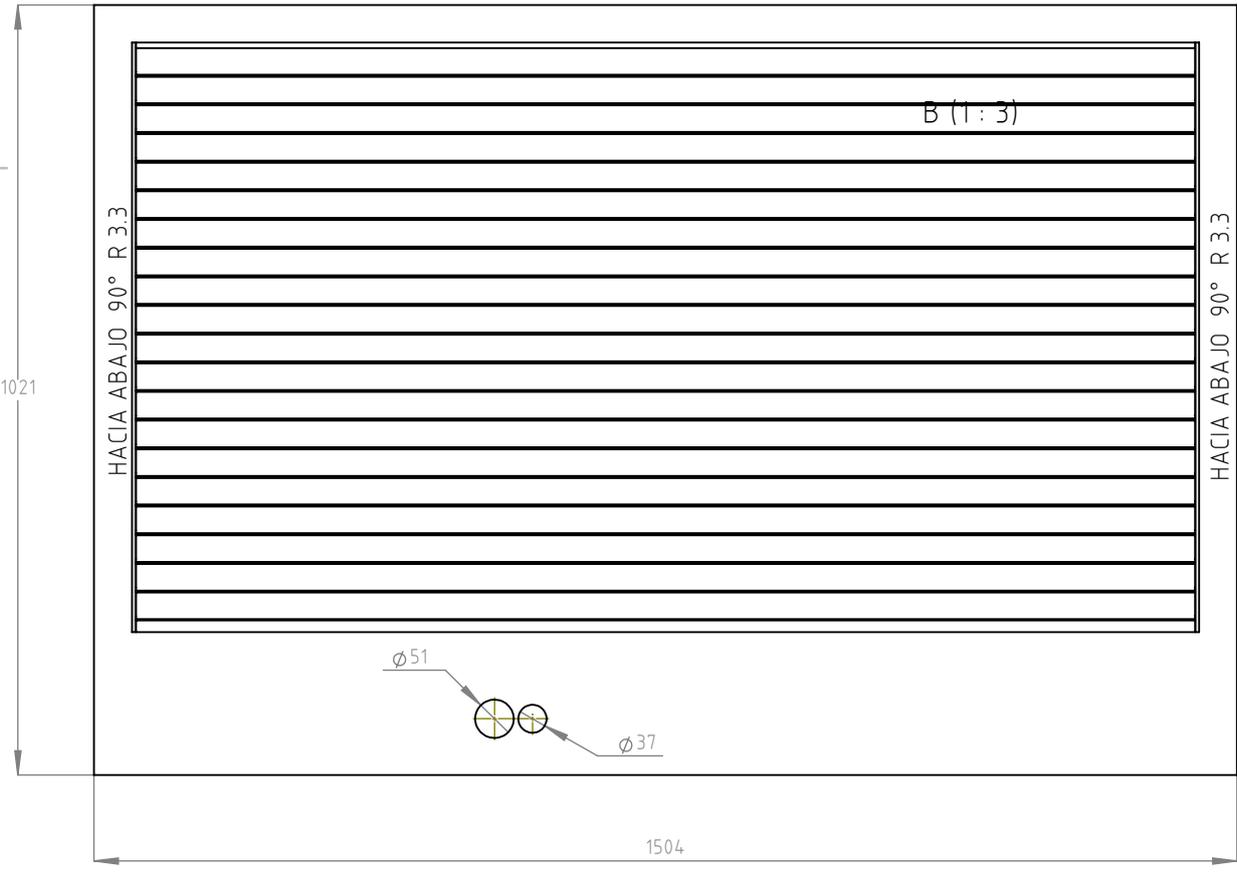
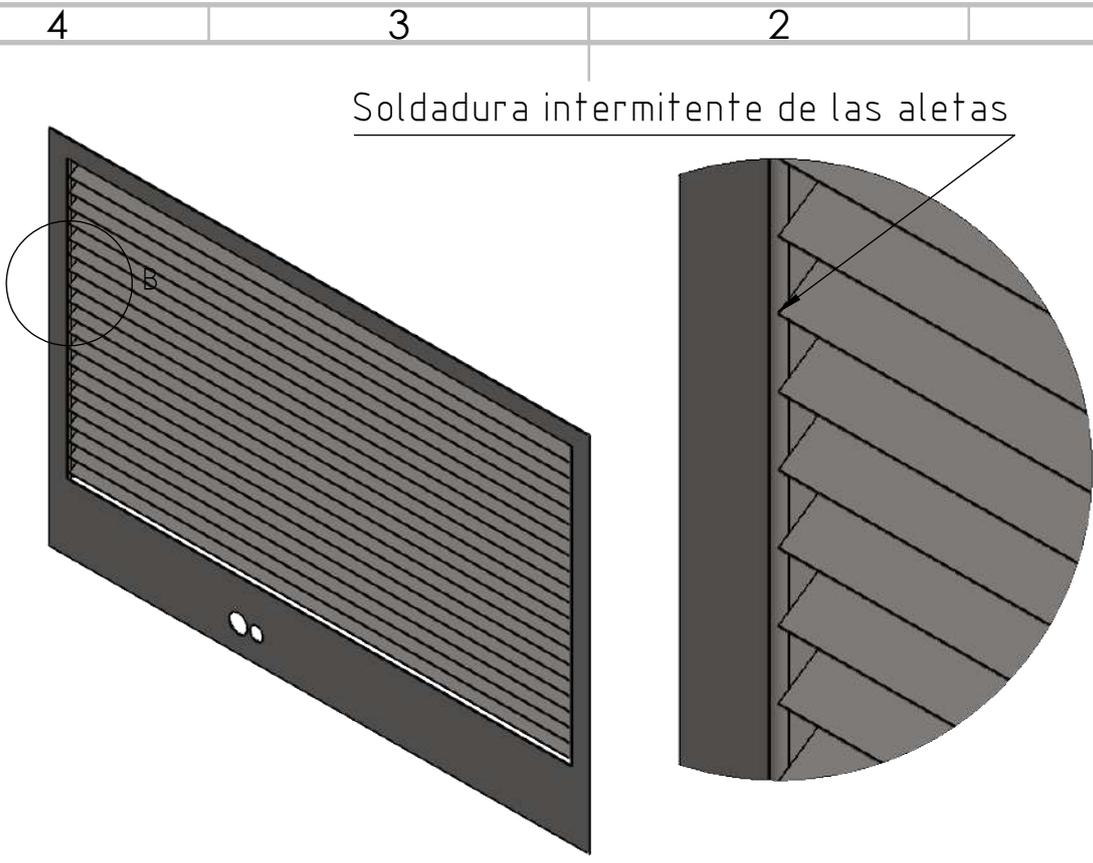


Codigo - Unidad condensadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
Laterales	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 21.01 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1



Codigo - Nombre Proyecto			Dibujó: NN FEB2021	Tolerancias:
Piso	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN FECHA	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 21.85 Kg		Resp.: NN FECHA	



Codigo - Unidad condensadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
Rendija	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 35.31 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

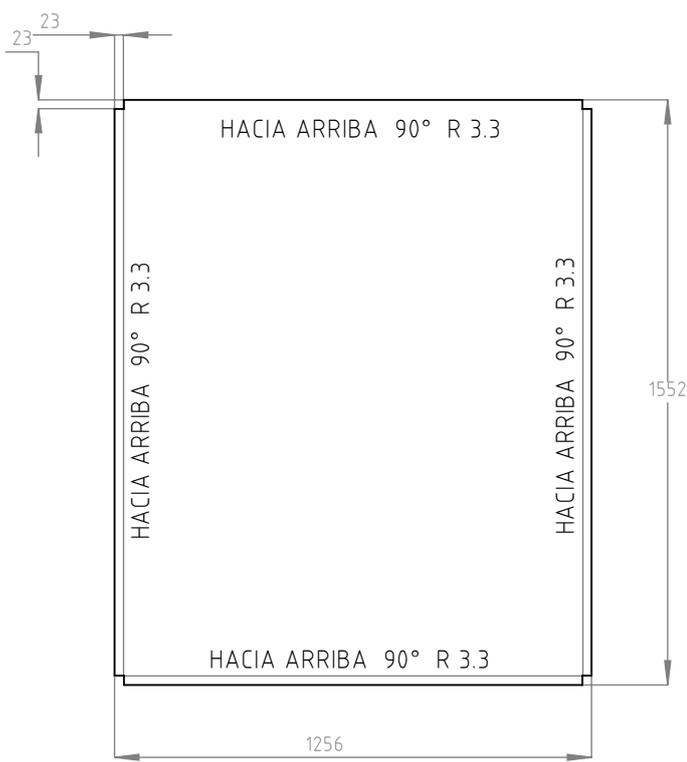
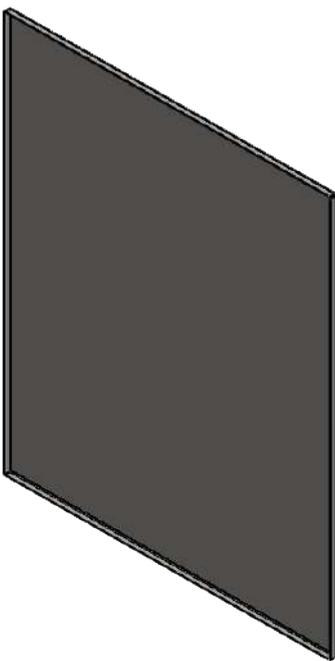
C

B

B

A

A



Codigo - Unidad Condensadora			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
Tapa	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso: 31.13 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	

4 3 2 1

# **PREPARADOR DE SALMUERA**



4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

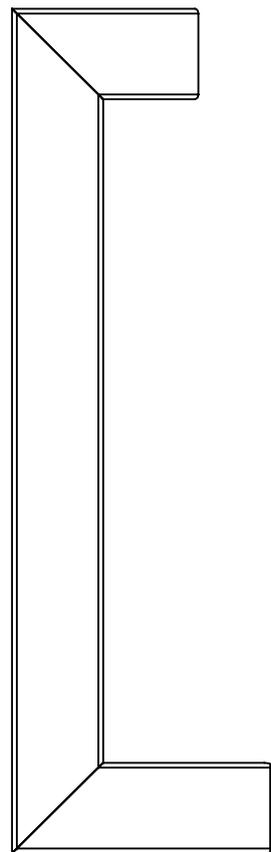
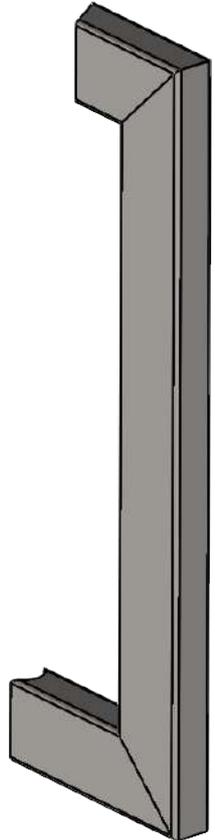
C

B

B

A

A



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Baranda escalera derecha		1
		120 x 60 x 3.2	1
		120 x 60 x 3.2	1
		120 x 60 x 3.2	1



Codigo - Preparador de salmuera		Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
Baranda escalera derecha	Escala: N/A	ISO E	Revisó: NN	AGO 2024
Material: AGO 2024		Peso: 12.49 Kg	Resp.: NN	AGO 2024

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

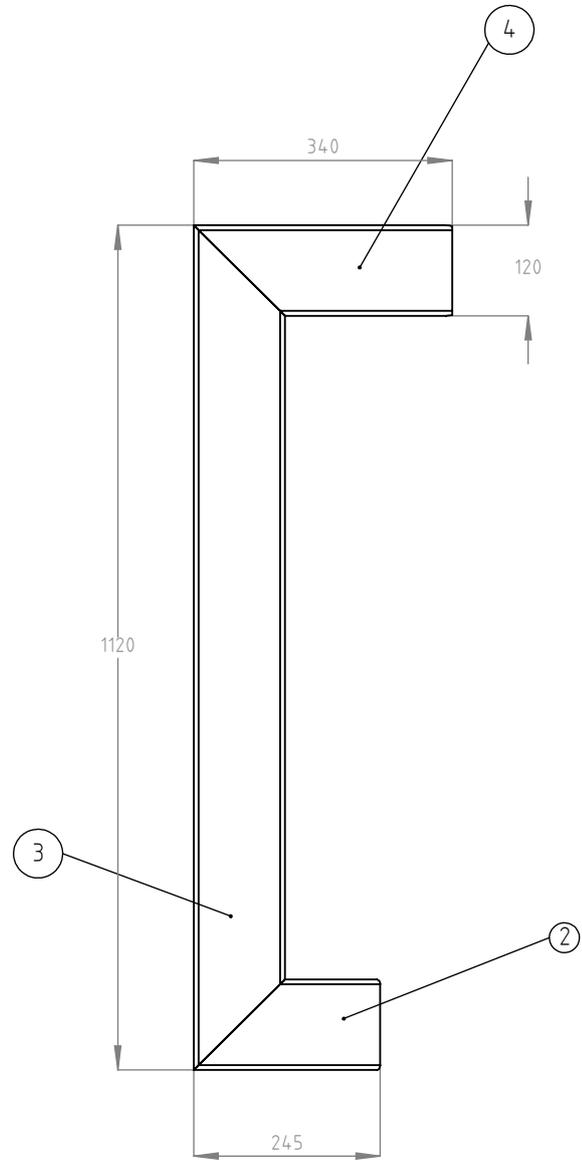
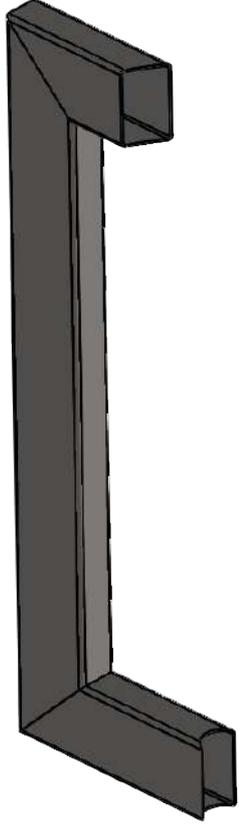
E

D

D

C

C



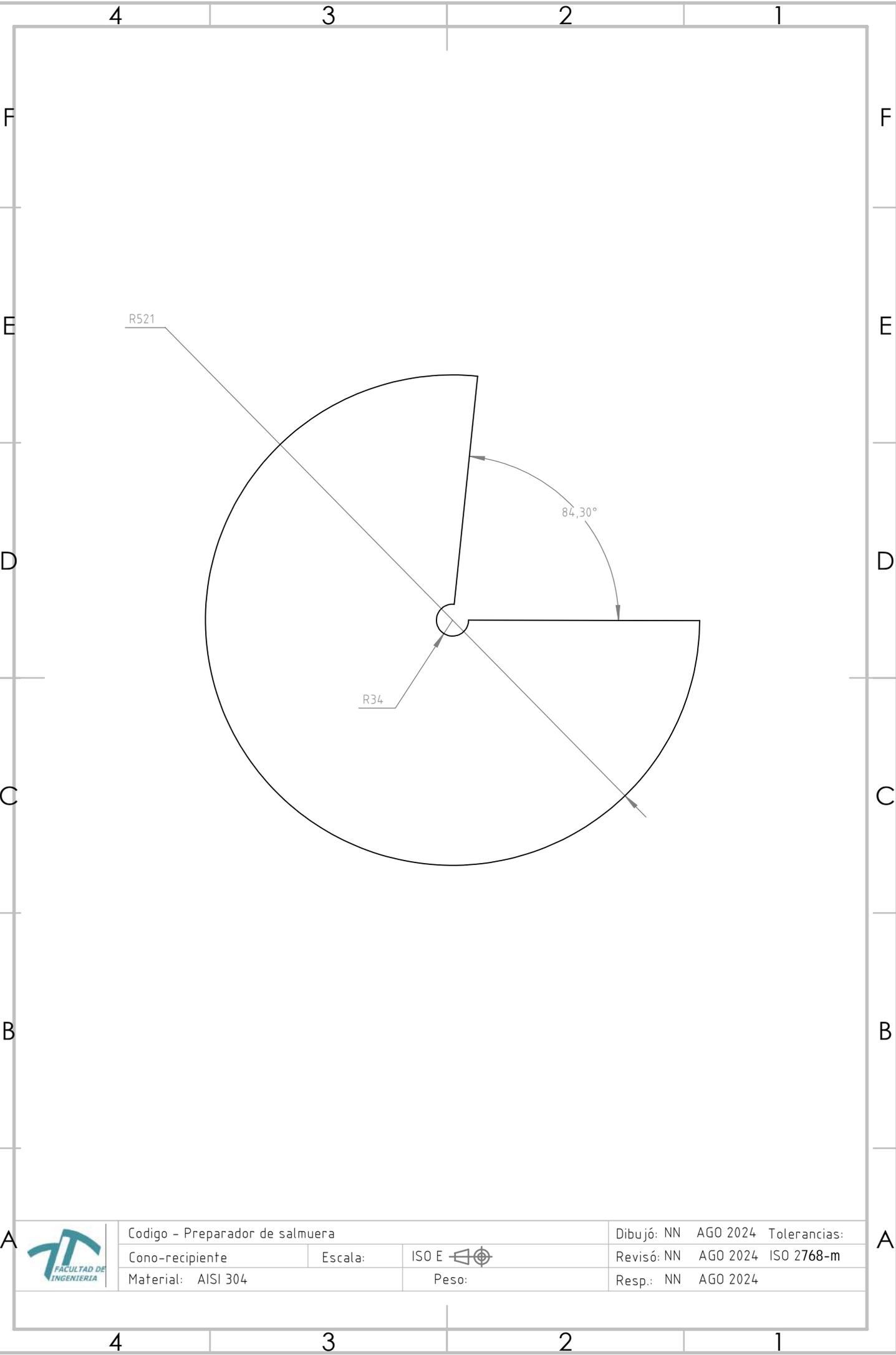
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Baranda escalera izquierda		1
2		120 x 60 x 3.2	1
3		120 x 60 x 3.2	1
4		120 x 60 x 3.2	1

	Codigo - Preparador de salmuera		Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
	Baranda escalera izquierda	Escala: N/A	ISO E	Revisó:	AGO 2024 ISO 2768-m
	Material:	Peso:	Resp.: NN	AGO 2024	

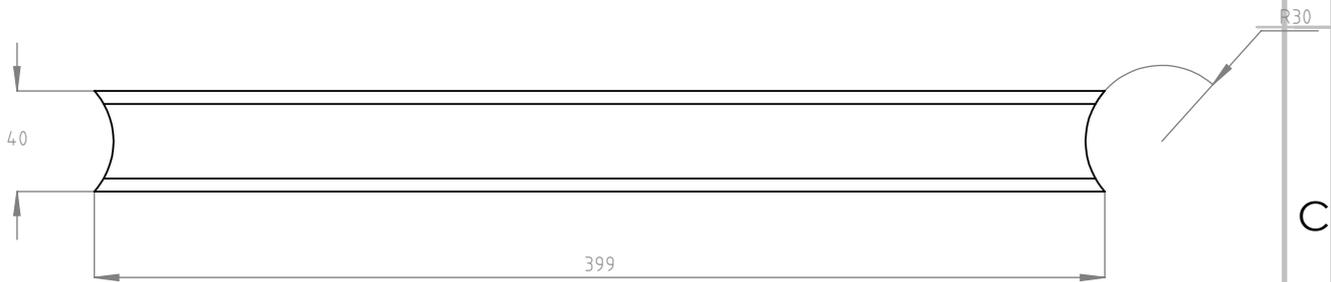
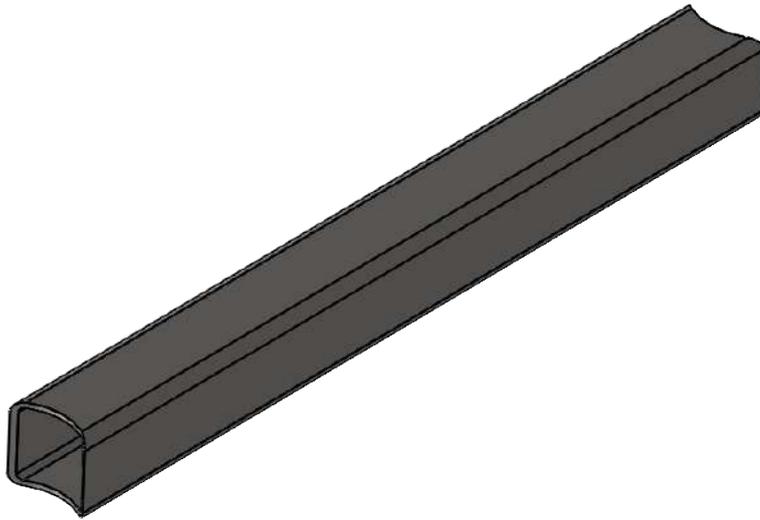
4 3 2 1

A

A

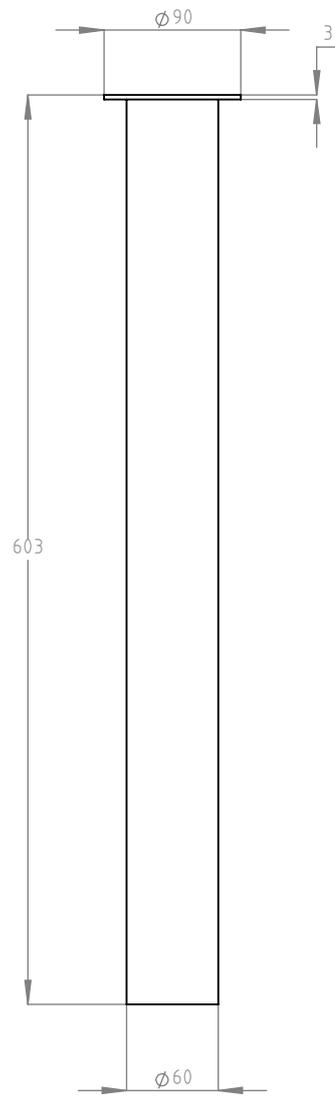
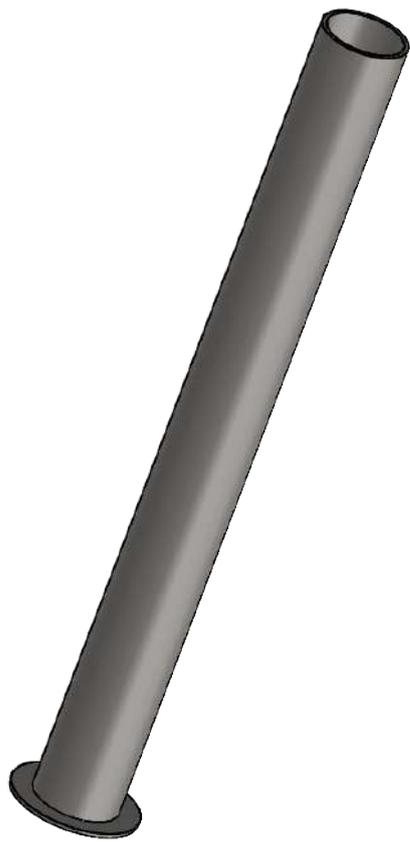


Codigo - Preparador de salmuera		Dibujó: NN AGO 2024 Tolerancias:	
Cono-recipiente	Escala:	ISO E	Revisó: NN AGO 2024 ISO 2768-m
Material: AISI 304	Peso:		Resp.: NN AGO 2024



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructural soporte motor		1
1.1		40 x 40 x 2.6	398.86

	Codigo - Preparador de salmuera		Dibujó: NN FEB2021	Tolerancias:
	Estructural soporte motor	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN FECHA ISO 2768-m
	Material: AISI 304	Peso:	Resp.: NN FECHA	



Código - Preparador de salmuera

Pata recipiente

Escala: N/A

ISO E

Material:

Peso:

Dibujó: NN AGO 2024

Revisó: NN AGO 2024

Resp.: NN AGO 2024

Tolerancias:

ISO 2768-m

4

3

2

1

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

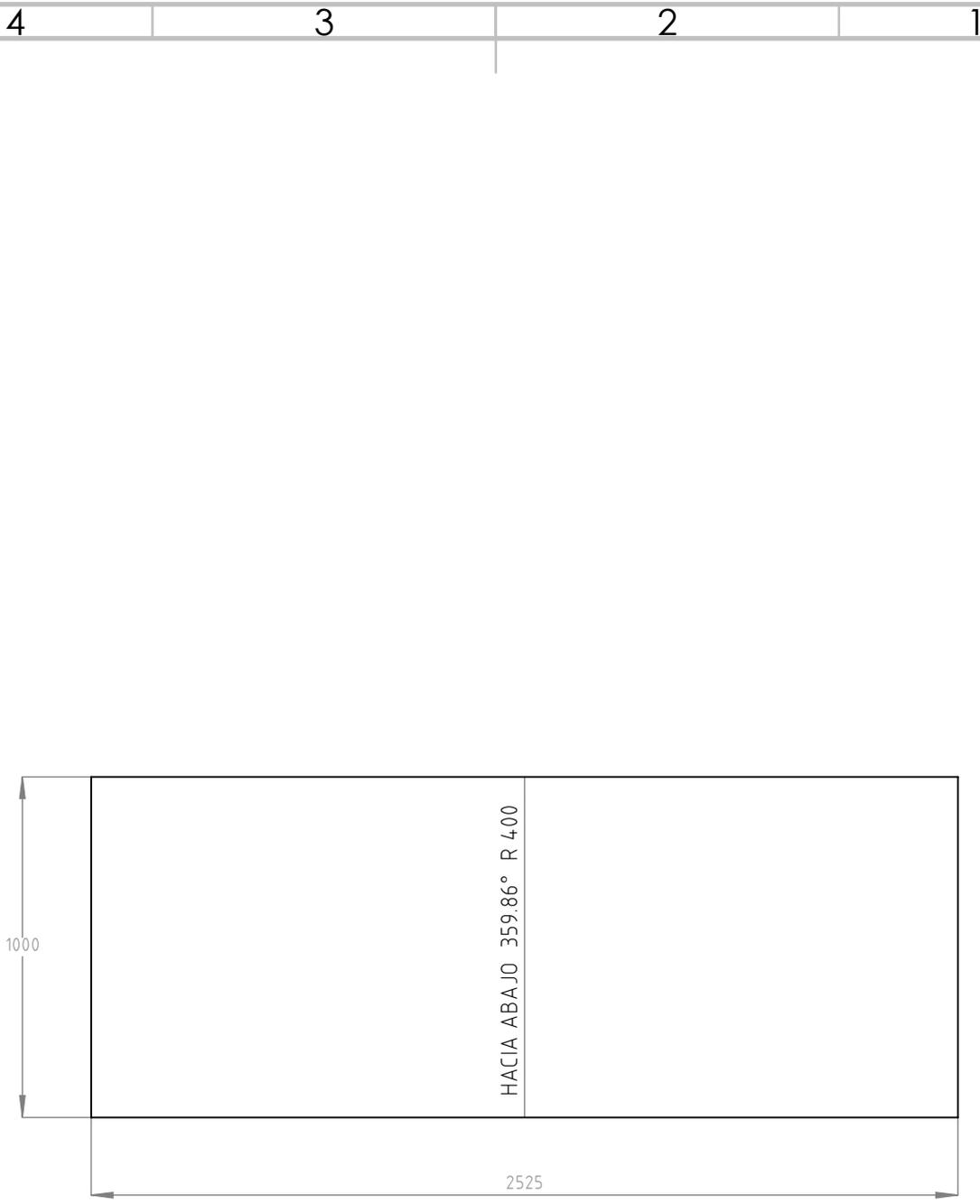
F

4

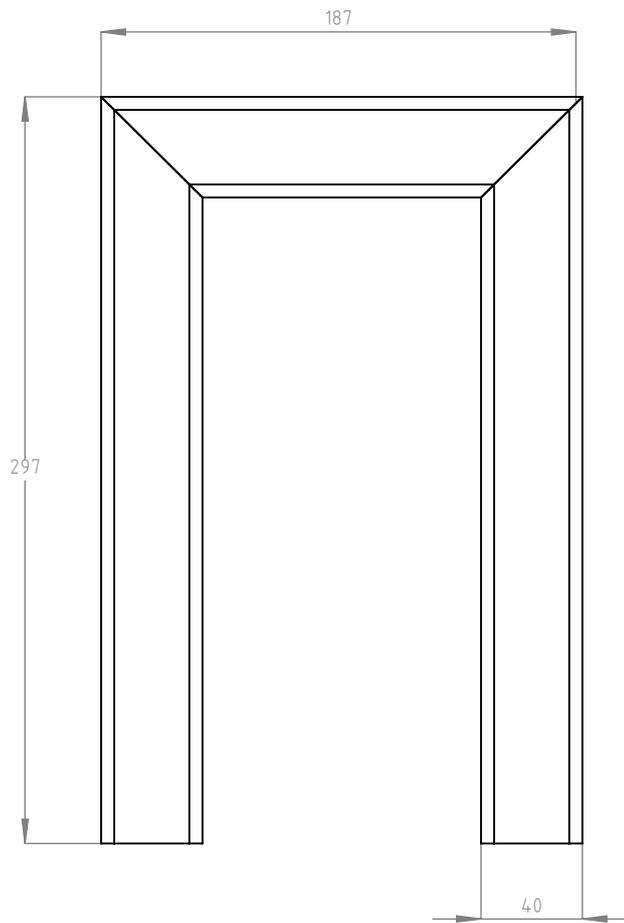
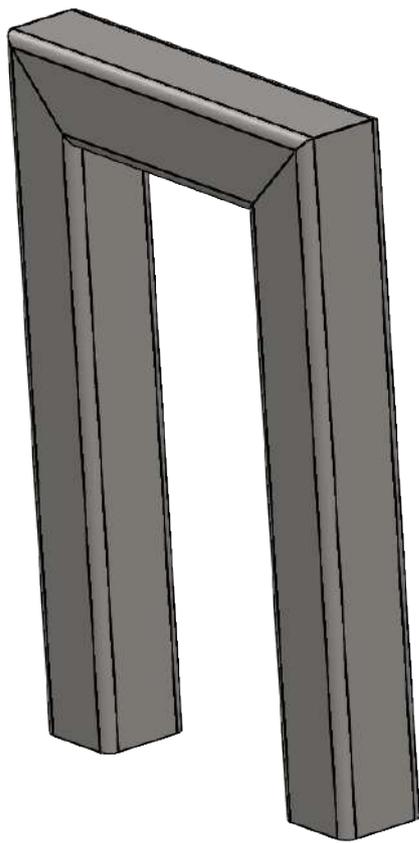
3

2

1

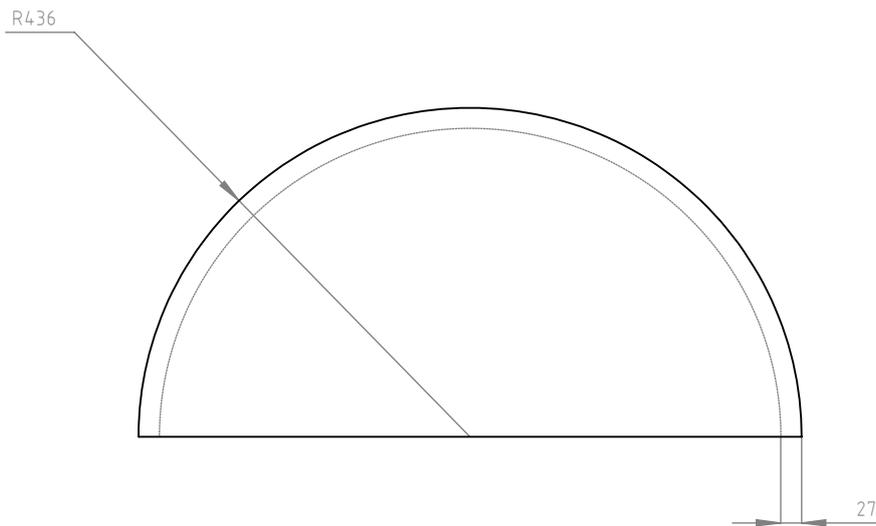
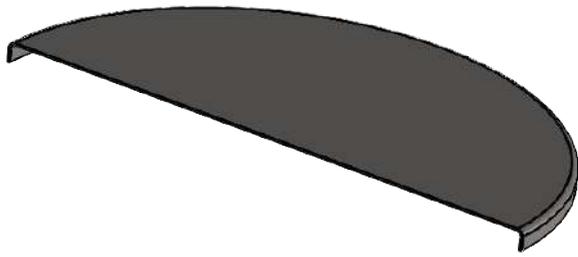


	Codigo - Nombre Proyecto			Dibujó: NN	AGO 2024	Tolerancias:
	Recipiente	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN	AGO 2024	ISO 2768-m
	Material: AISI 304	Peso: 76.27 Kg		Resp.: NN	AGO 2024	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Soporte		1
1.1		40 x 40 x 2.6	2
1.2		40 x 40 x 2.6	1

	Codigo - Preparador de salmuera			Dibujó: NN	AG02024	Tolerancias:
	Soporte	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN	FECHA	ISO 2768-m
	Material: AISI 304	Peso:		Resp.: NN	FECHA	



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tapa preparador		1
1.1		Sheet	1

	Codigo - Preparador de salmuera			Dibujó: NN	FEB2021	Tolerancias:
	Tapa preparador	Escala: N/A	ISO E 	Revisó: NN	FECHA	ISO 2768-m
	Material: AISI 304	Peso:		Resp.: NN	FECHA	