

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**



**TEMA:**

MÁQUINA ENCERADORA DE QUESOS MADUROS PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA.

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

**AUTOR:**

Henry Pablo Valencia Yáñez

**DIRECTOR:**

Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.

Ibarra, 2024



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1002866588		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Valencia Yánez Henry Pablo		
DIRECCIÓN:	Zamora 20-41 y Quito		
EMAIL:	<a href="mailto:hvalenciay@utn.edu.ec">hvalenciay@utn.edu.ec</a>		
TELÉFONO FIJO:	062545053	TELÉFONO MÓVIL:	0992619264

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Máquina enceradora de quesos maduros para la pequeña y mediana industria.
AUTOR (ES):	Henry Pablo Valencia Yánez
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	14/02/2024
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Victor Alfonso Erazo Arteaga

#### 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días del mes de febrero de 2024

EL AUTOR:

  
(Firma).....

Nombre: Henry Pablo Valencia Yánez

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR  
DEL PROYECTO DE TITULACIÓN**

Ibarra, 09 de febrero del 2024

Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga. MSc.

**DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**CERTIFICA:**

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “MÁQUINA ENCERADORA DE QUESOS MADUROS PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA”, que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Henry Pablo Valencia Yáñez, bajo mi supervisión. Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.



.....  
Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.  
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

## APROBACION DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación: "MÁQUINA ENCERADORA DE QUESOS MADUROS PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIA" elaborado por el señor Henry Pablo Valencia Yánez previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte.



.....  
Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga MSc.  
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the bottom.

.....  
Ing. Fernando Vinicio Valencia Aguirre PhD.  
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mi madre Delia, por todo su amor y apoyo incondicional

**Henry Pablo Valencia Yáñez**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre, Delia por su amor, apoyo y sacrificios y mi padre Luis. Sin su apoyo, no habría sido posible llegar a este punto.

También quiero agradecer a mis dos hermanas, Patricia y Tatiana por su amor, apoyo y comprensión. Siempre han estado ahí para mí, a través de lo bueno y lo malo.

Agradezco a mis profesores de la Carrera por su orientación, paciencia y apoyo. Han sido fundamentales en mi formación académica y profesional.

**Henry Pablo Valencia Yáñez**

## RESUMEN

El recubrimiento de los quesos maduros con cera es un proceso que asegura la idoneidad del producto en cuanto a presentación, preservación e higiene y cuando se realiza de forma manual no asegura la adecuada aplicación de la cera y representa un riesgo por la temperatura de la cera líquida durante la manipulación de los quesos, además existe el peligro de explosión si no existe control de la temperatura de la cera. Se propone que este proceso se realice mediante un dispositivo que permita calentar la cera de forma controlada y minimice el contacto del operador con el queso para evitar la contaminación. El diseño propuesto consiste en un tanque contenedor agua caliente donde de forma indirecta se derrite la cera en seis recipientes individuales para colores de cera diferentes. El agua se calentará con resistencias eléctricas controladas mediante un termostato. Los quesos para recubrir se introducen en la cera caliente en canastillas apropiadas para los tamaños de queso, las cuales se sujetan a un soporte movido por cilindros neumáticos que mantienen el queso sumergido en la cera el tiempo requerido por el proceso. Este diseño se realizó buscando que su fabricación sea fácil, tenga durabilidad, bajo mantenimiento y su manejo brinde seguridad y poca dificultad de operación. Se realizaron simulaciones de esfuerzos mecánicos y térmicos para comprobar que el diseño funciona y al final se presenta planos y documentación necesaria para la cotización de materiales, partes y procesos de fabricación, las cuales se presentan como objetivo de este trabajo.

**Palabras clave:** queso, cera, encerado, Baño María, temperatura

**ABSTRACT**

Coating mature cheeses with wax is a process that ensures product suitability in terms of presentation, preservation, and hygiene. However, when done manually, it does not guarantee proper wax application and poses a risk due to the temperature of the liquid wax during cheese handling. Moreover, there is a danger of explosion if wax temperature is not controlled. It is proposed to carry out this process using a device that allows controlled wax heating and minimizes operator contact with the cheese to avoid contamination. The proposed design consists of a tank containing hot water, where the wax is indirectly melted in six individual containers for different wax colors. The water will be heated using electric resistors controlled by a thermostat. The cheeses to be coated are placed in appropriate baskets for their size and submerged in the hot wax. These baskets are attached to a support mechanism driven by pneumatic cylinders, which keeps the cheese immersed in the wax for the required process time. This design was developed with the aim of easy manufacturing, durability, low maintenance, and providing safety and ease of operation.

**Keywords:** cheese, wax, waxing, Water bath, temperature

## Contenido

DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
Índice de Tablas.....	XII
Índice de Figuras.....	XIII
Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Justificación.....	3
Alcance.....	3
Capítulo 1.....	4
Marco Teórico.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Producción quesera en Ecuador.....	4
1.2.1. Generalidades de la producción de queso.....	4
1.2.2. Importancia nutricional y económica del queso.....	7
1.3. Empaque y conservación del queso.....	8
1.3.1. Empaquetado.....	8
1.3.2. Conservación.....	9
1.4. Empaquetado del queso mediante encerado.....	10
1.4.1. Ceras empleadas para recubrimiento de quesos.....	11
1.4.2. Características de las ceras para recubrimiento.....	11
1.4.3. Tipos de ceras.....	12
1.4.4. Métodos de encerado.....	14
1.5. Variables del proceso de encerado.....	18
1.6. Dispositivos para encerado mecanizado.....	19
1.6.1. Dispositivos existentes en el mercado.....	19
Capítulo 2.....	22
Metodología.....	22

2.2. Fase 1: Determinación de los requerimientos necesarios del proceso de encerado de queso.....	24
2.2.1. Ubicación física de máquina para encerado de queso. ....	24
2.2.2. Análisis de un modelo de máquina enceradora de quesos construida en talleres metalmecánicos.....	24
2.2.3. Propuesta de diseño .....	24
2.2.4. Sistema de control.....	25
2.3. Fase 2: Diseño de los mecanismos en base a los requerimientos investigados ..	25
2.3.1. Analizar los requerimientos de usuario .....	25
2.3.2. Análisis funcional y modular .....	25
2.3.3. Selección de solución de diseño .....	25
2.3.4. Modelado CAD.....	25
2.4. Fase 3: Simulación del comportamiento de los elementos mecánicos .....	25
2.4.1. Análisis de cargas estructurales y térmicas del diseño propuesto .....	26
2.4.2. Cálculo estructural del bastidor .....	26
2.4.3. Cálculo de cargas térmicas de recipiente de cera .....	26
2.4.4. Sistema de control.....	26
2.5. Fase 4: Simulación del proceso de funcionamiento y la automatización, análisis de costos .....	26
2.5.1. Simulación de procesos y funcionamiento: .....	26
2.5.2. Cotización de materiales y mano de obra: .....	27
2.5.3. Estructura de costos: .....	27
2.5.4. Documentación y planos:.....	27
Capítulo 3 .....	28
Resultados y análisis.....	28
3.1. Especificaciones del sistema a diseñar .....	28
3.2. Diseño conceptual.....	29
3.2.1. Análisis funcional y modular.....	29
3.2.2. Descripción del diseño .....	30
3.3. Diseño mecánico de máquina de encerado de queso .....	31
3.3.1. Selección de materiales .....	32
3.3.2. Diseño de recipiente de cera y bastidor .....	33
3.3.3. Dimensionamiento de tanque de calentamiento de agua.....	36
3.4. Sistema de calentamiento de cera .....	37
3.4.1. Diseño de sistema de calentamiento.....	38
3.5. Esfuerzos en tanque contenedor de agua de calentamiento .....	44
3.5.1. Condiciones de carga.....	44

3.6. Diseño de mecanismo de inmersión del producto .....	53
3.7. Simulación de sistema neumático.....	64
3.7.1. Sistema electroneumático de movimiento.....	64
3.7.2    Simulación de funcionamiento.....	66
3.7.3    Calentamiento de la cera .....	68
3.8. Análisis de costos.....	72
3.8.1. Costos de materiales .....	72
3.8.2. Costos de mano de obra.....	75
3.8.3. Costos de maquinaria y herramientas utilizados .....	75
3.8.4. Costos directos.....	76
3.8.5. Costos indirectos .....	76
3.8.6. Costo total.....	76
Capítulo 4 .....	77
REFERENCIAS .....	80

**Índice de Tablas**

Tabla 1.1 Composición aproximada de varios tipos de queso (%). [19].....	8
Tabla 1.2 Características de la cera de abeja [24] .....	12
Tabla 1.3 Características de la cera de candelilla [26] .....	13
Tabla 1.4 Características de la cera carnaúba[24] .....	14
Tabla 3.1 Deseos del cliente manifiesta respecto a la máquina para encerar quesos que se pretende diseñar .....	28
Tabla 3.2 Consideraciones de diseño presentadas por ingeniería .....	28
Tabla 3.3 Características técnicas del acero inoxidable austenítico .....	33
Tabla 3.4 Convergencia de resultados cuando se disminuye el tamaño de malla. ....	50
Tabla 3.5 Detalle de costos de materiales mecánicos y electroneumáticos.....	73
Tabla 3.6 Costo total de componentes mecánicos y electroneumáticos.....	74
Tabla 3.7 Costo de mano de obra .....	75
Tabla 3.8 Costos de utilización de maquinaria y equipos .....	75
Tabla 3.9 Costos directos totales .....	76
Tabla 3.10 Costos indirectos .....	76
Tabla 3.11 Costo total de máquina de encerar quesos.....	76

## Índice de Figuras

Figura 1.1 Encerado de queso por inmersión .....	16
Figura 1.2 Encerado de queso por aplicación con brocha .....	17
Figura 1.3 Máquina enceradora de queso con banda transportadora. ....	20
Figura 1.4 Máquina enceradora con depósito y baño de cera. ....	20
Figura 1.5 Máquina para encerado de queso con calentamiento indirecto de cera. ....	21
Figura 2.1 Etapas del proceso de diseño según la norma alemana VDI 2221 .....	23
Figura 3.1 Vista de máquina para encerar quesos .....	31
Figura 3.2 Dimensiones de volumen de cera.....	34
Figura 3.3 Dimensiones generales de recipiente de cera.....	36
Figura 3.4 Distribución de cargas en las paredes internas del contenedor de agua.....	46
Figura 3.5 Distribución de cargas sobre cuerpo de contenedor de agua. ....	46
Figura 3.6 Carga de gravedad y presión hidrostática aplicadas para simulación. ....	47
Figura 3.7 Cargas de aislamiento, recipientes con cera y quesos distribuidas sobre la superficie superior del tanque.....	48
Figura 3.8 Cargas laterales por accesorios (magenta), cilindros neumáticos, columna y vigas (rojo).....	48
Figura 3.9 Restricciones en la base del tanque.....	49
Figura 3.10 Cuerpo de tanque con mallado.....	50
Figura 3.11 Tensiones en el cuerpo del tanque. ....	51
Figura 3.12 Máximo desplazamiento en el cuerpo del tanque. ....	51
Figura 3.13 Mínimo factor de seguridad en el tanque de agua caliente. ....	52
Figura 3.14 Mínimo factor de seguridad entre refuerzo para asentamiento del tanque y la base de este. ....	52
Figura 3.15 Reacciones en la base del tanque .....	53
Figura 3.16 Diagrama de cuerpo libre de Viga móvil. ....	54
Figura 3.17 Diagrama de fuerza cortante .....	55
Figura 3.18 Diagrama de momento flector.....	55
Figura 3.19 Límites de flexión recomendados. ....	57
Figura 3.20 Diagrama presión fuerza para selección de diámetro de émbolo para cilindros neumáticos.....	59
Figura 3.21 Tipos de montaje de cilindros neumáticos y factor de pandeo. ....	60
Figura 3.22 Diagrama de pandeo que muestra la carrera den cilindro neumático en función de la fuerza aplicada. ....	61

Figura 3.23 Velocidad promedio de émbolos.....	62
Figura 3.24 Diagrama de consumo de aire para cilindros neumáticos .....	63
Figura 3.25 Diagrama Grafcet de proceso de encerado de queso .....	66
Figura 3.26 Sistema energizado y con presión de aire en tiempo de espera antes de sumergir los quesos, cilindros extendidos, viga móvil elevada.....	67
Figura 3.27 Cilindros recogidos y tiempo de inmersión corriendo .....	67
Figura 3.28 Inicio de nuevo ciclo con cilindros extendidos y corriendo el tiempo para recolección de quesos encerados y recarga. ....	68
Figura 3.29 Representación de los recipientes de cera dentro del agua de calentamiento indicando sus partes principales .....	68
Figura 3.30 Área por donde fluye el calor desde la masa de agua que rodea a los recipientes de cera. ....	69
Figura 3.31 Temperatura inicial de 20° C en todo el equipo. ....	70
Figura 3.32 Modelo sólido con mallado para análisis térmico.....	70
Figura 3.33 Temperatura de la cera tras 5 minutos de calentamiento .....	71
Figura 3.34 Temperatura de la cera tras 20 minutos de calentamiento .....	71
Figura 3.35 Temperatura de la cera luego de 35 min. ....	72

## Introducción

### Planteamiento del problema

Un tercio de la producción de lácteos en Ecuador se convierte en queso. La industria quesera en el Ecuador, tan solo en el año 2014 representaba un mercado de 243,1 millones de dólares y entre el año 2006 al 2015 el consumo per cápita de queso aumentó de 0,75 kg a 1,57 kg [1], y según el Centro de la Industria Láctea del Ecuador, en el periodo de 2006 a 2017 el crecimiento de consumo de queso ha sido del 126%, pasando de 0,75 kg a 1,75 kg [2] y para el año 2020, este mercado se encuentra en pleno crecimiento en el ámbito económico y cualitativo, tendencia que se mantendría al menos hasta el año 2024 [2].

Existe tradición quesera en el Ecuador desde el año 1896 [3] y el queso maduro sigue ganando más adeptos entre los consumidores por la formalización de la industria, el fortalecimiento de la clase media, por la variedad de sabores que pueden presentar [1], debido al retorno de ecuatorianos al país, quienes han adquirido nuevos hábitos de consumo, el desarrollo de una cultura quesera y la llegada de franquicias extranjeras [2].

El 84,3% de los hogares ecuatorianos consumen queso y aunque se da preferencia al queso fresco, el consumo de queso maduro y semi maduro asciende y se estima que el crecimiento del consumo de queso entre los años 2019 hasta el 2024 será de 5,6% en volumen y 7,1% en valor económico [2]. Estos factores han hecho que el queso sea un producto que se ha revalorizado y sobre todo el queso maduro, producto que se comercializa a un precio medio mayor (13,14 USD/kilo en 2019):-[2].

Este escenario hace atractivo al mercado ecuatoriano para la producción y comercialización de quesos maduros, pudiéndose mencionar a participantes de este sector a las empresas Zulac [1], Quesos El Bueste, [4], El Queso Francés S.A [5], FLORALP S.A, Alpina Ecuador, Salinerito entre otras.

Una de las etapas de producción de los quesos maduros es el encerado, proceso mediante el cual se logra conservar el queso maduro manteniendo la humedad y protegiéndolo de los hongos y bacterias presentes en el ambiente, además de darle una atractiva presentación.[6][7]. Entre los productores queseros de la región, este proceso se lo realiza de forma manual, sumergiendo la pieza de queso en cera caliente [6]. Esta forma de encerar el queso no da un acabado uniforme porque es necesario introducir la pieza de

queso sosteniéndola de una parte que queda sin cubrir de cera, debiendo repetir el proceso para cubrir la parte no encerada previamente [8]. Por otro lado, la manipulación manual de los quesos que van a ser encerados puede contaminar el producto con bacterias, hongos u otros contaminantes, lo cual va en contra de lo que dictaminan las normativas aplicables al sector alimenticio y de la industria láctea, tales como la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2607:2012: Queso Andino Madurado – Requisitos [9], Código de Práctica Ecuatoriano de Higiene para la Leche y Productos Lácteos CPE INEN-CODEX 57:2013 [10], Norma General para el Queso NTE INEN 2829 [11] y Norma General para el Queso CXS 283-1978 - 2018, de la F.A.O [12]. El trabajo debe ser realizado de forma cuidadosa para procurar dar un buen recubrimiento y acabado a la pieza de queso, sumergiéndola en la cera por un tiempo de 6 segundos como mínimo, dejando enfriar por al menos 10 segundos y repitiendo el proceso hasta cubrir enteramente al queso [8], [13]. El encerado manual presenta un riesgo para el trabajador por la exposición a la cera caliente, lo que puede producir quemaduras, debido a que para la aplicación de la cera, esta debe encontrarse a temperaturas entre 107°C y 117°C para garantizar la eliminación de bacterias y las siguientes capas se deben aplicar con cera caliente entre 71°C y 82°C [6], además que la cera al calentarse a estas temperaturas produce vapores que pueden acumularse e inflamarse causando graves daños a quien se encuentre en la cercanía, debiéndose tener un adecuado control de temperatura, recipientes profundos y amplios y un adecuado lugar para el proceso [13]. Para mejorar la presentación y acabado del producto, evitar la contaminación y cumplir las condiciones de seguridad laborales durante el proceso de encerado de queso maduro, se pretende diseñar un dispositivo que reduzca la manipulación manual, que tenga capacidad de encerado acorde a las pequeñas y medianas producciones, además que brinde la seguridad al operador durante este proceso.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar una máquina enceradora de quesos maduros para la pequeña y mediana producción del sector de Zuleta.

### **Objetivos específicos**

- Determinar los requerimientos necesarios del proceso de encerado de queso.
- Diseñar la máquina enceradora de quesos con base en los requerimientos del proceso.

- Simular el proceso de funcionamiento, la automatización y comportamiento de los elementos mecánicos
- Analizar los datos obtenidos mediante la simulación.

### **Justificación**

El encerado manual de quesos no brinda la calidad necesaria de recubrimiento de cera requerida para su comercialización a grandes mercados.

El proceso de encerado de queso realizado de forma manual requiere de la manipulación por parte de un operario, por lo que el queso puede contaminarse con gérmenes perjudiciales para la salud, además que no hay un control adecuado de la temperatura de la cera, necesaria para matar estos elementos contaminantes.

La manipulación manual durante el encerado de queso es riesgosa para el operario por la exposición a material muy caliente y vapores que pueden producir explosión y quemaduras.

La calidad del recubrimiento del queso encerado brinda la seguridad sanitaria requerida para acceder a los mercados nacionales e internacionales a los productores de queso maduro, además, que un adecuado proceso de encerado proporciona seguridad al operador durante el proceso.

### **Alcance**

Diseñar una máquina que cumpla con los requisitos sanitarios y de seguridad del proceso de encerado de queso maduro y generar una memoria de cálculo, planos de conjunto y de detalle, lista de materiales y presupuesto de la máquina propuesta. Se simulará los principales componentes mecánicos sujetos a las distintas cargas mecánicas y térmicas determinadas según los requisitos productivos del cliente. Además, los datos obtenidos serán comparados con publicaciones similares tales como patentes, tesis e información publicada por distintos fabricantes de este tipo de dispositivos.

## Capítulo 1

### Marco Teórico

#### 1.1. Antecedentes

Acerca del diseño de máquinas y dispositivos para encerado de quesos, se ha encontrado la siguiente información:

En "Cheese waxing-why and how. Dairy Engineering", se presentan los aspectos prácticos y ventajas de las máquinas enceradoras de queso y se describen dos diseños desarrollados por el autor, un equipo automático y otro semiautomático, de operación neumática y con control de temperatura y tiempo de inmersión [14].

En "Wax on to protect and preserve", Milk and Juice Online Magazine, se habla acerca de los recubrimientos de cera para quesos y cómo influye la forma de aplicación en reducir el daño físico de las piezas de queso para prevenir la pérdida de humedad y evitar la contaminación [15].

"New waxing device for hard cheese", Scandinavian Dairy Industry presenta el diseño, construcción y montaje de una estación de encerado de queso para la Swedish Company Hansen's Verkstader, con capacidad de encerado de 12 kg de queso en 6 segundos. Después del encerado los quesos se apilan en pallets y se ubican en almacenamientos fríos [16].

#### 1.2. Producción quesera en Ecuador

La producción quesera en Ecuador cuenta con una notable tradición cultural y gastronómica, además de que gana cada continuamente importancia económica. A continuación, se presenta una descripción de su desarrollo histórico, producción e importancia.

##### 1.2.1. Generalidades de la producción de queso

El hombre, desde hace aproximadamente 10000 años en que empieza su sedentarización, ha hecho de la producción agrícola y ganadera la base de su alimentación. Con la domesticación de la vaca, el aprovechamiento de la leche brinda una fuente importante de nutrientes, por lo que se hace necesario conservar este producto y una de estas formas de conservación es la transformación en queso.

Se conoce que existe consumo de queso desde hace miles de años antes de Cristo a través de documentos encontrados en Egipto, Grecia y en zonas del valle del Indo donde florecieron civilizaciones anteriores a la cultura hindú.

El queso en Ecuador tiene una historia muy temprana, habiendo noticias de su consumo tan solo 10 años después de la fundación de Quito y es en 1896 cuando se empieza a producir quesos maduros, en la hacienda “El Sinche”, cuando su entonces propietario Don Aurelio Cordobez comienza la fabricación de queso maduro, gracias a los conocimientos adquiridos en Inglaterra y Suiza. Este primer queso maduro nombrado “Queso Cordobez del Sinche” era un queso de cáscara dura, apto para resistir las condiciones duras de los viajes por los caminos de herradura de la época.[3]. Hacia 1949, en la provincia de Cañar, el maestro quesero suizo Oskar Purtschert comienza la producción de quesos e inicia así la industria quesera nacional. En 1978, por gestión del organismo de Cooperación Técnica Suiza, arriba a Ecuador el maestro quesero Jose Dubach quien funge de asesor en la parroquia Salinas de la provincia de Bolívar. Durante la presidencia de Galo Plaza Lasso, se da el encuentro entre este y el maestro Purtschert en una feria ganadera en Cuenca, y tras el interés mostrado por el presidente en los quesos producido en Cañar, le pide que vaya con él a Ibarra, para elaborar quesos en su Hacienda Zuleta, ubicada en la provincia de Imbabura. Luego de un viaje de Purtschert a Argentina, donde conoce la fabricación de quesos maduros con sabores más suaves, vuelve a Ecuador y en 1964 funda la empresa Floralp S.A “La flor de los Alpes en Ecuador”, la cual se convierte en una importante industria del sector quesero de Ecuador.

### ***Fabricación del queso***

La elaboración del queso consta de las siguientes etapas:

**Recepción de la leche:** La leche debe ser recogida en tarros de material inocuo (aluminio o acero inoxidable), se debe eliminar impurezas mayores mediante un tamizado, y se debe realizar un análisis de la leche para verificar que no contenga adición de agua o sólidos agregados [17].

**Pasteurización:** Con la pasteurización, se controla y elimina cualquier agente bacteriano presente en la leche y se consigue mediante el calentamiento entre 72°C–75°C durante 30 minutos o entre 85°C – 87°C durante 15 minutos [17].

**Enfriamiento:** Después de la pasteurización, la leche se debe enfriar hasta 35°C-38 °C para agregar el cuajo [17].

**Fermentación:** Con la adición de bacterias lácticas se facilita la coagulación y la acidificación de la leche, logrando con ello que se inhiba el desarrollo de microorganismos no deseados [17].

**Agregado de cloruro de calcio:** Para favorecer la coagulación, se agrega cloruro de calcio, con el fin de dar consistencia a la cuajada [17].

**Coagulación:** El cuajo actúa sobre los componentes de la leche para conseguir el paso a estado sólido. Se debe mantener la temperatura constante en el recipiente de trabajo y mediante batido se debe distribuir el cuajo en todo el volumen de la leche [17].

**Corte de la cuajada y batido:** Tras la coagulación, se obtienen la cuajada, que consiste en la proteína de la leche (caseína) y es quien da origen a la masa del queso, por otro lado, se obtiene el suero, que es la parte líquida de la leche y contiene sales, proteínas, minerales, vitaminas lactosa y algo de grasa disuelta. Se obtienen estos productos luego de cortar homogéneamente y batir la cuajada para facilitar la expulsión del suero de los granos de cuajada [17].

**Calentamiento:** Con el calentamiento de la cuajada, la pérdida de suero es más rápida, se da firmeza y elasticidad al grano de cuajada y la fermentación láctica se ve favorecida [17].

**Lavado:** Sirve para disminuir la lactosa, regula la acidez del queso y esta gana elasticidad [17].

**Desuerado:** Se consigue eliminar más cantidad de suero mediante un pre prensado con mallas o telas, además, se elimina aire y se compacta la masa de cuajada [17].

**Moldeo y prensado:** La masa de queso se coloca en moldes que permitan la eliminación de suero aun presente, con esto se da forma y se puede prensar para dar consistencia y endurecer la cuajada [17].

**Salado:** El salado propicia la formación de corteza en la superficie del queso, termina el desuerado, da sabor e inhibe y retarda la formación de microorganismos [17].

**Maduración:** En esta etapa, se dejan los quesos para que se ventilen y que a través del aire y condiciones de temperatura, humedad y tiempo controlado se consiguen los microorganismos tales como levaduras y hongos den sabor y características particulares al queso [17].

**Envasado y etiquetado:** Cuando se ha terminado el proceso de maduración, se procede al envasado y etiquetado del queso para su venta al público. El envasado debe ser en materiales inocuos y de alta calidad, que deben tener un control y permitan el seguimiento del producto. Se puede envasar al vacío, en cajas de madera, cartón,

plástico, cera. El queso se debe mantener a 1°C de temperatura y alta humedad relativa hasta el momento de su comercialización [17].

### 1.2.2. Importancia nutricional y económica del queso

#### *Tipos de queso*

Existe una gran variedad de quesos y se pueden dividir en dos grandes grupos: quesos frescos y quesos maduros. Por otro lado, también se puede agruparlos de acuerdo con sus propiedades nutricionales, características de maduración, por el animal de origen de la leche o por su denominación de origen.

Los tipos de queso más conocidos se presentan a continuación:

**Cheddar:** Es un queso de origen inglés, elaborado con leche de vaca y de textura dura y semigrasa [18]. Su maduración se produce reproduciendo las condiciones de humedad y temperatura que existen en las cuevas de la localidad de Cheddar, en el sureste de Inglaterra [19].

**Gouda:** Es un queso semiduro de origen holandés, producido con leche fresca de vaca con alto contenido de grasa, alrededor del 40%, y se caracteriza por contener agujeros debido al CO<sub>2</sub> producido por las bacterias *Lactococos mesófilos* y *leuconostocos* durante la maduración [19].

#### **Suizo**

**Mozzarella:** Es un queso elaborado con leche de búfala, se puede consumir fresco o seco. Se caracteriza por estar formado por fibras que se hilan después del desuerado y pre prensado producidas por la acidificación de la cuajada [18], [19].

**Cottage:** Es un queso elaborado con leche fresca, desnatada y de bajo contenido de bacterias. Este queso es de consistencia suave y sabor ácido, que se consigue al dividir la cuajada en pequeñas partículas u hojuelas [19].

#### *Importancia nutricional*

El queso es un producto de consumo alimenticio diario que tiene un gran valor nutricional, porque contiene nutrientes esenciales que aportan mucha energía de calidad. La composición nutricional depende de los componentes con los que se ha realizado, tales como el tipo de leche, proceso de elaboración o maduración. El queso contiene importantes cantidades de grasa y caseína (proteína componente de la leche) y pequeñas

cantidades de sólidos disueltos, como lactosa, proteínas y vitaminas. En la Tabla 1.1 se presenta la composición aproximada de algunas variedades de queso:

Tabla 1.1 Composición aproximada de varios tipos de queso (%). [19]

Variedad	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Sólidos (%)	Sal (%)	Calcio (%)	Fósforo (%)	Energía (cal/100 g)
Cheddar	37,5	32	25	2	1,5	0,86	0,6	398
Gouda	38,5	28,5	25,5	2,5	1,5			377
Suizo	38,9	28	27	2	1,5	0,9	0,75	380
Roquefort	39,5	32	22	2	4	0,65	0,45	385
Brick	41	31	22	1,2	1,8			370
Limburguer	45,5	28	22	2	2,1	0,5	0,4	345
Mozarella	54	18	22,1	2,3	0,7			290
Cottage	79,5	0,3	15	0,8	1	0,1	0,15	200

### *Importancia económica*

La industria quesera en Ecuador representa un mercado de alrededor de 240 millones de dólares y ha tenido un constante crecimiento desde 2014, en el orden de más del 100%, debido al aumento del consumo de queso y la apertura de nuevos mercados en el exterior, por lo que se proyecta que continúe este crecimiento hasta más allá de 2024 [1], [2],[5].

El mercado internacional de queso representa una gran oportunidad para los productores nacionales, ya en 2020 Ecuador exportó 281 mil dólares hacia Estados Unidos y Alemania principalmente y las importaciones de queso durante el mismo año fueron de 2,48 millones de dólares, siendo Países Bajos, Italia, España y Estados Unidos los principales proveedores [20].

### **1.3. Empaque y conservación del queso**

El empaque y conservación del queso son aspectos cruciales para garantizar su calidad, frescura y vida útil. En este contexto, se describen diferentes métodos de envasado y estrategias de preservación que aseguran la protección y el sabor característico del queso a lo largo del tiempo

#### **1.3.1. Empaquetado**

El empaquetado consiste en dar una protección al queso mediante una envoltura o reservorio para su transporte y almacenamiento [19]. El empaquetado puede ser realizado para el

almacenamiento del queso o para llevar el producto directamente al consumidor. El empaque debe ser capaz de:

- Proporcionar protección general
- Evitar la pérdida de humedad
- Dar buena apariencia al producto
- Proteger de la presencia o proliferación de microorganismos
- Prevenir la oxidación del producto.

Existen varios tipos de empaques para las diferentes variedades de queso, Los materiales para empackado más utilizados son:

- Plásticos: plásticos porosos que permiten la respiración del producto, impermeables, plásticos tratados con antimicóticos.
- Papel: papel diseñado para envoltorio de quesos, pueden ser papeles porosos que permiten la respiración del queso, papel para congelador, el cual por su robustez resiste la humedad, papel pergamino que sirve como empaque para quesos de corteza firme.
- Ceras: parafina que permite la respiración del producto, parafinas impermeables.

La selección del tipo de empaque depende del tipo de queso y el tiempo de conservación que se requiere antes del consumo.

Se debe asegurar que todos los materiales para empackado se conserven limpios y esterilizados antes de su utilización, el área de trabajo debe estar libre de contaminación, la manipulación debe minimizarse en lo posible y se recomienda que siempre se lleve un registro de lotes empackados y materiales utilizados para tener trazabilidad del producto [6].

Los empaques deben tener como mínimo la identificación del producto, información necesaria para identificar al productor, declaración del contenido de grasa de la leche, la fecha de producción y fecha de caducidad del producto, número de lote, registro sanitario e información nutricional requerida por la autoridad de control [11].

### **1.3.2. Conservación**

Los quesos se pueden clasificar entre quesos frescos y quesos maduros.

Se denomina queso fresco a aquellos que tienen un tiempo de vida corto, menor a 60 días y que puede extenderse mediante refrigeración o inmersión en aceite. Su contenido de humedad varía entre el 40-80% y deben ser elaborados con leche pasteurizada[6].

Los quesos maduros son aquellos que han pasado por un proceso de maduración o afinado, donde mediante procesos bioquímicos que involucran actividad microbiológica, se activan enzimas que actúan sobre los componentes de la leche para retardar su degradación natural [6]. Con la maduración, se consigue que aquellos quesos que no serán consumidos frescos, se puedan almacenar y consumir después que hayan mejorado sus características, lo que les proporciona mayor valor comercial y propiedades que son apreciadas, tales como mejor sabor o consistencia.

Los quesos maduros se clasifican a continuación [6]:

- *Quesos madurados desde la superficie*: estos quesos se maduran por acción de la temperatura, control de humedad y bacterias agregadas a la leche con que se elaboran. El queso Camembert es un ejemplo de este tipo de queso.
- *Quesos madurados desde el interior*: son quesos madurados por acción de esporas del tipo *Penicillium* que le dan el color azul característico en forma de vetas mientras que la textura depende de la humedad del queso. Los quesos azules, Roquefort, Gorgonzola son ejemplos de este tipo de maduración.
- *Quesos madurados por bacterias superficiales*: son quesos que son lavados durante el proceso de maduración y presentan su corteza manchada o de color naranja. Las bacterias que se impregnan en la superficie durante el lavado le dan al queso mucho aroma y sabor fuerte y picante. Entre estos quesos se puede mencionar al Limburguer, Gruyere, Beaufort.
- *Quesos madurados por bacterias desde el interior*: son quesos semi duros o duros que sirven para rallar, con alto contenido graso y poca humedad. Se elaboran con baja humedad y un pH estable durante su proceso de maduración. Son ejemplos de este tipo de queso el Cheddar, Provolone y Suizo.

#### **1.4. Empaquetado del queso mediante encerado**

El encerado es un método de empaquetamiento y conservación que provee al queso de una barrera de protección que evita la pérdida de humedad y el contacto con el aire del ambiente [6], le da forma, agradable presentación al queso y durante el proceso de encerado se eliminan agentes patógenos con el fin de alargar la vida del producto [21].

#### **1.4.1. Ceras empleadas para recubrimiento de quesos**

Las ceras son una clase de lípidos heterogéneos que contienen hidrocarburos y otras sustancias no polares. Las ceras provienen de fuentes animales o vegetales y del procesamiento de hidrocarburos minerales. Las ceras de origen animal y vegetal son una mezcla de ácidos grasos de cadena larga, ésteres, alcoholes alifáticos e hidrocarburos orgánicos. Las ceras de origen mineral son compuestas principalmente de hidrocarburos parafínicos [22].

Se utilizan las ceras como recubrimientos de quesos duros y semiduros que son sometidos a maduración, y se utilizan colores y texturas diferentes para identificar las diferentes variedades de quesos.

#### **1.4.2. Características de las ceras para recubrimiento**

Las ceras utilizadas para recubrimiento deben tener al menos las siguientes características [23]:

- Ser poco propensa a la fractura debido a fuerzas externas.
- Alta flexibilidad
- Baja permeabilidad al vapor de agua.
- Buenas propiedades de fluencia
- Apropiado tiempo de congelación
- Película cerrada y continua, libre de agujeros.
- Apropiada adhesión al queso
- Resistencia a la presión
- Estabilidad de colorantes y pigmentos
- Bajo arrastre durante el transporte por bandas transportadoras y partes de máquinas.
- Buenas propiedades al ser cortada
- Capacidad de no bloquear conductos
- Bajo impacto ambiental.

Todas las ceras utilizadas para aplicaciones alimenticias deben tener certificación de uso seguro en alimentos otorgada por el organismo competente.

Es una práctica común reemplazar las ceras de origen mineral para recubrir quesos, con ceras de ácidos grasos, triglicéridos y ceras microcristalinas, con el fin de evitar defectos en el recubrimiento.

### 1.4.3. Tipos de ceras

Las ceras más comunes utilizadas para el encerado de quesos son la cera de abeja la cera de candelilla, la cera de parafina [22] y la cera carnaúba [24].

#### *Cera de abeja*

La cera de abeja es un sólido cuyo color varía de pardo grisáceo a amarillo, posee un sabor débil y agradable aroma a miel [25]. Es la cera natural más antigua conocida y utilizada por el hombre. Es producida por los insectos del grupo *Apidae*, siendo el producto final del metabolismo de la abeja melífera (*Apis mellífera*), que la segrega desde ocho glándulas de su abdomen[24]. Esta cera tiene una dureza moderada, es plástica y maleable cuando se calienta y las superficies cortadas tienen un tono mate. Es ligeramente soluble en solventes orgánicos y completamente soluble al alcanzar su punto de ebullición. Se utiliza como base para emplastos, ungüentos, lustres para pisos, muebles, en recubrimientos impermeables para alimentos, gomas de mascar, injertos y barnices. Sus características principales se presentan en la tabla 1.2:

Tabla 1.2 Características de la cera de abeja [24]

Característica	Valor	Unidad
Punto de fusión	61 -65	°C
Índice de acidez	17 - 24	mgKOH/g
Índice de saponificación	87 - 102	mgKOH/g
Índice de ésteres	70 - 80	mgKOH/g
Índice de relación	3,3 - 4,3	

#### *Cera de candelilla*

La cera de candelilla se obtiene de las plantas *Euphorbia antisiphilitica* que crecen como arbustos en los desiertos del sur de California, Arizona, norte de México y regiones áridas de Centro y Sur América. Se obtiene hirviendo las hojas y los tallos de esta planta en ácido sulfúrico, después se recoge el material que flota en la superficie para ser enfriado y solidificado, permaneciendo así entre los

20 – 80 °C, a continuación, se retira los exteriores de la cera solidificada, que contiene las impurezas y el resto se vuelve al proceso de ebullición con ácido sulfúrico, a esta cera líquida se la filtra y prensa para obtener el producto comercial [24]. La dureza de esta cera depende de la proporción de sus componentes, así como su impermeabilidad al agua, brillo y temperatura de fusión. Se utiliza para la fabricación de cosméticos, en la industria farmacéutica y en la industria alimentaria como recubrimiento de frutos u hortalizas por su alta permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono del aire ambiental, lo que mantiene niveles adecuados de estos gases dentro de la cobertura, evitando el desarrollo de sabores extraños por causa de la proliferación de microorganismos [26]. Sus características se presentan en la tabla 1.3:

Tabla 1.3 Características de la cera de candelilla [26]

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Punto de fusión	67 - 79	°C
Índice de acidez	17 - 24	mgKOH/g
Índice de saponificación	35 - 87	mgKOH/g
índice de Yodo	14 - 27	mg I <sub>2</sub> /g

### ***Cera de parafina***

La cera de parafina es una mezcla de hidrocarburos sólidos derivados del petróleo y refinados para su uso alimenticio. Las especificaciones para las ceras producidas a partir del petróleo se encuentran detalladas en el Code of Federal Regulations (Código de Regulaciones Federales), Título 21, volumen 3, parte 178, de la Food and Drugs Administration (Administración de Alimentos y Medicamentos) de los Estados Unidos de América. Entre estos requisitos se pueden mencionar los límites de absorción de rayos ultravioleta, la cantidad de polímeros residuales presentes, la cantidad de antioxidantes, presencia de estabilizadores y presencia de poliacrilatos [27].

### ***Cera carnaúba***

La cera de la palma de carnaúba (*Copernicia Cerifera*) es de las ceras más importantes económicamente como por sus aplicaciones. La palma de cera o *carnaubeira* es una planta originaria de Brasil y difundida en las zonas subtropicales de Sur América. La cera se extrae de las palmas en los meses de

septiembre y diciembre, las hojas en su interior contienen una cera de color amarillo claro y en el exterior, de color gris verdoso o gris marrón. Las hojas extraídas se secan de manera natural, al sol o con métodos artificiales, tras lo cual la cera se extrae de forma mecánica sacudiendo las hojas secas. Esta cera contiene muchas impurezas, por lo que se funde para retirar este material no deseado, el cual queda atrapado en el bloque de cera sólida, y puede ser separado al eliminar las superficies de los bloques de cera, después, se puede blanquear con aditivos [24]. Las características de la cera carnaúba y sus tipos se presentan en la tabla 1.4

Tabla 1.4 Características de la cera carnaúba[24]

Características	Tipo 1: Flor	Tipo 3: Refinada	Tipo 4: Gris - Grasa centrifugada	Tipo 4: Gris - Grasa filtrada	Unidad
Punto de fusión	83	82,5	82,5	82,5	°C
Punto de solidificación	80	79	79	79	°C
Insolubles	0,2	0,2	0,5	0,5	%
Indice de acidez	2 - 6	4 - 10	4 - 10	4 - 10	mg KOH/g
Indice de saponificación	78 - 88	78 - 88	78 - 88	78 - 88	mg KOH/g
Indice de éster	75 - 85	78 - 85	78 - 85	78 - 85	mg KOH/g
Color visual	amarillo claro	amarillo anaranjado	marrón oscuro	marrón oscuro	
Punto de inflamación	>320	>299	>299	>299	°C

La cera carnaúba se utiliza ampliamente en la producción de agentes conservantes y de limpieza, en la industria farmacéutica como recubrimiento para píldoras, como agente de desmoldeo en panadería y confitería y para la producción de goma base para el chicle.

Las ceras mencionadas normalmente se utilizan mezcladas con otros polímeros o con proteínas y gelatinas en el caso de la cera de abeja, con el fin de mejorar sus propiedades de dureza y permeabilidad al oxígeno, al CO<sub>2</sub> y al agua.

#### 1.4.4. Métodos de encerado

El queso que se destinará para ser recubierto con cera deberá tener una firmeza adecuada y si es posible, que tenga una corteza, por lo que los quesos blandos no son aptos para ser encerados. La superficie del queso debe estar limpia y libre de mohos u otros microorganismos que puedan crecer debajo de la cobertura y que puedan impedir la adherencia de la cera provocando su ruptura. La superficie del queso también debe estar libre de grasa, porque esta impide la correcta adherencia de la capa de cera y se pueden

formar porosidades por donde se escapará la grasa caliente. Es importante que el queso deba estar seco, se debe evitar la presencia de cualquier capa de humedad que haya quedado debido al almacenamiento en frío para evitar la formación de cráteres en la superficie de la cera de cubierta. Se debe evitar la presencia de grietas o rupturas en la superficie del queso que puedan atrapar aire y producir irregularidades en la superficie de la cubierta de cera, el calor hace que se expanda el aire de estos espacios y al enfriarse pueden provocar cráteres y fracturas en el recubrimiento [15].

Por otro lado, la cera líquida en el tanque o depósito no debe tener la presencia de burbujas o espumas las cuales que son evidencia de contaminación por agua, pudiéndose corregir esto drenando el agua del reservorio antes de colocar la cera y evaporando el agua mediante calentamiento de la cera a 115°C.

Después de que se haya enfriado la cubierta de cera, se debe cubrir la superficie del queso encerado con una cubierta de plástico que debe estar limpia, seca y ser de un material inocuo.

El método de encerado depende de la cantidad de quesos a ser recubiertos, siendo el encerado manual la forma más simple de aplicación.

### ***Encerado manual***

El encerado manual se puede realizar mediante inmersión del queso en el recipiente de cera caliente o mediante aplicación de la cera por medio de una brocha. Se requiere que el recipiente de cera tenga la profundidad adecuada para cubrir totalmente la pieza de queso, lo cual limita el tamaño de queso a cubrir.

El proceso de encerado manual por inmersión consiste en los siguientes pasos:

1. Colocar la cera sólida en un recipiente con la profundidad adecuada para que no rebose la cera cuando se sumerja el queso en su totalidad.
2. Para una cobertura inicial, la cera debe ser calentada a una temperatura de entre 107 – 116 °C mediante un calentamiento indirecto, con esto se consigue eliminar la humedad residual y se destruyen bacterias y microorganismos presentes. Se debe tener cuidado en no sobrepasar esta temperatura puesto que existe el riesgo de explosión [6].
3. Sumergir el queso en la cera líquida sosteniéndolo en una esquina con los dedos, teniendo la precaución de no tocar con estos la cera caliente. Se

debe evitar la formación de una capa gruesa de cera, es preferible que la cubierta formada sea delgada.

4. Retirar el queso de la cera caliente y espere 10 segundos hasta que la cera se enfríe y endurezca.
5. Sumergir el queso cambiado el lugar de sujeción para sumergir la zona no cubierta que sirvió para sostener el queso en la inmersión anterior.
6. Revisar que en la superficie de la cubierta no haya burbujas, cráteres, irregularidades o defectos.
7. Repetir el paso 1 con una temperatura de  $71 - 82^{\circ}\text{C}$  [6] para cubrir defectos, alcanzar un espesor uniforme y dar acabado.
8. Retirar el queso y dejar enfriar sobre una rejilla o papel encerado.
9. Guardar el queso en un lugar frío o en refrigeración.
10. Etiquetar el queso según los requerimientos de la autoridad competente [11].

Se presenta en la Figura 1.1 un ejemplo de encerado manual por inmersión:



*Figura 1.1 Encerado de queso por inmersión [28]*

El método de encerado manual por aplicación con brocha consiste en los siguientes pasos:

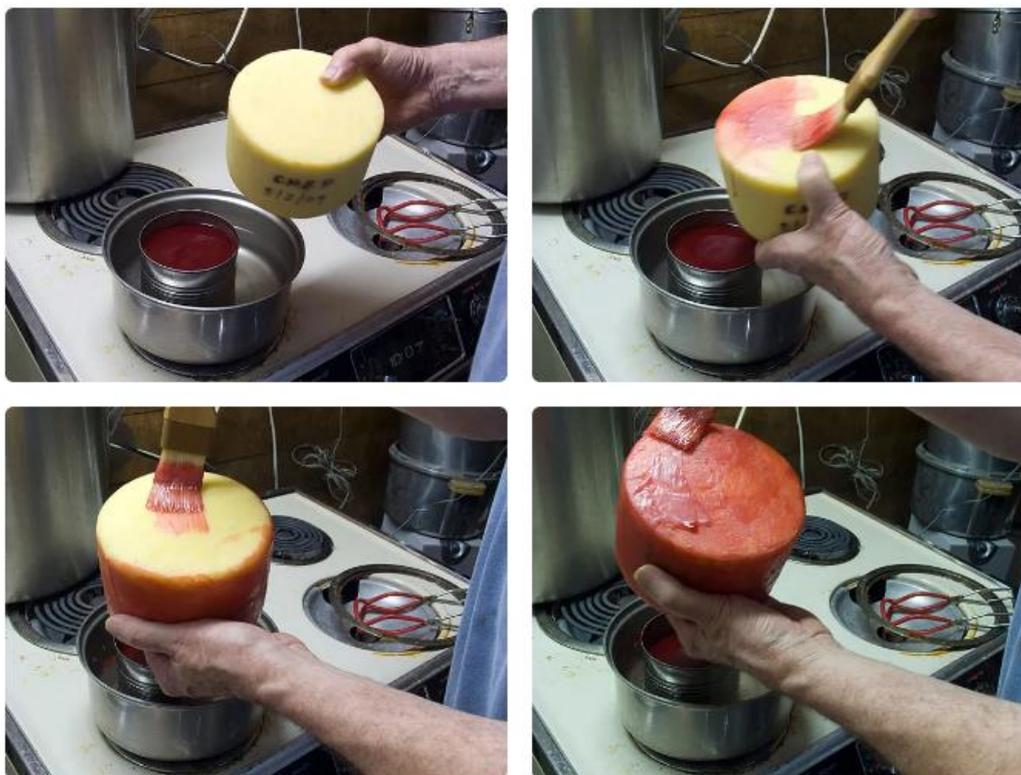
1. Colocar la cera sólida en un recipiente con la profundidad adecuada, la cera debe ser calentada a una temperatura de entre  $107 - 116^{\circ}\text{C}$  mediante un calentamiento indirecto y no debe dejarse de prestar atención al recipiente, ya que existe el riesgo de explosión[6].
2. Cubrir el queso con dos capas de cera utilizando una brocha limpia, adecuada para uso alimenticio. Rellene cualquier orificio o grieta para

evitar atrapamiento de aire. Se recomienda que primero se cubra el perímetro del queso, luego las caras planas.

3. Dar un tiempo de secado entre aplicación de capas, normalmente no menos a 10 s.
4. Repetir la aplicación de cera con la brocha hasta alcanzar un espesor uniforme, sin defectos y con buen acabado.
5. Se puede aplicar una etiqueta en la cubierta de cera, cubriéndola mediante aplicación de la cera con brocha para integrarla en la superficie de cera.
6. Guardar el queso en un lugar frío o en refrigeración.
7. Etiquetar el queso según los requerimientos de la autoridad competente [11].

El queso encerado puede ser consumido retirando la capa de cera de cobertura.

Se presenta en la Figura 1.2 un ejemplo de encerado manual por aplicación con brocha.



*Figura 1.2 Encerado de queso por aplicación con brocha [13]*

El encerado manual se utiliza cuando se quiere hacer cobertura con cera en forma casera, artesanal y en bajas cantidades y con quesos de dimensiones pequeñas. Algunas desventajas son el poco control de la temperatura de la cera, puesto que se producen pérdidas por evaporación o falta de adherencia si la temperatura es menor a la requerida para su adecuada aplicación. También existe el riesgo de quemaduras, puesto que se requiere la manipulación del queso dentro de la cera caliente, además de la presencia de vapores de cera que pueden acumularse y producir una explosión.

### ***Encerado mecanizado***

Cuando la producción de queso encerado es grande, se requiere que el proceso sea mecanizado. Se han desarrollado equipos que permiten tasas de producción por encima de 5000 quesos por hora, además, estos equipos permiten un control adecuado de la temperatura de la cera mediante el calentamiento indirecto controlado con termostatos y sensores, lo que reduce la pérdida de cera por evaporación y se tiene una adecuada adherencia al mantenerse la temperatura estable [15].

El encerado del queso se realiza básicamente de la misma manera que el encerado manual, calentando la cera y sumergiendo el queso dentro de esta, pero proporcionando el control de temperatura y el tiempo de inmersión, además de dotar de los dispositivos y mecanismos necesarios para reducir la intervención de la persona en el proceso. Para los procesos mecanizados de encerado, se requieren ceras de rápido enfriamiento.

El proceso de encerado mecanizado reduce la manipulación del queso, el riesgo de contacto con la cera caliente y el arduo trabajo manual requerido para este proceso, además que permite incrementar la capacidad de producción y el tamaño de los quesos a procesar[28].

### **1.5. Variables del proceso de encerado**

En el encerado del queso, sea en su forma manual o mediante máquinas, se puede observar que la temperatura de la cera es un factor importante en el proceso, porque la destrucción de microorganismos y bacterias, la eliminación de la humedad residual y la correcta adherencia de la cera en la superficie del queso dependen de que la temperatura de la cera sea la adecuada.

En segundo lugar, el tiempo de inmersión también es una variable por considerar en el proceso de encerado, puesto que la cantidad de cera que se adhiere a la superficie del queso será mayor o menor de acuerdo con cuanto tiempo el queso queda sumergido en la cera caliente, pudiéndose variar el espesor de la cubierta dando varias inmersiones al queso dentro de la cera caliente, pudiendo variar la cantidad de cera de entre el 2% al 10% del peso del queso [15].

## **1.6. Dispositivos para encerado mecanizado**

Los dispositivos de encerado mecánicos para queso automatizan el proceso de aplicación de cera caliente sobre los quesos, mejorando la eficiencia y calidad en comparación con el encerado manual. Utilizan cilindros neumáticos o sistemas eléctricos para controlar el movimiento del soporte de los quesos durante el proceso. Permiten ajustar tiempos de inmersión y secado para adaptarse a diferentes tipos de quesos, garantizando una cobertura homogénea y adecuada. Estos dispositivos son esenciales para la presentación, preservación e higiene del queso, optimizando el proceso en la industria quesera

### **1.6.1. Dispositivos existentes en el mercado**

Existen una gran variedad de máquinas para encerado de quesos y otros alimentos, basadas en la inmersión o en el baño del queso por aspersion.

En la Figura 1.3 se presenta una máquina de encerado que arrastra el queso mediante una banda transportadora hacia un depósito con cera caliente líquida, donde se recubre en su totalidad en la misma banda, tras lo cual es llevado a enfriar en el trayecto hasta la zona de recogida donde un operario retira el queso de la banda y lo coloca en una bandeja.

En la Figura 1.4 se presenta una máquina de encerado donde el queso es sumergido y bañado desde arriba con cera, dentro de una cámara, a continuación, se enfría la cera durante 20 s en el trayecto hasta el lugar donde el operario retira el queso de la máquina.

En la Figura 1.5 se presenta una máquina para encerado que consiste en un tanque con aislamiento que contiene agua, la cual calienta de forma indirecta al depósito de cera, en donde se sumerge al queso mediante canastillas.



*Figura 1.3 Máquina enceradora de queso con banda transportadora.*

*Al fondo de la imagen se puede apreciar a los quesos sin recubrir, al centro de la imagen está la cuba con cera caliente líquida donde se sumergen y recubren con cera, a la izquierda, aparecen los quesos recubiertos llevados hacia el sitio de recogida mientras se enfrían[28]*



*Figura 1.4 Máquina enceradora con depósito y baño de cera [29].*

*Se aprecia en la imagen cuando los quesos ingresan a una cámara donde se sumergen en cera a la vez que son bañados desde la parte superior con cera.*



*Figura 1.5 Máquina para encerado de queso con calentamiento indirecto de cera [30].*

*La máquina consta de dos recipientes que contienen la cera líquida, donde se sumergen los quesos, sumergidos dentro de otro recipiente que los calienta de forma indirecta.*

## Capítulo 2

### Metodología

El presente capítulo describe la forma en que se ha realizado la investigación y desarrollo del diseño de una máquina para encerar quesos. Se muestra el proceso que inicia con la búsqueda de información de elaboradores de queso, información bibliográfica y normas, análisis de datos e interpretación de resultados obtenidos.

#### 2.1. Modelo de la investigación

El trabajo de diseño consiste en transformar una idea o necesidad en una propuesta de producto que puede interpretarse y entenderse de manera que pueda ser ejecutada o construida. Los diferentes autores y literatura especializada presentan tres metodologías que se pueden aplicar a las actividades de diseño [31]. Estas metodologías son las siguientes:

- Modelo del ciclo básico de diseño
- Modelo de etapas de diseño
- Modelo de etapas del proceso de desarrollo

De entre estos tres modelos, se adopta el Modelo de Etapas de Diseño, porque comprende solamente el diseño del producto que será la solución al problema que esta investigación busca resolver y establece la secuencia de actividades para llevarla a término.

El Modelo de Etapas de Diseño consiste en el establecimiento de 4 etapas sucesivas y dentro de estas se definen las actividades necesarias para cumplir los resultados asignados a cada etapa [31]:

<i>Etapa 1:</i> Definición del producto	<i>Resultado:</i> Especificación
<i>Etapa 2:</i> Diseño conceptual	<i>Resultados:</i> Principios de solución, estructura funcional, estructura modular
<i>Etapa 3:</i> Diseño de materialización	<i>Resultados:</i> Planos de conjunto
<i>Etapa 4:</i> Diseño de detalle	<i>Resultados:</i> Planos de piezas, documentación

Se presenta en la figura 2.1 las etapas del proceso de diseño de acuerdo con la norma VDI 2221 (Asociación de Ingenieros Alemanes), donde se propone un método general para el diseño de productos y sistemas técnicos para conseguir un trabajo eficiente.

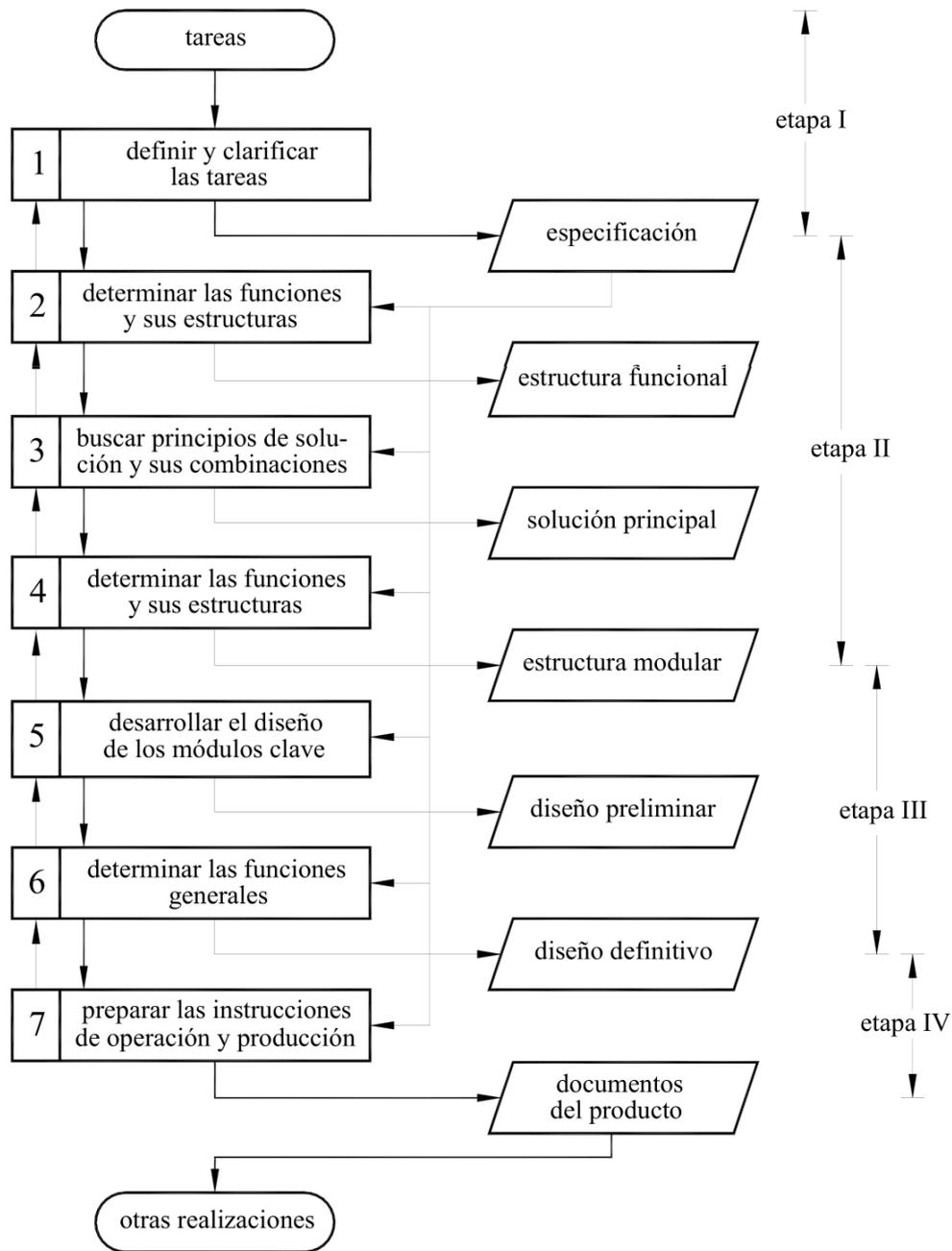


Figura 2.1 Etapas del proceso de diseño según la norma alemana VDI 2221 [31].

## **2.2. Fase 1: Determinación de los requerimientos necesarios del proceso de encerado de queso.**

El recubrimiento de queso con cera es una técnica muy utilizada para la preservación de los quesos por que los protege de la humedad y previene eficazmente la formación de mohos y la proliferación de bacterias, especialmente en quesos destinados a largos períodos de maduración. Tanto la cera natural como la artificial requieren ser calentadas a temperaturas moderadas para evitar la generación de humo y, más crucial aún, para prevenir cualquier riesgo de ignición [32].

El proceso de encerado de queso requiere ciertos requisitos fundamentales para asegurar un resultado óptimo. Estos incluyen desde el área de trabajo que debe ser idónea y contar con las facilidades y medidas de higiene y limpieza para mantener la calidad y seguridad del producto final, el uso de cera de alta calidad y segura para el consumo humano, control preciso de la temperatura de la cera para evitar dañar el queso, tiempo adecuado de inmersión para una cobertura uniforme, y sistemas de automatización para garantizar eficiencia y consistencia en el proceso.

### **2.2.1. Ubicación física de máquina para encerado de queso.**

Juntamente con el fabricante de queso, se realiza una inspección del lugar donde se instalará la máquina para encerado de queso para determinar el espacio disponible para el transporte y montaje, instalaciones eléctricas, alimentación de aire comprimido, ventilación y área de trabajo. Durante la inspección, a manera de entrevista, se recopiló los requerimientos deseados que debía cumplir la máquina a diseñar.

### **2.2.2. Análisis de un modelo de máquina enceradora de quesos construida en talleres metalmecánicos.**

Se realiza una investigación bibliográfica y documental para conocer los modelos y diseños de máquinas para encerar quesos contruidos de forma artesanal o presentes en el mercado para conocer sus características, principios de funcionamiento y aplicabilidad.

### **2.2.3. Propuesta de diseño**

Se presenta el diseño conceptual de máquinas para encerar quesos en base a los principios del proceso de encerado de queso, requerimientos del fabricante de queso, diseños y equipos presentes en el mercado, espacio físico y facilidades disponibles.

#### **2.2.4. Sistema de control**

Se plantea un mecanismo de control de las variables del proceso de encerado que pueda ser acoplado al mecanismo propuesto y que satisfaga los requisitos del fabricante de quesos.

### **2.3. Fase 2: Diseño de los mecanismos en base a los requerimientos investigados**

La solución que se presenta al fabricante de queso se fundamenta en el análisis de los requerimientos del usuario, los criterios de ingeniería y herramientas computacionales para conseguir un diseño versátil, seguro, de fácil implementación y manejo.

#### **2.3.1. Analizar los requerimientos de usuario**

Se recopiló y analizó los requerimientos del fabricante de queso interpretándolos con especificaciones de ingeniería mediante la revisión de bibliografía relacionada para definir objetivos de diseño.

#### **2.3.2. Análisis funcional y modular**

Se realizó el análisis funcional y modular a partir de la información proporcionada por el fabricante de quesos y las especificaciones generadas con el fin de determinar posibles soluciones a las necesidades del quesero.

#### **2.3.3. Selección de solución de diseño**

De acuerdo con los requisitos del fabricante de quesos y el análisis funcional y modular se define una solución de diseño que satisfizo los requisitos del cliente y las especificaciones de ingeniería.

#### **2.3.4. Modelado CAD**

Se utilizan herramientas de Diseño Asistido por Computadora, cuyas siglas en inglés son CAD (Computer Aided Design), para realizar una maqueta virtual de la solución seleccionada, junto al modelo tridimensional de las partes que componen la máquina para establecer dimensiones, funcionalidad y modelos para análisis con el fin de establecer métodos de fabricación y montaje y evaluar costos.

### **2.4. Fase 3: Simulación del comportamiento de los elementos mecánicos**

La simulación de un sistema mecánico de encerado de quesos permite prever y optimizar el funcionamiento del proceso antes de su implementación física. Esto ayuda a identificar posibles mejoras y asegurar un diseño adecuado del dispositivo.

#### **2.4.1. Análisis de cargas estructurales y térmicas del diseño propuesto**

Con la información establecida en las especificaciones de diseño y utilizando la información proporcionada por los modelos CAD de la máquina y sus partes, se realiza el análisis de cargas mecánicas y esfuerzos térmicos que serán aplicados durante la operación del equipo.

#### **2.4.2. Cálculo estructural del bastidor**

Con la información obtenida a partir del análisis de cargas estructurales y térmicas, se realizó el cálculo estructural del cuerpo de la máquina, utilizando métodos analíticos y computacionales.

#### **2.4.3. Cálculo de cargas térmicas de recipiente de cera**

Las cargas térmicas aplicadas al recipiente de cera fueron calculadas a partir de la información obtenida en los requerimientos del fabricante de queso, especificaciones de ingeniería y modelos CAD, mediante métodos analíticos y computacionales.

#### **2.4.4. Sistema de control**

Se realizó el diseño del sistema de mando y control de temperatura y tiempo que se implementó en el mecanismo de la máquina de encerado de queso, para que el diseño mecánico y el sistema de control cumplan los requisitos del usuario y las especificaciones de ingeniería. El diseño del sistema de control se lo realiza utilizando la metodología Grafcet, que es un enfoque gráfico y secuencial que permite representar las etapas y acciones del proceso de forma clara y comprensible.

### **2.5. Fase 4: Simulación del proceso de funcionamiento y la automatización, análisis de costos**

La simulación del funcionamiento de la máquina enceradora durante el proceso de encerado permite asegurar un diseño óptimo y eficiente antes de la implementación física, permitiendo entonces seleccionar y cotizar los materiales y partes necesarias.

#### **2.5.1. Simulación de procesos y funcionamiento:**

Una vez que se ha definido el diseño de la máquina de encerar quesos, se realizó una simulación de su funcionamiento y comportamiento térmico de la cera, utilizando herramientas CAD.

### **2.5.2. Cotización de materiales y mano de obra:**

Se realizó cotizaciones de precios entre proveedores de partes y materiales de la provincia y en la ciudad de Quito, además, se hizo las consultas y cotización de fabricación con talleres metalmecánicos que pudieran construir el diseño propuesto.

### **2.5.3. Estructura de costos:**

Se recopiló la información de precios de materiales, partes y costos de fabricación y se hizo el desglose de gastos asociados al desarrollo del diseño, transporte, gestión e imprevistos para consolidar todos los costos y conocer el valor del diseño y su materialización.

### **2.5.4. Documentación y planos:**

Con la información obtenida a partir de requerimientos de usuario, especificaciones, análisis y simulaciones, se elaboró los planos de conjunto, planos de piezas diseñadas, listas de materiales, lista de componentes mecánicos, eléctricos y de control junto a sus memorias de cálculos y detalle de costos.

## Capítulo 3

### Resultados y análisis

#### 3.1. Especificaciones del sistema a diseñar

El diseño de una máquina para encerar quesos maduros surge de las ideas y necesidades del fabricante de queso, denominado también quesero, el cual busca la manera de realizar el proceso de encerado en su proceso productivo. Tras consultas y reuniones con los interesados en el proyecto, se ha recopilado estas ideas las cuales se presentan en la tabla 3.1 a continuación:

*Tabla 3.1 Deseos del cliente manifiesta respecto a la máquina para encerar quesos que se pretende diseñar*

<b>Deseo de cliente</b>	<b>Descripción</b>
Dimensiones	Ancho, largo, altura acorde a espacio físico disponible, capacidad de depósito de cera adecuado para producción requerida.
Seguridad	Se requiere guardas físicas para elementos móviles, calientes o volátiles y paros de emergencia por posibles accidentes.
Producción	Capacidad de manejar la cantidad requerida de producción de queso encerado y un posible aumento, varios colores.
Energía disponible	Debe utilizar la energía disponible en el sitio, eléctrica o gas.
Operación sencilla	Fácil operación, personal no necesitará un alto entrenamiento.
Mantenimiento sencillo	Repuestos de fácil compra y alta disponibilidad, máquina no debe requerir mantenimiento altamente especializado.

A partir de las observaciones que se hizo en la visita de la planta donde se instalará la máquina a diseñar, se determinaron algunos requisitos que de parte del diseñador se consideran necesarios tomar en cuenta para ejecutar el diseño. Estas consideraciones se presentan en la tabla 3.2 a continuación:

*Tabla 3.2 Consideraciones de diseño presentadas por ingeniería*

<b>Requisito de ingeniería</b>	<b>Descripción</b>
Energía eléctrica	Máquina hace uso de energía eléctrica de red 220 V - AC
Facilidad de construcción	Ensamblaje modular, piezas estándar, fijaciones con tornillería, todo debe encontrarse en el mercado local.
Fácil mantenimiento	Acceso fácil a partes de la máquina, fácil reemplazo, alta disponibilidad de repuestos.
Electrónica sencilla	Conexiones eléctricas y sistemas de fuerza y control deben ser fáciles de construir, instalar, modificar o cambiar.
Temperatura	Capacidad de alcanzar y mantener temperatura de cera 110°C.

A partir de los requerimientos del quesero y consideraciones presentadas por el diseñador, se establecen las especificaciones que serán tomadas como base para el diseño del equipo

Las especificaciones son las siguientes:

- Máquina debe ser adecuada para el espacio físico disponible
- La máquina debe tener las seguridades para el proceso y para el operador.
- Capacidad de producción para seis colores de cera.
- Utilización de energía disponible en el sitio de instalación de la maquinaria y que tenga bajo costo.
- Fácil manejo con un entrenamiento ligero.
- Mantenimiento y reparación deben poder ser realizados con repuestos y materiales del mercado local y sin necesidad de personal altamente especializado.
- Fabricación modular con elementos y materiales disponibles en el mercado local y con proceso constructivo que pueda ejecutarse localmente.
- Mínima presencia de partes móviles o complejas.
- Sistema eléctrico y de control de fabricación sencilla pero funcional, que requiera poco mantenimiento.
- Sistema de calentamiento regulable, rápido, capaz de alcanzar y mantener temperatura de 110°C.

### **3.2. Diseño conceptual**

Para facilitar el desarrollo del proceso de diseño, se aplica el concepto de *función*, siendo esta definida como la abstracción de una tarea de forma independiente a la solución que la ejecuta [31]. La tarea global que se busca resolver constituye la *función global* y sirve de relación entre flujos de entrada y de salida, que pueden ser materiales, energía o información. Normalmente, la función global debe ser dividida en subfunciones, que funcionan de la misma manera, y establecen relaciones entre los flujos de entrada y salida.

#### **3.2.1. Análisis funcional y modular**

El Nivel 0 de funcionalidad del sistema, es representado como una *caja negra* donde las entradas son el queso como material a procesar, la cera que servirá de recubrimiento y la energía eléctrica como energía de calefacción y como señal de control, siendo la salida de la función el queso recubierto de cera, su esquema se muestra en el Anexo 1.

En el Nivel 1 del análisis funcional mostrado en el Anexo 1, la función global se ha dividido en 5 partes donde cada una representa una etapa del proceso de encerado, desde la

recepción de la cera sólida, pasando por el calentamiento de la cera, la inmersión del queso en la cera líquida y su retiro del recipiente de cera para ser enfriado y llevado a empaquetado.

Para el Nivel 2 del análisis funcional que se presenta en el Anexo 1, la etapa denominada “Sumergir queso dentro de cera derretida” se divide en subfunciones que aclaran la manera de actuar de esta función global, con el fin de ayudar al proceso de diseño. Las nuevas subfunciones, dentro de la línea entrecortada son funciones que ayudarán a ejecutar el proceso “Sumergir queso en cera derretida”, lo que da más claridad a lo que se tiene que resolver en el proceso de diseño.

### **3.2.2. Descripción del diseño**

De entre las especificaciones establecidas al final del apartado 3.1, existen dos que establecen un tipo de máquina como base de diseño. Estas especificaciones son:

- *Capacidad de producción para seis colores de cera.*
- *Mínima presencia de partes móviles o complejas.*

De entre los tipos de máquinas comerciales más comunes en el mercado mostradas en el apartado 1.6, las mostradas en la figura 1.3 y 1.4 son máquinas que tienen una banda transportadora y un recipiente de cera para inmersión, lo que implica que existen partes móviles y algún sistema motriz, además, el recipiente de cera es uno solo, no hay otro disponible donde pueda haber otro color de cera, y mucho menos 6 colores.

La Figura 1.5 presenta una máquina donde se sumergen los quesos en dos recipientes de cera, lo que muestra que se podrían tener 2 colores de cera diferentes. Por lo anotado, se presenta el concepto de máquina enceradora de queso en la Figura 3.1 donde se muestran las partes principales del equipo.

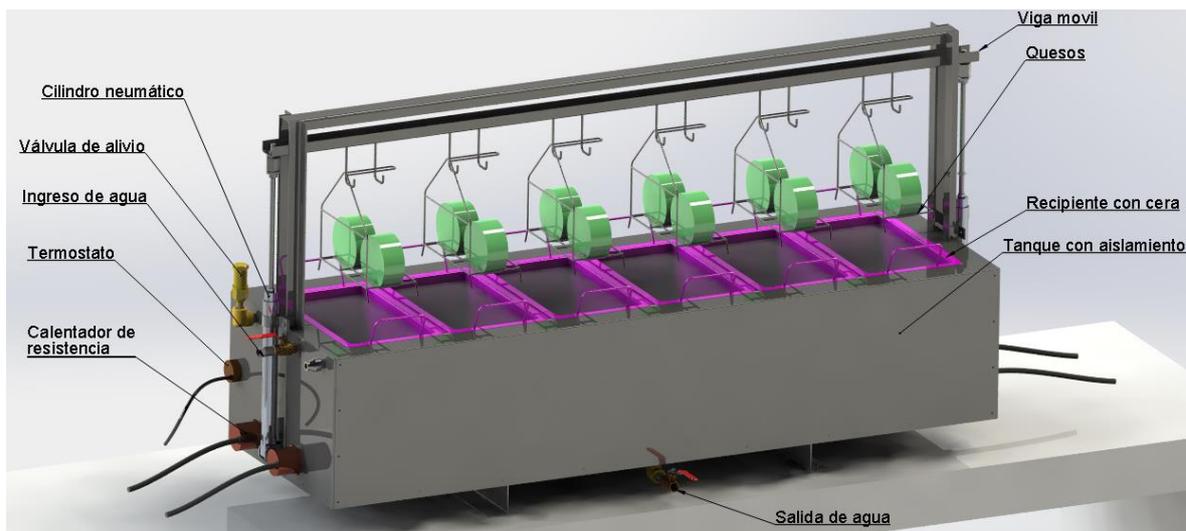


Figura 3.1 Vista de máquina para encerar quesos

Se muestran las partes principales del equipo, sin guardas.

El diseño propuesto consiste en un tanque que servirá de depósito de agua y soporte para los recipientes de cera como se muestra en el plano EQ-CIM2401-001. En el tanque se calentará agua mediante resistencias eléctricas, y mediante calentamiento indirecto, la cera sólida depositada en los 6 recipientes pasará a estado líquido, se muestra el recipiente de cera en el plano EQ-CIM2401-002. Por otro lado, los quesos serán sumergidos apoyados en soportes que se engancharán a una viga que se moverá solidaria a dos cilindros neumáticos que estarán fijos a una viga en la parte superior, la cual se sostiene en dos columnas laterales. El movimiento del cilindro neumático que sostiene a la viga móvil sumergirá a los quesos en sus soportes dentro de la cera caliente. El tanque tiene una capa de material aislante en sus paredes laterales y fondo, que se detalla en el plano EQ-CIM2401-006.

### 3.3. Diseño mecánico de máquina de encerado de queso

En esta sección, se abordará el diseño de las partes mecánicas de la máquina enceradora de quesos. Se prestará atención detallada a elementos cruciales, como la selección de materiales, el diseño del tanque de calentamiento de agua, la configuración de los recipientes destinados a la cera y la estructura de soporte, comúnmente referida como bastidor. Cada uno de estos componentes desempeña una función indispensable en la eficiencia y seguridad de la máquina, influyendo de manera directa en la calidad del proceso de encerado de los quesos.

### 3.3.1. Selección de materiales

Los materiales utilizados en la construcción de la máquina deben ser resistentes y duraderos para soportar las condiciones de trabajo [33]. El material más utilizado en la industria alimenticia para la fabricación de dispositivos, maquinarias y accesorios es el acero inoxidable por las siguientes razones:

- Resistencia a la corrosión: el acero inoxidable es un material resistente a la corrosión y a la oxidación, lo que lo hace ideal para el contacto con alimentos y líquidos.
- Higiene: el acero inoxidable es fácil de limpiar y no retiene bacterias, lo que lo hace ideal para la maquinaria de uso alimenticio donde la higiene es fundamental. La superficie lisa y sin porosidades del acero inoxidable impide que las bacterias y otros microorganismos se adhieran a la superficie.
- Compatibilidad con los alimentos: el acero inoxidable es un material no reactivo, lo que significa que no reacciona químicamente con los alimentos, lo que puede ser perjudicial para la salud. Además, el acero inoxidable no libera sustancias tóxicas ni imparte sabor u olor a los alimentos.
- Estética: el acero inoxidable es un material atractivo y elegante, lo que lo hace popular en maquinaria de uso alimenticio y cocinas industriales. Además, es fácil de mantener y limpiar, lo que lo hace ideal para entornos de trabajo donde la apariencia es importante.
- Sostenibilidad: el acero inoxidable es un material reciclable, lo que lo hace más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Además, su durabilidad reduce la necesidad de reemplazar piezas y maquinaria con frecuencia, lo que reduce los residuos generados y los costos asociados.

Existen varios tipos de acero inoxidable que se utilizan comúnmente en la industria alimenticia, pero los más utilizados son los siguientes:

- Acero inoxidable austenítico: es el tipo de acero inoxidable utilizado en la industria alimentaria debido a su resistencia a la corrosión, buena higiene y facilidad de limpieza. También es resistente a la oxidación y no es magnético. Los tipos de acero austeníticos más ampliamente utilizados son AISI 304 y AISI 316.
- Acero inoxidable dúplex: es un tipo de acero inoxidable que combina las propiedades de resistencia a la corrosión del acero inoxidable austenítico con la

resistencia a la tracción del acero inoxidable ferrítico. Se utiliza en aplicaciones donde se requiere resistencia a la corrosión y a la abrasión, como en la fabricación de equipos de procesamiento de alimentos.

El dispositivo por diseñar no utiliza partes móviles sometidas a abrasión, por lo que se utilizará acero inoxidable de tipo austenítico AISI 304 y AISI 316.

Las propiedades mecánicas de los aceros inoxidables que se utilizarán se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Características técnicas del acero inoxidable austenítico

Tipo de acero	Símbolo	AISI 304	AISI 316
Peso específico a 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$	7,8	7,9 – 7,98
Módulo de elasticidad (N/mm <sup>2</sup> )	$E$	193 000	193 000
Calor específico a 20°C (J/kg K)	$C_p$	500	500
Conductividad Térmica 20°C-100°C (W/m K)	$k_a$	15 / 16	15 /16
Resistencia a la tracción (N/mm <sup>2</sup> )	$S_{ut}$	520 – 720	540 – 690
Límite de elasticidad (N/mm <sup>2</sup> )	$S_y$	210 – 230	205 – 410

### 3.3.2. Diseño de recipiente de cera y bastidor

El volumen interno de cada recipiente de cera debe contener dos quesos de diámetro 12 cm y altura de 5 cm o 3 quesos de diámetro 6 cm y altura 4 cm, sumergidos con su soporte.

*Dimensiones de los quesos*

Densidad de queso:  $\rho_{queso} = 1,024 \frac{g}{cm^3}$

*Para quesos grandes:*

Diámetro de queso:  $d_{queso} = 12cm$

Altura de queso:  $h_{queso} = 5cm$

Volumen del queso grande:

$$V_{queso} = \pi \left( \frac{d_{queso}}{2} \right)^2 h_{queso} \quad (1)$$

$$V_{queso} = 565,48cm^3$$

*Para quesos pequeños:*

Diámetro de queso:  $d_{queso} = 6 cm$

Altura de queso:  $h_{queso} = 4 cm$

Volumen del queso pequeño:  $V_{queso} = 113,09cm^3$

En la Figura 3.2 se presenta el espacio ocupado por dos quesos grandes sumergidos en el volumen de cera:

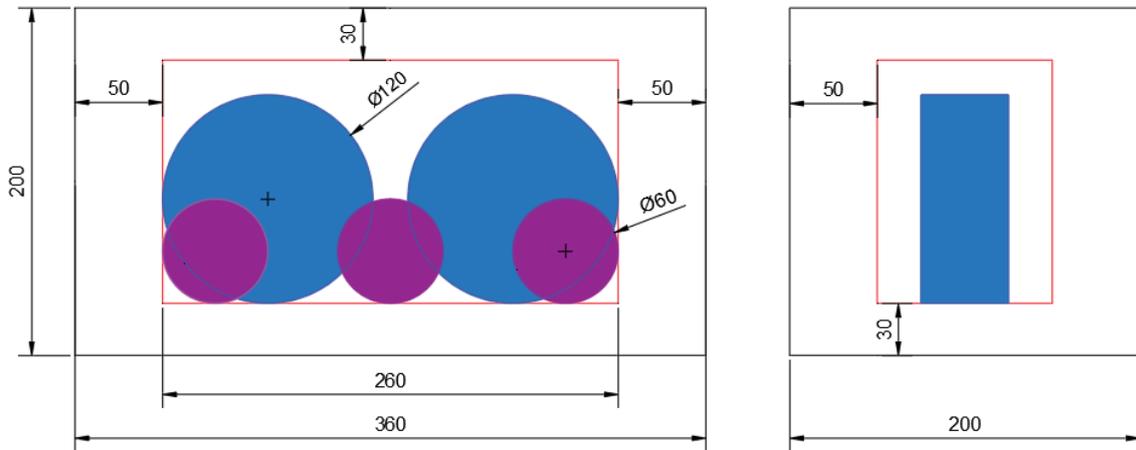


Figura 3.2 Dimensiones de volumen de cera

En color negro se muestra el volumen de cera a utilizar (contorno negro) considerando el espacio que ocupará el queso (contorno rojo).

El volumen de cera se determina con la siguiente ecuación:

$$V = l_c \cdot a_c \cdot h_c \quad (2)$$

De acuerdo con el croquis de la Figura 3.2, las dimensiones del volumen de cera donde se sumerge el queso son:

Largo volumen de cera:  $l_c = 360 \text{ mm}$

Ancho volumen de cera:  $a_c = 200 \text{ mm}$

Altura volumen de cera:  $h_c = 200 \text{ mm}$

Evaluando la Ecuación 2:

$$V = 14400 \text{ cm}^3$$

Entonces se determina el volumen de cera con quesos sumergidos:

Volumen de cera + volumen de 2 quesos grandes:  $V_{fg} = 15530,97 \text{ cm}^3$

Volumen de cera + 3 quesos pequeños:  $V_{fp} = 14739,29 \text{ cm}^3$

La altura que alcanza el volumen de cera con quesos sumergidos es:

$$h_f = \frac{V_f}{l_c a_c} \quad (3)$$

Donde:

$l_c$ : Largo volumen de cera

$a_c$ : Ancho volumen de cera

$h_f$ : Altura volumen de cera

$V_f$ : Volumen final de cera con quesos sumergidos

Entonces con la Ecuación 3 se calcula la altura que alcanza la cera con 2 quesos de diámetro 12 cm sumergidos:

$$h_{fg} = 215,71mm$$

Y lo mismo para el volumen con 3 quesos de 6 cm de diámetro sumergidos:

$$h_{fp} = 204,71mm$$

Se observa que se alcanza más altura de cera cuando se sumergen 2 quesos de 12 cm de diámetro, por lo tanto, se determina la diferencia entre la altura de recipiente  $h_c$  y la mayor altura de cera con quesos sumergidos  $h_{fg}$ :

$$\Delta h = h_{fg} - h_c \quad (4)$$

Y evaluando la ecuación 4:  $\Delta h = 15,71mm$

La altura mínima de recipiente de cera con quesos sumergidos se determina con la ecuación 5 con los valores conocidos de  $h_c$  y  $\Delta h$ :

$$h = h_c + \Delta h \quad (5)$$

Evaluando la ecuación 5:  $h = 215,71mm$

Para tener la seguridad de que la cera no rebase el borde del recipiente, incluso con los quesos sumergidos, se aumenta hasta 220 mm la profundidad de este, por lo tanto, las dimensiones internas para el diseño del recipiente de cera son:

Largo de recipiente:  $l = 360 \text{ mm}$

Ancho de recipiente:  $a = 200 \text{ mm}$

Profundidad de recipiente:  $h = 220 \text{ mm}$

Como se requieren 6 colores de cera diferentes, el volumen total que ocupan los recipientes de cera es:

$$V_r = 6 \cdot l \cdot a \cdot h \quad (6)$$

$$V_r = 0,095m^3$$

Se presenta en la Figura 3.3 las dimensiones generales de un recipiente de cera:

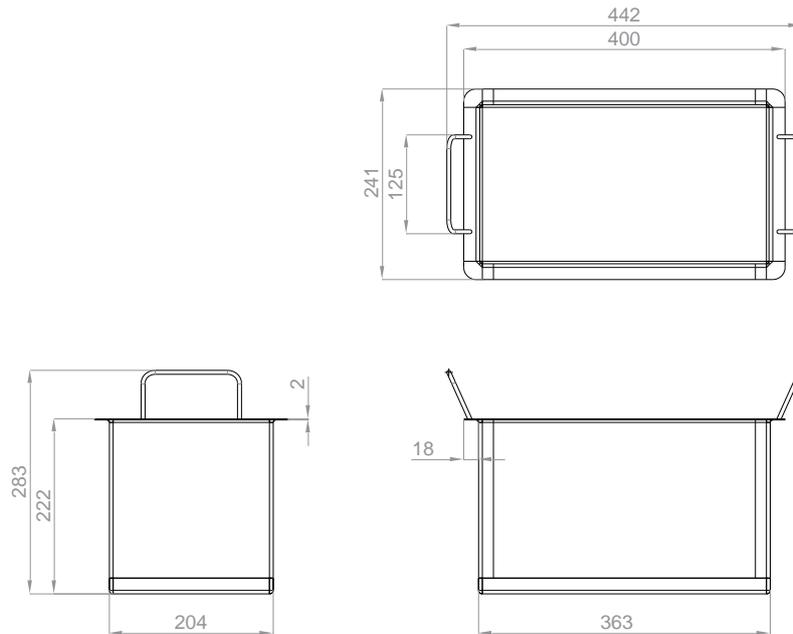


Figura 3.3 Dimensiones generales de recipiente de cera.

Ver detalle en Anexo 10, plano EQ-CIM2401-002

### 3.3.3. Dimensionamiento de tanque de calentamiento de agua

Se considera una separación de 40 mm entre recipientes de cera y paredes del tanque a lo largo de su longitud, una separación de 50 mm entre la pared del tanque y paredes laterales de recipientes en todo su ancho y 100 mm entre el fondo de tanque y fondo de recipiente. Además, se debe tomar en cuenta el espesor de la plancha de acero inoxidable de 3 mm y una holgura de 10 mm entre los recipientes y el borde del cuerpo del tanque.

Espesor de paredes de tanque:  $e_{ac} = 3 \text{ mm}$

Largo del tanque:

$$l_t = 6(a \cdot c + 10\text{mm}) + (5 \cdot 40\text{mm} + 2 \cdot 50\text{mm}) \quad (7)$$

$$l_t = 1560 \text{ mm}$$

Ancho del tanque:

$$a_t = lc + 2 \cdot 50\text{mm} + 10\text{mm} \quad (8)$$

$$a_t = 470 \text{ mm}$$

Profundidad de tanque:

$$h_t = h + 100\text{mm} + 3 \quad (9)$$

$$h_t = 323\text{mm}$$

Volumen interno del tanque:

$$V_{tk} = (l_t - 6mm)(a_t - 6mm)(h_t - 6mm) \quad (10)$$

$$V_{tk} = 0,229m^3$$

Se deja una separación de 50 mm entre la superficie libre de agua y la cara interna superior del tanque:

Volumen que se debe reducir:

$$V_x = (50mm)((l_t - 6mm)(a_t - 6mm) - 6(l * a)) \quad (11)$$

$$V_x = 0,014m^3$$

Volumen de agua:

$$V_a = V_{tk} - V_r - V_x \quad (12)$$

$$V_a = 0,119m^3$$

Masa de agua:

$$m_a = \delta_a V_a \quad (13)$$

$$m_a = 119.082kg$$

Dimensiones de tanque para diseño:

Largo:  $l_c = 1.56 m$

Ancho:  $a_t = 0.47m$

Altura:  $h_t = 0.323m$

### 3.4. Sistema de calentamiento de cera

En la próxima sección, se presentará el diseño detallado de un sistema de calentamiento para cera, utilizando el método de baño maría como enfoque central. El análisis térmico abordará tanto el calentamiento de la cera como el del agua circundante, además, se llevará a cabo el cálculo de la potencia eléctrica necesaria para la selección adecuada del calentador. La sección también presentará los elementos eléctricos esenciales, así como los controles necesarios para gestionar eficazmente el proceso de calentamiento. Se presentará un esquema de conexiones que ilustrará la interacción entre los componentes eléctricos, ofreciendo una visión completa de la configuración integral del sistema de calentamiento de cera en baño maría. Este análisis tiene como propósito establecer una base sólida para la implementación exitosa del diseño propuesto.

### 3.4.1. Diseño de sistema de calentamiento

#### *Análisis térmico*

Para el diseño del sistema de calentamiento del agua y los esfuerzos que se generan en los componentes de la máquina por efectos térmicos, se realiza un análisis térmico para conocer el calor requerido para la operación, pérdidas térmicas y potencia eléctrica necesaria:

#### **Calentamiento de la cera:**

##### *Propiedades de la cera*

Densidad de cera sólida	$\delta = 880 \frac{kg}{m^3}$
Calor específico cera sólida	$C_p = 2660 \frac{J}{kg \cdot K}$
Calor específico cera líquida	$C_{pl} = 2340 \frac{J}{kg \cdot K}$
Calor latente de fusión de la cera	$Q_L = 147 \times 10^3 \frac{J}{kg}$
Temperatura de fusión de la cera	$T = 65 \text{ } ^\circ C$
Temperatura ambiente	$T_0 = 20 \text{ } ^\circ C$
Temperatura de trabajo	$T_f = 110 \text{ } ^\circ C$
Volumen total de cera:	$V_c = 6 \cdot l_c \cdot a_c \cdot h_c = 0,0864 m^3$
Masa de cera	$m_c = \delta V_t = 76,032 kg$

##### *Calor necesario para elevar la temperatura de la cera hasta temperatura de trabajo*

Q1: Calor necesario para elevar la masa de cera hasta la temperatura de fusión:

$$Q1 = m_c C_p (T - T_0) \quad (14)$$

$$Q1 = 9,101 \times 10^6 J$$

Q2: Calor necesario para fundir la cera:

$$Q2 = m_c Q_L \quad (15)$$

$$Q2 = 1,118 \times 10^7 J$$

Q3: Calor necesario para llevar la cera fundida hasta la temperatura de trabajo:

$$Q3 = m_c C_{pl} (T_f - T) \quad (16)$$

$$Q3 = 8,006 \times 10^6 J$$

Qc: Calor total requerido para la cera:

$$Qc = Q1 + Q2 + Q3 \quad (17)$$

$$Qc = 2,828 \times 10^7 J$$

***Temperatura mínima a la que se debe calentar el agua para alcanzar la temperatura de trabajo en la cera***

**Calentamiento del agua**

*Propiedades del agua*

Densidad del agua promedio a 20°C:  $\delta = 1000 \frac{kg}{m^3}$

Calor específico:  $C_{pa} = 4186 \frac{J}{kg \cdot K}$

El área de transferencia de calor hacia la cera  $A_c$ , es el área sumergida dentro del agua de todos los recipientes de cera sin tomar en cuenta su cara superior y con una altura reducida 50 mm correspondiente al espacio libre que se dejará dentro del recipiente de agua:

$$A_c = 6 \cdot (2 \cdot l \cdot (h - 50mm) + 2 \cdot (h - 50mm) \cdot a + l \cdot a) \quad (18)$$

Donde  $l$ ,  $a$  y  $h$  son las dimensiones del recipiente de cera. Evaluando la Ecuación 9 se obtiene  $A_c$ :

$$A_c = 1,574m^2$$

Se resuelve la Ecuación 6 para obtener la temperatura del agua  $T_a$  que proporcione el calor de calentamiento total  $Q_c$  necesario que requiere la cera:

$$T_a = \frac{Q_c}{m_a \cdot C_{pa}} + T_0 \quad (19)$$

Donde:

$T_a$ : Temperatura del agua necesaria para calentar la cera

$m_a$ : masa de agua de calentamiento

$C_{pa}$ : Calor específico del agua

$Q_c$ : Calor necesario para fundir la cera

Evaluando la Ecuación 10 se obtiene  $T_a$ , y se aproxima al entero superior más cercano para facilitar el manejo en el control de temperatura que sea implementado:

$$T_a = 76,741^\circ C \approx 77^\circ C$$

El calor necesario para calentar el agua a la temperatura  $T_a$  se recalcula utilizando la Ecuación 14 considerando los valores de calor específico del agua  $C_{pa}$  y temperatura  $T_a$ :

$$Q_a = m_a C_{pa} (T_a - T_0)$$

$$Q_a = 2.841 \times 10^7 J$$

Se puede apreciar que el calor necesario para calentar el agua  $Q_a$  es mayor que el calor necesario para calentar la cera  $Q_c$ .

$$Q_a > Q_c$$

La temperatura de trabajo de la cera debe estar entre 107 °C y 116 °C [6], entonces se recalcula  $Q_c$  con estas temperaturas mínimas utilizando las Ecuaciones 16, 17 y con la Ecuación 19 se obtienen las temperaturas mínima y máxima de calentamiento del agua:

$$T_{amin} = 75.67^\circ\text{C} \approx 76^\circ\text{C}$$

$$T_{amax} = 78.88^\circ\text{C} \approx 79^\circ\text{C}$$

Para aislar térmicamente el tanque de agua caliente con propósito de disminuir las pérdidas de calor y mantener las superficies exteriores a una temperatura segura para el operador se recubre el tanque con paneles compuestos de lámina de acero de 1 mm de espesor y de espuma de poliuretano expandido de alta densidad de 25 mm de espesor.

La pérdida de calor es:

$$q_{perdida} = \frac{(T_a - T_0)}{R_t} \quad (20)$$

Donde:

Resistencia térmica:

$$R_t = \frac{1}{h_{aire} A_{ais}} + \frac{L_{pe}}{k_a A_{ais}} + \frac{L_{esp}}{k_{esp} A_{ais}} + \frac{L_{ac}}{k_{ac} A_{ac}} + \frac{1}{h_a A_{ac}} \quad (21)$$

$$R_t = 0,594 \frac{s^3 K}{kg m^2}$$

Material de la pared: Acero inoxidable AISI 316

Espesor de pared del tanque:  $L_{ac} = 3 \text{ mm}$

Conductividad térmica del acero:  $k_{ac} = 16 \frac{W}{m K}$

Área de pared de tanque:  $A_{ac} = 2,0 \text{ m}^2$

Material aislante: Espuma de poliuretano

Conductividad térmica de espuma de poliuretano

$$k_{esp} = 0,022 \frac{W}{m \cdot K}$$

Área de aislamiento:  $A_{ais} = 2,27 m^2$

Espesor de aislamiento:  $L_{esp} = 25 mm$

Espesor de pared exterior:  $L_{pe} = 1 mm$

Masa aislante:  $m_{ais} = 2 kg$

Masa cubierta exterior:  $m_{pe} = 25.57 kg$

Coefficiente de convección térmica del aire:  $h_{aire} = 5 \frac{W}{m^2 K}$

Coefficiente de convección térmica del agua:  $h_{agua} = 100 \frac{W}{m^2 K}$

Temperatura ambiente:  $T_0 = 20 ^\circ C$

Temperatura del agua:  $T_a = 77 ^\circ C$

Evaluando la ecuación 20, se obtiene la cantidad de calor que se pierde a través del aislamiento:

$$q_{perdida} = 95,99 W$$

### ***Cálculo de potencia eléctrica necesaria para selección de calentador***

Parámetros de diseño:

Voltaje de red eléctrica  $V_{red} = 220 V$

Temperatura ambiente  $T_0 = 20 ^\circ C$

Temperatura de agua caliente  $T_a = 77 ^\circ C$

Tiempo de calentamiento  $t = 35 min$

Energía necesaria para calentar el agua de calentamiento:

$$Q_a = 2.841 \times 10^7 J$$

Potencia requerida para calentar el agua:

$$P = \frac{Q_a}{t} \tag{22}$$

$$P = 13,53 kW$$

Factor de diseño por sobrecarga  $f_s: 20\%$

Pérdidas de calor  $q_{perdida} = 95,99 W$

Potencia de calefacción para diseño:

$$P_d = (1 + fs) * (P + q_{perdida}) \quad (23)$$

$$P_d = 16,351 \text{ kW}$$

Se divide la potencia de diseño  $P_d$  en 4 unidades calefactoras y se redondea a un valor comercial:

$$P_c = 4,088 \text{ kW} \approx 4,5 \text{ kW}$$

Flujo de calor hacia la masa de cera:

$$q = \frac{4P_c}{A_c} \quad (24)$$

$$q = 11,433 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$$

Corriente necesaria para unidad calefactora:

$$I = \frac{P_c}{V_{red}} \quad (25)$$

$$I = 20,45 \text{ A}$$

Resistencia eléctrica de unidad calefactora:

$$R = \frac{V_{red}^2}{P_c} \quad (26)$$

$$R = 10,75 \Omega$$

Se selecciona una resistencia calefactora del catálogo del fabricante Brototermic (Anexo 1) como referencia, con las siguientes características:

Longitud:  $L = 520 \text{ mm}$

Rosca de tapón  $\varnothing = 2'' (50.8 \text{ mm})$

Diámetro de tubo calefactor  $d = 8 \text{ mm}$

Potencia  $P = 4500 \text{ W}$

Material del elemento calefactor: *Acero inoxidable*

Masa:  $m = 1.2 \text{ kg}$

Para controlar el calentamiento del agua desde la temperatura ambiente  $T_a$  y mantenerla, se utilizará un sistema de control utilizando un termostato y contactores. A continuación, se describen los elementos necesarios:

**Termostato:** Se utilizará un termostato de tipo bulbo y capilar, de acero inoxidable para mantener la temperatura del agua en el rango deseado. Este tipo de termostato contiene un fluido térmico en un pequeño depósito (bulbo) que se pone en contacto o se sumerge en el medio que se busca medir la temperatura [34]. El bulbo se une mediante un tubo capilar a un fuelle que acciona un interruptor que puede ser configurado para abrirse o cerrarse a una temperatura dentro del rango de operación del dispositivo.

**Interruptor de Encendido/Apagado:** Se utilizará un interruptor simple, de tipo breaker para permitir al usuario apagar o encender manualmente el sistema de calentamiento de agua según sea necesario, uno para dos resistencias. Se considera un 25% adicional a la corriente total requerida por 2 resistencias.

*I*: corriente nominal de resistencias

*I<sub>p</sub>*: corriente de protección

$$I_p = 1.25 \cdot 2 \cdot 20,45 \text{ A} = 51,125 \text{ A}$$

Por lo que se selecciona un breaker de 3 polos y 63 A de capacidad de corte, disponible en el mercado.

**Contactador:** Para activar y desactivar las resistencias eléctricas, se utilizará un contactor. Este dispositivo permite cortar la corriente eléctrica de una instalación mediante un accionamiento a distancia, lo que permite el accionamiento de elementos de potencia con seguridad [35]. Siendo la corriente requerida por la resistencia calentadora de 20,45 A, se utilizará un contactor por cada par de resistencias, por lo que se escoge un contactor de 63 A y capacidad de potencia de 18.5 kW.

En el Anexo 6 se presenta el esquema de conexiones, donde el termostato digital estará conectado al contactor, que a su vez estará conectado a las resistencias eléctricas. Cuando el termostato detecte que la temperatura del agua está por debajo de 75 grados, enviará una señal al relé para que active las resistencias y comience el calentamiento del agua.

Una vez que la temperatura alcance los 79 grados, el termostato enviará una señal al contactor para que desactive las resistencias y detenga el calentamiento.

El interruptor de encendido/apagado permitirá al usuario apagar manualmente el sistema si es necesario.

Los elementos de control de las resistencias, así como los elementos de control electroneumático se instalarán en un gabinete de acero inoxidable. Se deberá utilizar además los accesorios y elementos necesarios para la maniobra y montaje eléctrico, tales como rieles, borneras, pulsadores, temporizadores.

### 3.5. Esfuerzos en tanque contenedor de agua de calentamiento

El análisis de cargas permitirá determinar los esfuerzos máximos que se producirán en el reservorio. Estos esfuerzos deben ser inferiores a la resistencia del material del que está fabricado debe ser capaz de soportar las cargas a las que estará sometido sin sufrir daños.

El análisis de cargas y esfuerzos del reservorio se realizará utilizando métodos de la mecánica de sólidos. En primer lugar, se modelará el reservorio como un cuerpo sólido. A continuación, se aplicarán las cargas que actuarán sobre el reservorio. Por último, se calcularán los esfuerzos máximos que se producirán en el reservorio utilizando herramientas de software.

#### 3.5.1. Condiciones de carga

El tanque de agua para calentamiento soporta la masa de agua de calentamiento que se encuentra a 77°C, además de la masa de cera, recipientes contenedores de cera, quesos con sus canastillas, columnas que sostienen la viga móvil y una viga fija.

Masa de agua  $m_a = 119,082 \text{ kg}$

Masa de canastillas  $m_{ca} = 1,8 \text{ kg}$

Masa de 12 quesos grandes  $m_q = 6,948 \text{ kg}$

Masa de cera  $m_c = 76,032 \text{ kg}$

Masa de recipientes de cera  $m_r = 4,19 \text{ kg}$

Masa de viga móvil  $m_v = 2,87 \text{ kg}$

Masa de viga fija  $m_m = 2,36 \text{ kg}$

Masa de columnas  $m_{cc} = 2,33 \text{ kg}$

Accesorios  $m_f = 6 \text{ kg}$

La masa de agua no ocupa completamente el volumen del tanque, puesto que dentro de esta se encuentran sumergidos los recipientes con cera, que se asientan en el borde superior del tanque, por lo tanto, para la carga de diseño debido a la masa de agua, se considera el siguiente peso específico para determinar la presión hidrostática:

$$P_h = \gamma * h_a \quad (27)$$

Donde:

$P_h$ : Presión hidrostática

$h_a$ : altura de líquido dentro del tanque.

$V_{tk}$ : Volumen interno de agua.

$V_x$ : Volumen que se debe reducir en el interior del tanque para tener una superficie libre a 50 mm de la pared superior del tanque cuando los recipientes de cera se encuentran sumergidos en el agua de calentamiento.

$\gamma$ : Peso específico considerando espacio ocupado por recipientes de cera dentro de masa de agua:

$$\gamma = 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot \frac{m_a}{V_{tk} - V_x} \quad (28)$$

$$\gamma = 5251,56 \frac{N}{m^3}$$

Las cargas para el diseño del tanque son:

Carga por queso, cera, recipientes y canastillas:  $C_q = 1077,23 N$

Carga de columna y vigas  $C_c = 96,922 N$

Carga por accesorios  $C_a = 58,8 N$

Carga de material aislante  $C_{ais} = 274.4 N$

La carga  $C_q$  y  $C_{ais}$  se distribuyen en toda la superficie superior del tanque.

La masa del reservorio de agua  $m_{tk} = 66.11 kg$

Se muestra en la Figura 3.4 y en la Figura 3.5 la distribución de las cargas de diseño en el cuerpo del tanque junto a sus dimensiones generales:

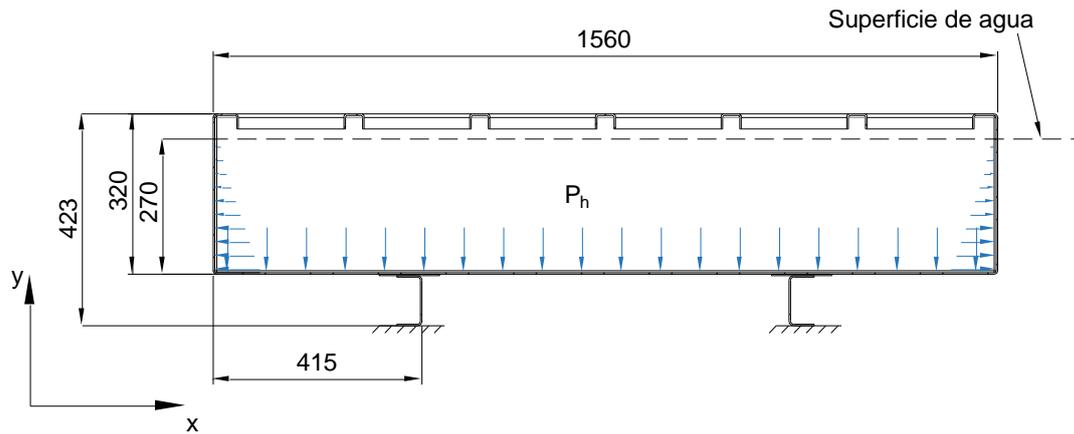


Figura 3.4 Distribución de cargas en las paredes internas del contenedor de agua. Las unidades se dan en milímetros. Se muestran además las dimensiones generales del contenedor.

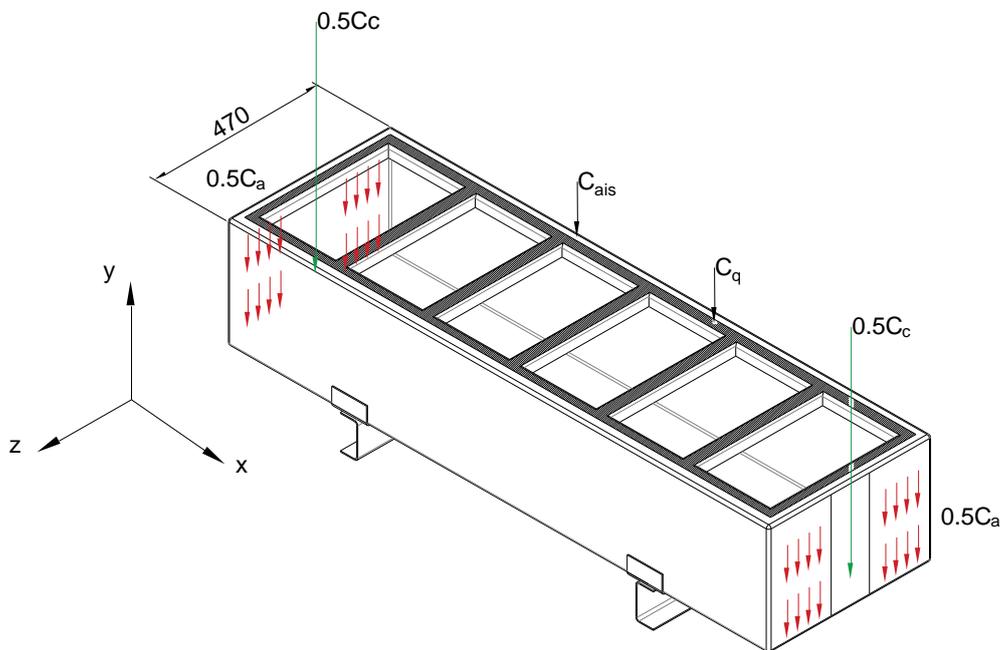


Figura 3.5 Distribución de cargas sobre cuerpo de contenedor de agua.

La temperatura a la que se encuentran las paredes del tanque es:

$$T_{tk} = \frac{4 \cdot P_c \cdot e_a}{A_{ac} \cdot k_{ac}} + T_a \quad (29)$$

$$T_{tk} = 78,26^\circ\text{C}$$

Donde:

Potencia calórica de la resistencia:  $P_c = 4500 \text{ kW}$

Área de pared de acero  $A_{ac} = 2 \text{ m}^2$

Conductividad térmica del acero  $k_{ac} = 16 \frac{W}{m K}$

Espesor de pared de acero  $e_{ac} = 3 \text{ mm}$

Temperatura de agua caliente  $T_a = 77 \text{ }^\circ\text{C}$

De evaluar la ecuación 29, se obtiene  $T_{tk} = 78.26 \text{ }^\circ\text{C}$  para considerar en el análisis estático del cuerpo del tanque.

Con las cargas mencionadas y de acuerdo con la Figura 3.4 y Figura 3.5, mediante el software de diseño Solidworks y con sus herramientas de simulación por elementos finitos, se analiza el comportamiento del tanque de calentamiento ante las solicitaciones y temperatura de operación.

En la Figura 3.6 se muestra la carga de presión hidrostática  $Ph$  que se aplica en las paredes laterales y fondo del reservorio con una distribución dependiente de la profundidad, como se muestra en la Ecuación 8.

Por otro lado, también en la Figura 3.6, la masa del tanque  $m_{tk} = 66.11 \text{ kg}$  junto con la aceleración de la gravedad  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  se muestran representadas con la flecha gruesa de color rojo para dar el efecto del peso propio del tanque.

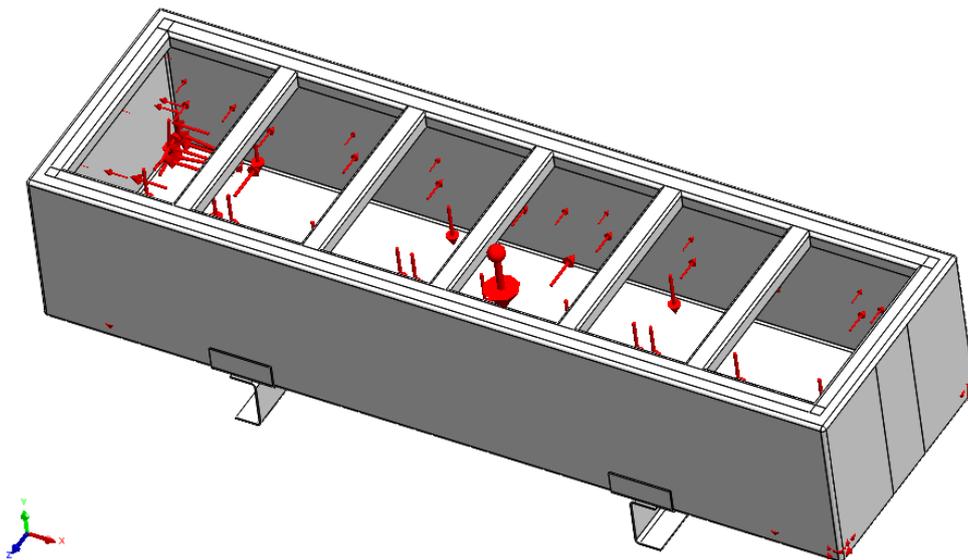
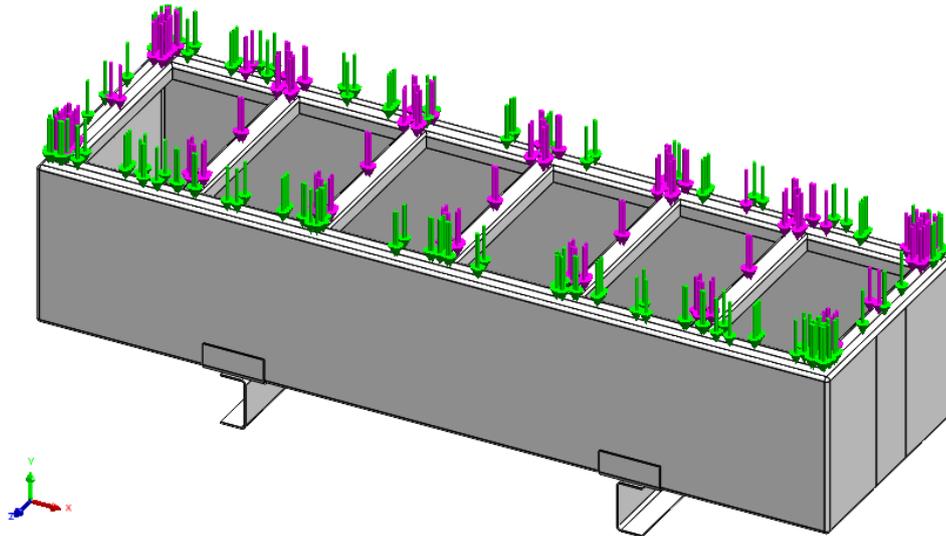


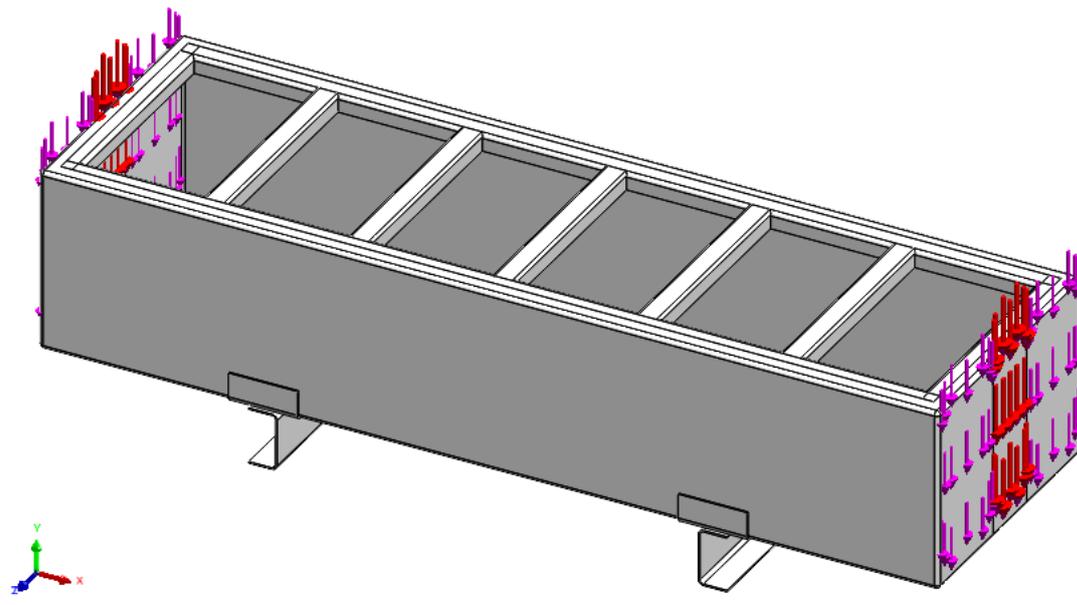
Figura 3.6 Carga de gravedad y presión hidrostática aplicadas para simulación.

En la Figura 3.7 se muestra en color magenta la carga causada por el peso de recipientes con cera y quesos, además, se muestra la carga debido al peso del aislamiento que se ubica en el contorno del reservorio de agua en color verde.



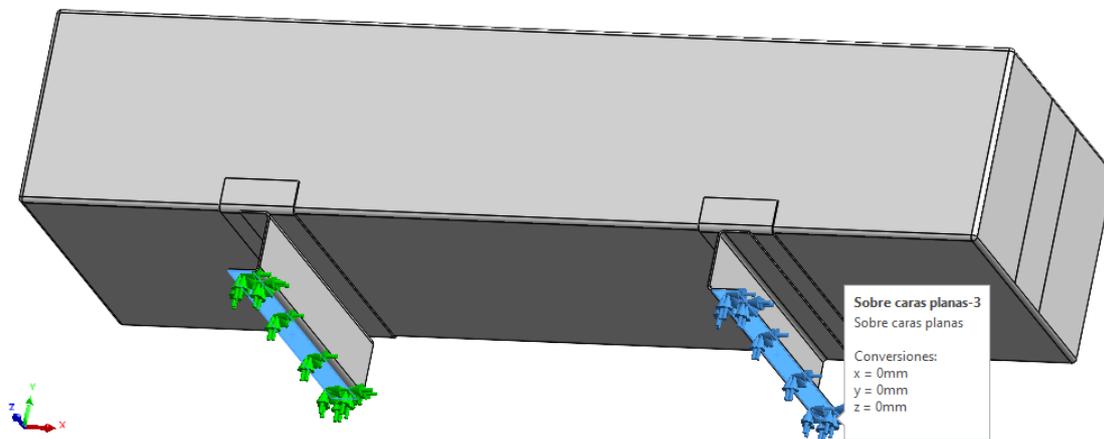
*Figura 3.7 Cargas de aislamiento, recipientes con cera y quesos distribuidas sobre la superficie superior del tanque*

En la Figura 3.8 se muestran la carga  $C_a$  debido a accesorios como neoplos y válvulas que se ubican en las caras laterales y se representan en color magenta y la carga  $C_c$  que produce el peso de las columnas que sostienen las vigas fija y móvil y los cilindros neumáticos laterales, ubicada en las caras laterales, representada por las flechas rojas.



*Figura 3.8 Cargas laterales por accesorios (magenta), cilindros neumáticos, columna y vigas (rojo)*

Se aplica una restricción de movimiento que permite el desplazamiento en el plano  $xz$ , pero el movimiento en sentido vertical, en el eje  $y$  queda restringido. Se presenta la restricción aplicada en la Figura 3.9 mostrada a continuación:



*Figura 3.9 Restricciones en la base del tanque.  
El tanque se asienta apoyado en los laterales de perfiles C.*

### ***Análisis de Esfuerzos***

Mediante la herramienta de simulación por elementos finitos de Solidworks y considerando las condiciones de carga y restricciones mencionadas en la sección 3.5.1 se realizó el análisis de esfuerzo del reservorio de agua.

***Mallado del modelo:*** El mallado es el proceso de dividir un cuerpo sólido en elementos finitos. Estos elementos se utilizan para representar el cuerpo en el análisis de elementos finitos. El tamaño del elemento debe ser lo suficientemente pequeño para capturar los detalles del modelo, pero no tan pequeño como para que el análisis sea demasiado lento.

Para el mallado automático de Solidworks se utiliza una malla de alta calidad basada en curvatura para crear más elementos en zonas de mayor curvatura. Los elementos generados son sólidos tetraédricos parabólicos que presentan contornos curvos y dan mayor precisión y mejor aproximación matemática a la simulación, su inconveniente es que se requiere más recursos computacionales para su generación [36].

Se realizó 6 corridas de simulación que se presentan en la Tabla 3.4. Después de la 4ta corrida el resultado varía entre el 1 y 3%, aunque con un alto consumo de recursos de

cálculo y tiempo de simulación. El mallado se realiza con los valores mostrados en las Tabla 3.4 y en la Figura 3.10 se presenta el modelo del reservorio de agua con malla, correspondiente a la 6ta corrida.

Tabla 3.4 Convergencia de resultados cuando se disminuye el tamaño de malla.

Nº	Mínimo tamaño de elemento (mm)	Número de nodos	Número de elementos	Tensión (N)	% Δ Tensión
1	28,33	30644	14973	135,71	-
2	25,03	51702	25316	167,13	19%
3	18,89	55561	27509	127,47	31%
4	15,11	69107	34061	141,68	10%
5	13,71	78123	38195	139,97	1%
6	9,06	141556	69778	143,71	3%

Nombre del modelo: TK  
 Nombre de estudio: Estático (-Predeterminado <Como mecanizada> -)  
 Tipo de malla: Malla sólida

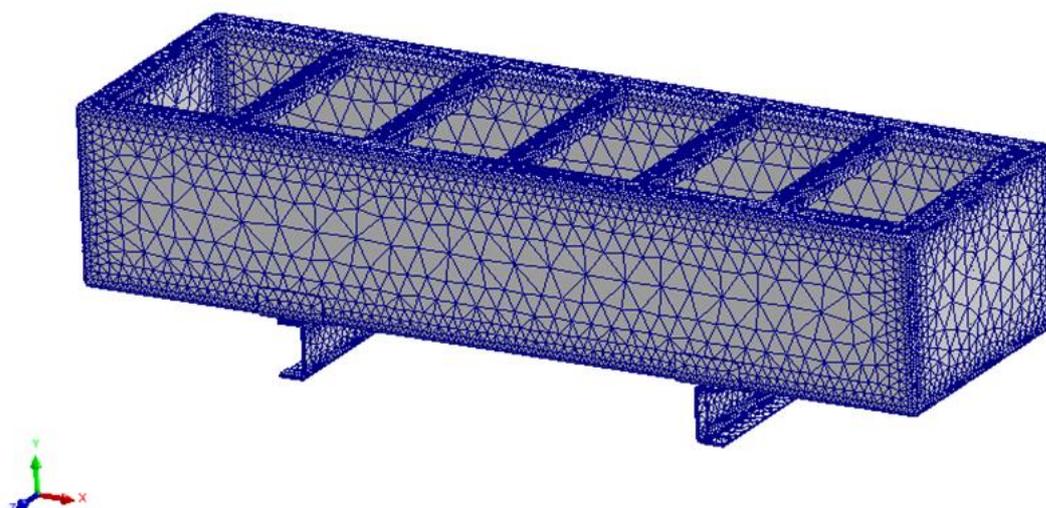


Figura 3.10 Cuerpo de tanque con mallado

### Resultados de simulación

Las cargas de diseño y la temperatura  $T_{ik}$  en el cuerpo del tanque producen un esfuerzo de Von Mises máximo de 143,71 MPa, que se ubica en la unión del refuerzo de las bases del tanque y la pared frontal. La mayor parte del cuerpo del tanque presenta valores de esfuerzo en el orden de los 14 MPa y en las bases estos valores aumentan para situarse en el orden de los 86 MPa. Se presenta a continuación en la Figura 3.11 la distribución de esfuerzos obtenidos en la simulación estática del tanque de agua.

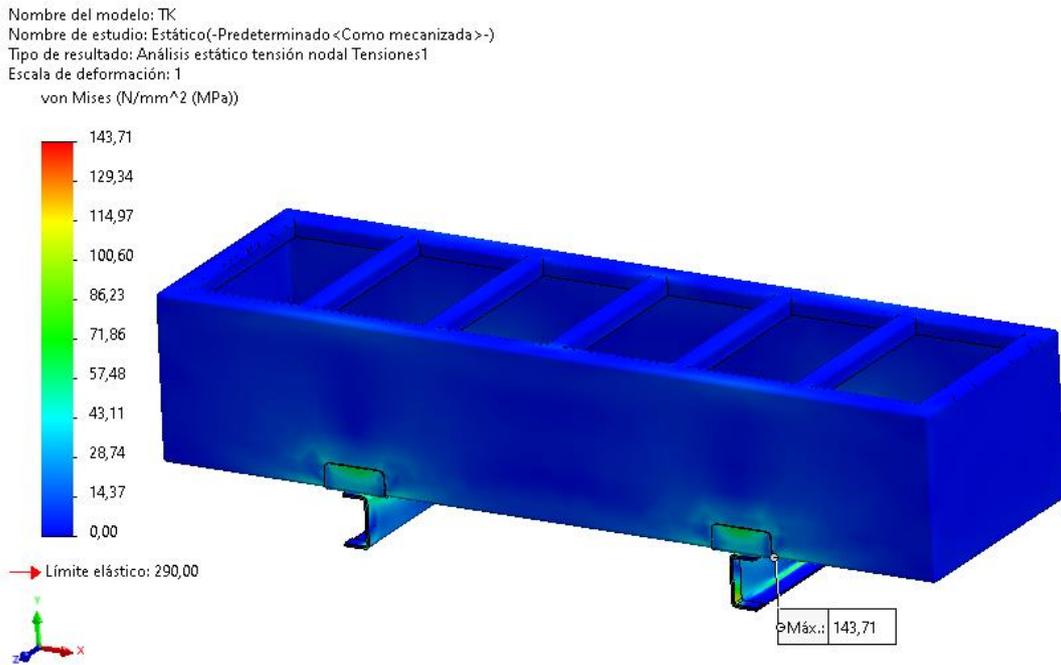


Figura 3.11 Tensiones en el cuerpo del tanque.

El desplazamiento producido en las paredes del reservorio de agua causado por las cargas de diseño aplicadas es máximo en las paredes laterales, se produce en sentido del eje z y es de 0,43 mm, mientras que en la parte central del fondo del tanque el desplazamiento está entre 0,17 mm y 0,30 mm. Se presenta en la Figura 3.12 los desplazamientos producidos por las cargas de diseño aplicadas.

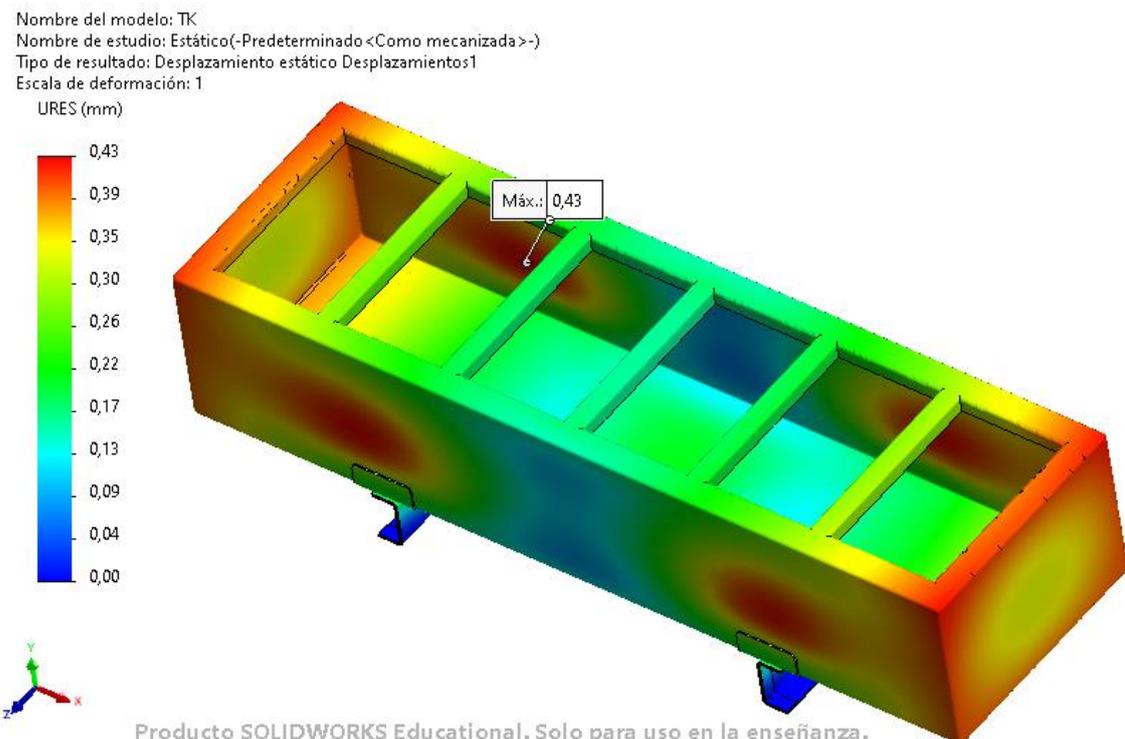


Figura 3.12 Máximo desplazamiento en el cuerpo del tanque que se produce en la parte central del fondo.

El cuerpo del tanque presenta valores de factor de seguridad superiores a 5, mientras que, en los soportes de asiento y refuerzo, el factor de seguridad está entre el mínimo y 4,41. Bajo las condiciones de carga de diseño y con una temperatura de 78,26 °C en el cuerpo del tanque, el mínimo factor de seguridad es  $\eta = 2,02$  en la base de apoyo del tanque. Se presenta la distribución de factor de seguridad en el modelo de análisis en la Figura 3.13 y un detalle del área con el mínimo factor de seguridad en la Figura 3.14.

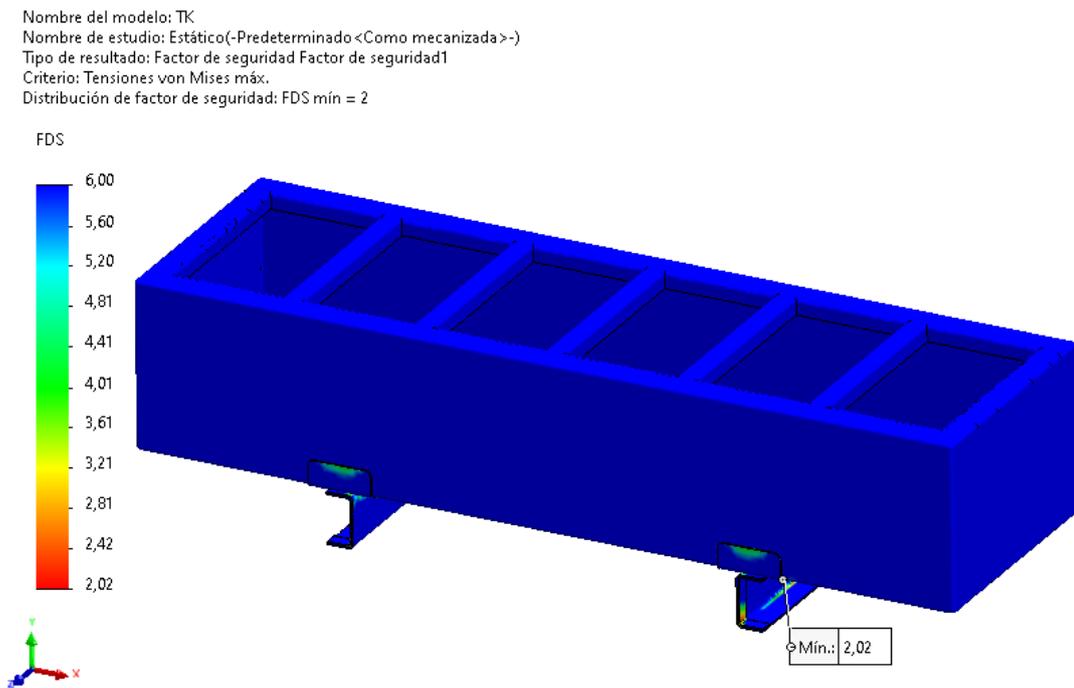


Figura 3.13 Mínimo factor de seguridad en el tanque de agua caliente.

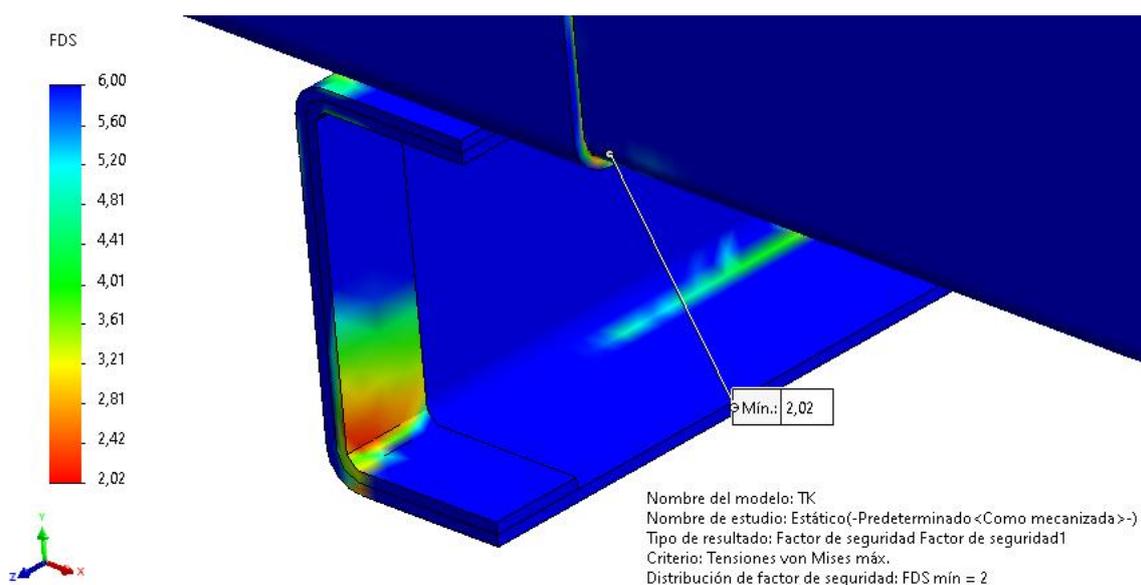


Figura 3.14 Mínimo factor de seguridad se ubica en la junta entre refuerzo para asentamiento del tanque y la base de este.

Las reacciones en sentido vertical en las bases donde se apoya el tanque son de  $1580\text{ N}$  en cada una, siendo un total de  $3160\text{ N}$  o  $322,45\text{ kg}$  la masa mínima que debe soportar el mesón donde se instale este equipo. Se presenta en la Figura 3.15 las reacciones en las bases del reservorio de agua después de aplicadas las cargas de diseño.

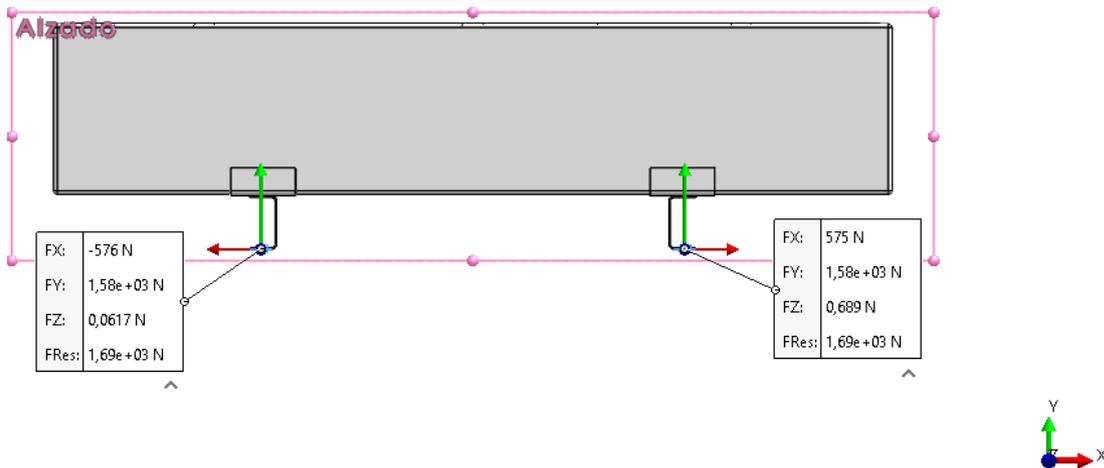


Figura 3.15 Reacciones en la base del tanque

### 3.6. Diseño de mecanismo de inmersión del producto

El diseño del mecanismo de la máquina enceradora de quesos busca lograr un proceso eficiente y preciso para recubrir los quesos con cera. La viga móvil que sostiene a los quesos y sus soportes para ser sumergidos en la cera líquida se moverá por la acción de cilindros neumáticos, ubicados a cada lado del tanque de agua de calentamiento. Además, se ha integrado un sistema de temporizadores y válvulas para automatizar el ciclo de encerado.

#### *Análisis de esfuerzos*

##### *Viga móvil*

Longitud de viga	$l = 1710\text{ mm}$
Masa de canastilla	$m_{ca} = 300\text{ g}$
Cantidad de canastillas	$n_c = 6$
Masa de queso grande	$m_{queso1} = 0,579\text{ kg}$
Cantidad de quesos	$n_q = 12$
Entonces:	
Masa total de canastillas:	$m_{tca} = 1,8\text{ kg}$

Masa total de quesos:  $m_{\text{queso}} = 6,948 \text{ kg}$

Por lo tanto, la carga aplicada en la viga móvil es la suma de las masas de quesos y canastillas, expresada como una fuerza  $F$ :

Carga sobre viga móvil  $F = 85,795 \text{ N}$

Esta fuerza  $F$  se distribuye en la longitud que ocupan los ganchos que sujetan las canastillas que soportan los quesos:

Carga distribuida  $f = 63,085 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Para la viga móvil, se muestra su diagrama de cuerpo libre en la Figura 3.16

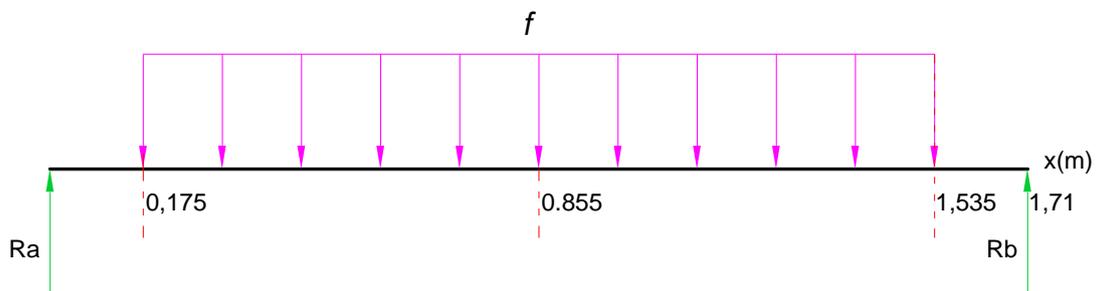


Figura 3.16 Diagrama de cuerpo libre de Viga móvil.

Sumatoria de fuerzas:

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \\ R_a + R_b - (1,36\text{m})f &= 0\end{aligned}$$

Sumatoria de momentos

$$\begin{aligned}\Sigma M_a &= 0 \\ \left(\frac{1,710\text{m}}{2}\right)(1,36\text{m})f - (1,71\text{m})R_b &= 0\end{aligned}$$

Cálculo de reacciones

$$R_b = \frac{\left(\frac{1,710\text{m}}{2}\right)(1,36\text{m})\left(63,085 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right)}{(1,710\text{m})} = 42,89\text{N}$$

Entonces:

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \\ R_a &= -42,89\text{N} + (1,36\text{m})\left(63,085 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right) = 42,89\text{N}\end{aligned}$$

Diagrama de cortante

$$\begin{aligned}x &< 0,175\text{m} \\ R_a - V &= 0 \\ V &= 42,89\text{N}\end{aligned}$$

$$0,175m < x < 1,535m$$

$$Ra - (x - 0,175)f - V = 0$$

$$V = 53,93 - x(63,085)$$

$$1,535m < x < 1,710m$$

$$V = 53,93 - 1,535(63,085) = -42,89N$$

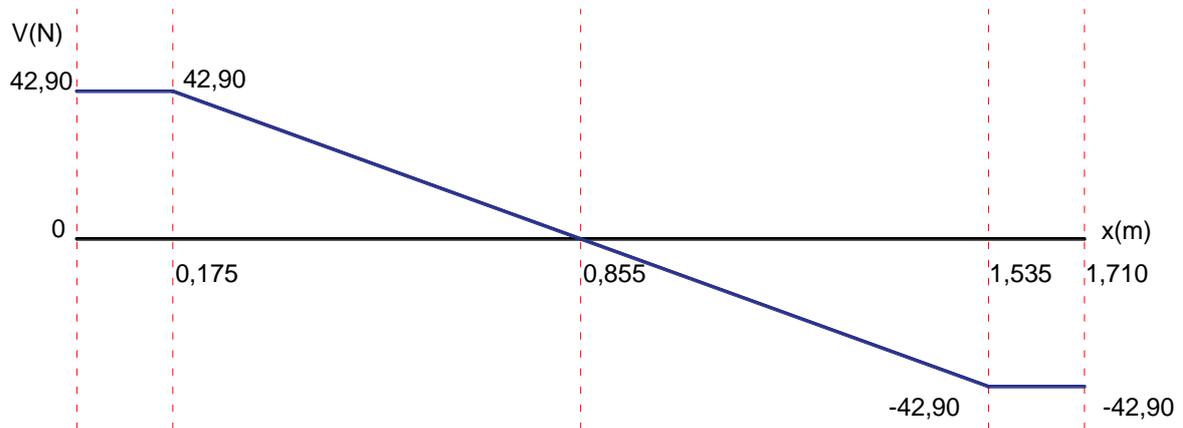


Figura 3.17 Diagrama de fuerza cortante

$$x < 0,175m$$

$$xRa - M = 0$$

$$M = 42,89x$$

$$0,175m < x < 1,535m$$

$$M = 53,93x - 0,5(63,085)x^2$$

$$1,535m < x < 1,710m$$

$$M = -42,89x + 73,34$$

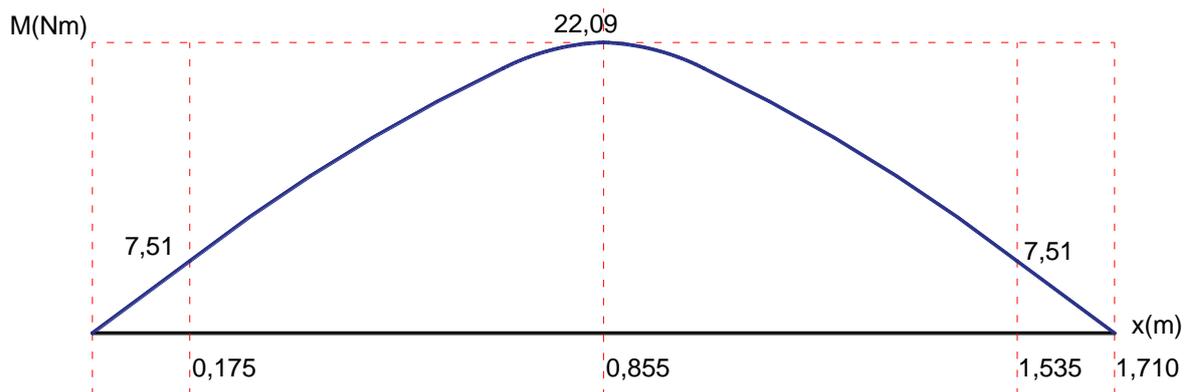


Figura 3.18 Diagrama de momento flector

Momento flector máximo:

$$M_{max} = 0,5 * f * \left(\frac{L}{2} - 0,175mm\right) * \left(L - \left(\frac{L}{2} - 0,175mm\right)\right) = 22,09Nm$$

Considerando el material para el elemento viga móvil como acero inoxidable AISI 304

Límite de fluencia acero inoxidable AISI 304

$$S_y = 210 \text{ MPa}$$

Se establece un factor de seguridad  $n = 2$  y utilizando la ecuación 11 que relaciona al momento flector y módulo de sección  $Z$  con el esfuerzo de fluencia del material y el factor de seguridad, para encontrar la sección del perfil requerido.

$$nS_y = \frac{M}{Z} \quad (30)$$

Donde:

$$Z = \frac{I}{c} \quad (31)$$

$I$ : momento de inercia del perfil

$c$ : distancia al eje neutro del perfil

$M$ : momento flector del perfil

$S_y$ : límite de fluencia del material

Se establece la altura al eje neutro del perfil  $c = 25 \text{ mm}$  y el momento flector máximo para encontrar el momento de inercia  $I$  del perfil requerido:

Entonces reemplazando la ecuación 31 en la ecuación 30 se obtiene  $I$ :

$$Z = \frac{M_{max}}{nS_y} = \frac{22,09Nm}{2 \left( 210 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \right)} = 52,595mm^3$$

$$I = cZ = 0,131cm^4$$

Se toma como referencia al Catálogo de Productos de Acero de DIPAC, y se presenta en el Anexo 2 el listado de perfiles tipo U. De entre estos perfiles, todos tienen un momento de inercia superior al calculado, por lo tanto, se escoge el perfil canal U 50x25x2 mm, con un momento de inercia en el eje  $x$   $I_{xx} = 7,06cm^4$ .

Entonces, el esfuerzo  $\sigma$  de la viga móvil con el perfil seleccionado se calcula utilizando la ecuación 12:

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot c}{I} \quad (32)$$

$$\sigma = \frac{(22,09Nm)(0,025m)}{7,06cm^4} = 7,59MPa$$

Y el factor de seguridad con el perfil escogido es:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = 27,67$$

La flexión máxima con el perfil escogido y para el caso de carga distribuida aplicado, es:

$$y = \frac{fCL^3}{24EI} \left[ 1 - \frac{C^2}{L^2} \left( 2 - \frac{C}{L} \right) \right] \quad (33)$$

Donde:

$C = 175 \text{ mm}$  (Figura 3.16)

$L = 1710 \text{ mm}$  (Figura 3.16)

$E$ : Módulo de elasticidad del material  $E = 193000 \text{ MPa}$

$I$ : momento de inercia del perfil

$f$ : carga sobre la viga

Con los valores indicados, utilizando la ecuación 13 se tiene:

$$y = 0,165 \text{ mm}$$

La flexión calculada es inferior a 1 mm y está en el orden de las décimas de milímetro. En la Figura 3.19, se presentan los límites de flexión recomendados expresados como la relación de la flexión máxima a la longitud de la viga [37], en unidades inglesas o de Sistema Internacional.

<p><b>Deflexión debido a la flexión</b>  Partes de máquina en general: 0.0005 a 0.003 pulg/pulg de longitud de viga  Precisión moderada: 0.00001 a 0.0005 pulg/pulg  Alta precisión: 0.000 001 a 0.000 01 pulg/pulg</p> <p><b>Deflexión (rotación) debido a la torsión</b>  Partes de máquina en general: 0.001° a 0.01°/pulg de longitud  Precisión moderada: 0.000 02° a 0.0004°/pulg  Alta precisión: 0.000 001° a 0.000 02°/pulg</p>
--

Figura 3.19 Límites de flexión recomendados [37].

Para la flexión calculada  $y$  y la longitud  $L$ , de acuerdo con la Figura 3.19, se tiene:

*Parte de máquina en general:*

$$\frac{0,165 \text{ mm}}{1710 \text{ mm}} = 0,000096$$

El valor calculado para la viga móvil es inferior al límite de deflexión recomendado en 10 órdenes de magnitud, por lo que se considera que la deflexión producida no representa ningún problema.

### *Sistema motriz*

El movimiento necesario para sumergir los quesos en la cera y retirarlos se lo hará con el accionamiento de 2 cilindros neumáticos de doble efecto, ubicados a cada lado del tanque de agua de calentamiento. Cada cilindro neumático se ubica en los extremos de la viga móvil, alineado su eje axial con la vertical.

Se definen los siguientes parámetros para la selección de los cilindros neumáticos:

Carga de elevación (12 quesos grandes, 6 canastillas y viga móvil)

$$m_{carga} = 0,5 \cdot (12m_{queso} + 6m_{ca} + m_{vm}) = 5,81kg$$

La carga  $F_{carga}$  se reparte entre dos cilindros neumáticos.

$$F_{carga} = m_{carga} \cdot \left(9,8 \frac{m}{s^2}\right) \cdot 0,5 = 28,46N$$

Tomando como referencia los tamaños comerciales de cilindros neumáticos de doble efecto del fabricante Parker [38] presentados en el Anexo 3, se selecciona un cilindro neumático con diámetro de émbolo 32 mm y diámetro de vástago 12 mm. La presión de funcionamiento del sistema de aire comprimido más comúnmente utilizada en instalaciones industriales es de 6 bar, valor que será tomado como referencia para la selección y cálculo del sistema neumático.

Entonces se calcula la fuerza de avance y la fuerza de retroceso a continuación:

Fuerza de avance:

$$F_a = \pi \cdot P \frac{D^2}{4} \quad (34)$$

Fuerza de retroceso:

$$F_r = \pi \cdot P \frac{D^2 - d^2}{4} \quad (35)$$

Donde:

$D$ : diámetro de émbolo       $D$ : 32 mm

$d$ : diámetro de vástago       $d$ : 12 mm

$P$ : presión de trabajo       $P = 600 \text{ kPa (6 bar)}$

Se considera una fuerza de rozamiento en los cilindros neumáticos igual al 10% de  $F_a$  y  $F_r$  [39], por lo tanto, utilizando las ecuaciones 34 y 35 se obtienen las fuerzas efectivas de avance  $F_{ea}$  y de retroceso  $F_{er}$ :

$$F_{ea} = F_a - f_r = \pi \cdot (600kPa) \frac{(32mm)^2}{4} (1 - 0.1) = 434.29 N$$

$$F_{er} = F_r - f_r = \pi \cdot (600kPa) \frac{(32mm)^2 - (16mm)^2}{4} (1 - 0.1) = 373.22 N$$

La fuerza de carga  $F_{carga}$  representa el 6,55% de la fuerza efectiva de avance y el 7,62% la fuerza de retroceso, lo que se ajusta sobradamente a la recomendación del fabricante Parker que indica que se debe seleccionar una fuerza teórica de cilindro de entre el 50% al 100 % más grande que la fuerza requerida [38].

En la Figura 3.20 se presenta un diagrama de selección de diámetros de émbolo de cilindros neumáticos en función de la fuerza de empuje, para algunas presiones de trabajo [39], se marca en línea roja el diámetro de émbolo encontrado para la fuerza efectiva calculada.

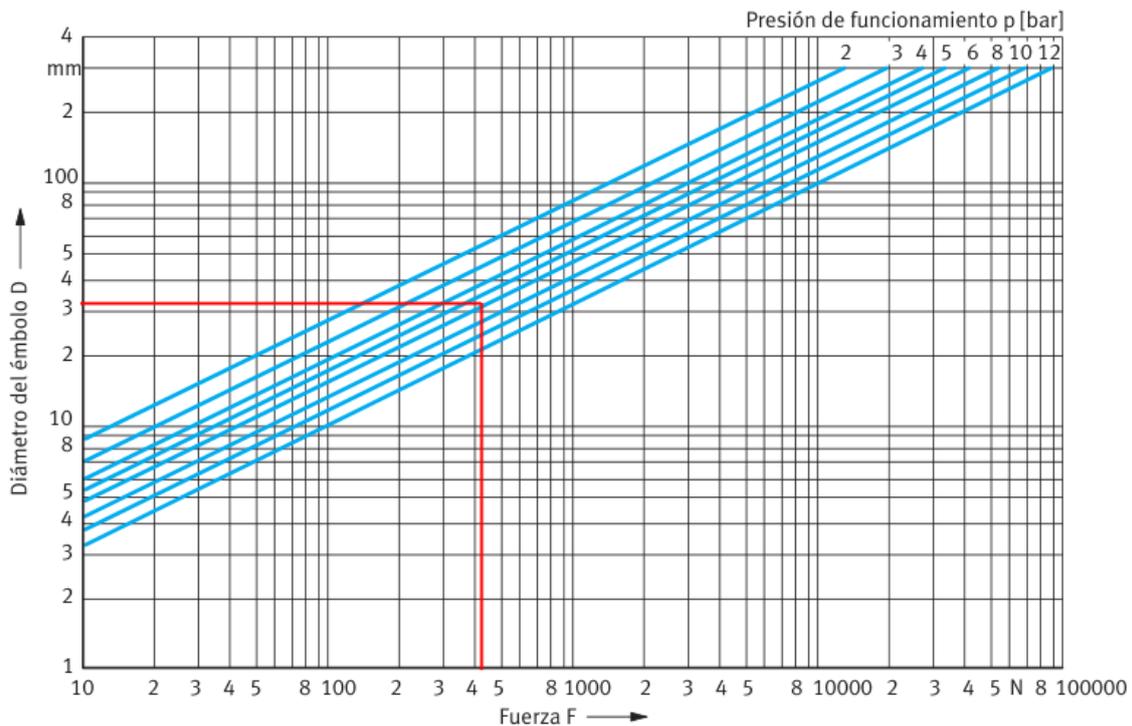


Figura 3.20 Diagrama presión fuerza para selección de diámetro de émbolo para cilindros neumáticos. Fuente: Festo Didactic, Neumática Electroneumática – Fundamentos

La longitud de vástago se determina con la siguiente relación [40]:

$$\text{Longitud básica} = \text{Carrera actual} \cdot \text{Factor de pandeo}$$

El desplazamiento previsto de la viga móvil que soporta a los quesos es  $l_c = 250 \text{ mm}$ . El factor de pandeo depende del tipo de montaje del cilindro neumático, se presenta los valores correspondientes en la Figura 3.21. El montaje que se considera es del Grupo 1/3

– Tipo III, donde el cuerpo del cilindro se encuentra fijo y el vástago no tiene una guía rígida, siendo este el caso más desfavorable [40].

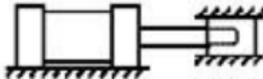
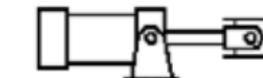
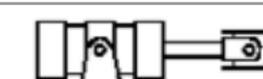
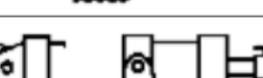
Tipos de montaje	Conexión del extremo del vástago	Tipo de conexión	Factor de pandeo
<b>Grupos 1 o 3</b> - Los cilindros de gran longitud de carrera deben montarse usando en un extremo una base rígida y alineada para soportar la fuerza principal y en el extremo opuesto un soporte parecido. Se aconseja un soporte intermedio para el caso de carreras muy largas	Fijo y guiado rígido	I 	0,5
	Pivote y guiado rígido	II 	0,7
	Soporte sin guiado rígido	III 	2
<b>Grupo 2</b>	Pivote y guiado rígido	IV 	1
	Pivote y guiado rígido	V 	1,5
	Pivote y guiado rígido	VI 	2

Figura 3.21 Tipos de montaje de cilindros neumáticos y factor de pandeo.  
Fuente: Creus Solé A. Neumática e Hidráulica, (2007)

Entonces se tiene la longitud de vástago básica:

$$\text{Longitud básica} = 250\text{mm} \cdot 2 = 500 \text{ mm}$$

Mediante el diagrama de pandeo del fabricante Festo mostrado en la Figura 3.22 también es posible determinar la carrera máxima que soporta el cilindro neumático de las dimensiones y fuerza requerida para el caso más de montaje más desfavorable del cilindro [39], [41]. En línea de color rojo se marca el valor estimado de 470 mm para la fuerza efectiva aproximada  $F_{ea} = 435 \text{ N}$  de un cilindro neumático de diámetro de émbolo  $D = 32 \text{ mm}$  y diámetro de vástago  $d = 12 \text{ mm}$ .

El valor calculado de la longitud básica del vástago de cilindro frente al valor encontrado mediante el diagrama de la Figura 3.22 difieren en un 6,38 % y siendo que el desplazamiento que dará el cilindro es de máximo 250 mm, se considera que no existirá problemas debido a pandeo del vástago.

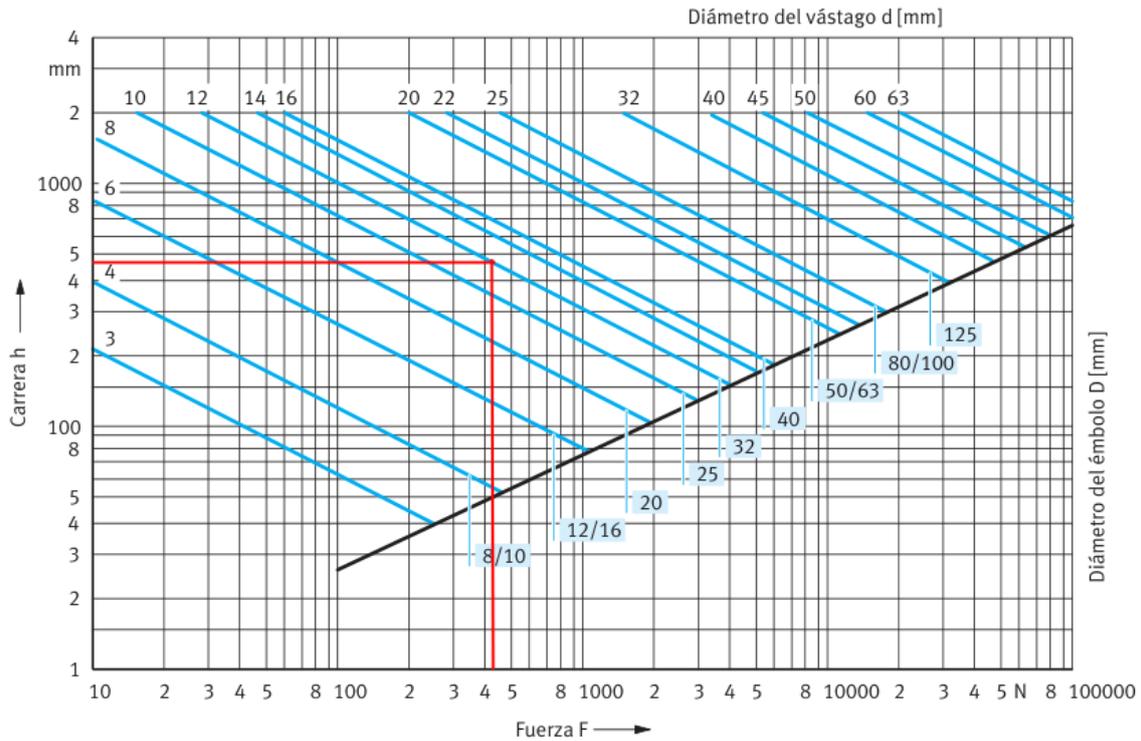


Figura 3.22 Diagrama de pandeo que muestra la carrera del cilindro neumático en función de la fuerza aplicada.

Fuente: Festo Didactic, *Neumática Electroneumática – Fundamentos*

La velocidad del émbolo depende de la fuerza que se aplica en sentido contrario a la presión de aire, de la longitud de recorrido y de la sección de la tubería de conducción de aire y el caudal que por ahí pasa [39]. La velocidad del émbolo está en el rango entre  $0,1 \frac{m}{s}$  y  $1,5 \frac{m}{s}$ , y se puede regular esta velocidad con válvulas de estrangulación y antirretorno [39].

En la Figura 3.23 se presenta un diagrama con valores promedios de velocidad de émbolo como función del diámetro en configuraciones de válvulas de estrangulación con estrangulación de escape normal, válvulas sobredimensionadas con escape normal o válvulas de estrangulación sobredimensionadas con escape rápido. En este diseño se utilizará válvulas de estrangulación con escape normal.

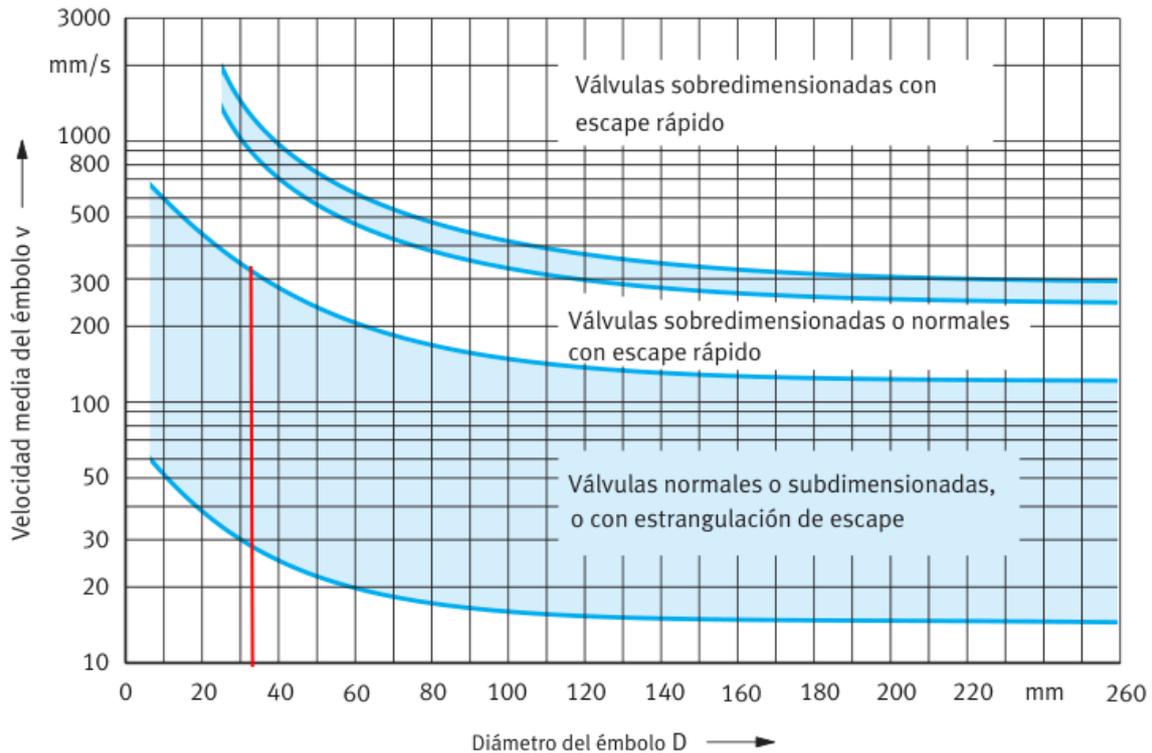


Figura 3.23 Velocidad promedio de émbolos

Fuente: Festo Didactic, *Neumática Electroneumática – Fundamentos*

De acuerdo con la Figura 3.23, para el diámetro de émbolo  $D = 32$  mm la velocidad puede estar entre  $60 \frac{mm}{s}$  y  $600 \frac{mm}{s}$ . Como un valor medio dentro de los límites de la región de velocidades que corresponde a válvulas normales se escoge como velocidad de desplazamiento  $v = 200 \frac{mm}{s}$  para propósito de diseño.

En el mercado ecuatoriano, los cilindros neumáticos adecuados para uso alimenticio se pueden conseguir a través de distribuidores autorizados del fabricante EMERSON, que provee la marca AVENTICS, la cual se ha tomado como referencia para el dimensionamiento del sistema neumático.

El cilindro neumático que más se ajusta al diseño requerido es el presentado en el Anexo 4.

### Consumo de aire

Para conocer el caudal de aire que se debe proporcionar al equipo, se obtiene el consumo de aire que necesitan los cilindros neumáticos para su operación utilizando el diagrama de consumo de aire del fabricante Festo mostrado en la Figura 3.24:

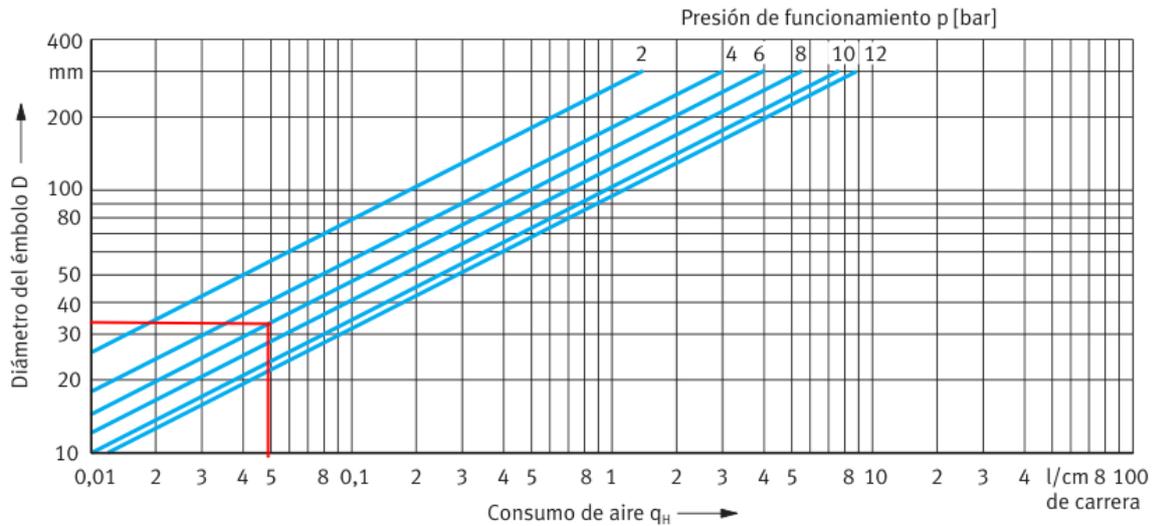


Figura 3.24 Diagrama de consumo de aire para cilindros neumáticos

Fuente: Festo Didactic, *Neumática Electroneumática – Fundamentos*

Para calcular el consumo de aire utilizando el diagrama de la Figura 3.24 se utiliza la ecuación 36 [39]:

$$q_b = 2 \cdot s \cdot n \cdot q_h \quad (36)$$

Donde:

$q_b$ : consumo de aire (lt/min)

$s$ : carrera (cm)

$n$ : carrera por minuto (1/min)

$q_h$ : consumo de aire por centímetro de carrera

Del diagrama de consumo de aire se tiene que  $q_h = 0,05$  l/cm.

Con la velocidad de cilindro obtenida a partir de la Figura 3.23 y la carrera  $l_c = 250$  mm, el tiempo de recorrido del vástago del cilindro es 1,25 s, por lo tanto,  $n = 48$  carrera/min.

Entonces aplicando la ecuación 36 se obtiene el caudal mínimo necesario para la operación del sistema:

$$q_b = 2 \cdot (25\text{cm}) \cdot \left(\frac{48}{\text{min}}\right) \cdot \left(\frac{0,05\text{ l}}{\text{cm}}\right) = 120 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

### **3.7. Simulación de sistema neumático**

Se presenta el diseño y simulación del sistema neumático que se utilizará en la máquina para encerar quesos. El diseño del proceso de automatización de inmersión de quesos en cera caliente se ha realizado utilizando la metodología Grafcet y la simulación se realiza utilizando el software FluidSim, un programa de simulación neumática y electroneumática.

#### **3.7.1. Sistema electroneumático de movimiento**

##### *Metodología de Diseño*

La metodología de automatización del dispositivo para encerar quesos se basa en un proceso secuencial que busca mover el soporte donde se sujetan los quesos durante la inmersión en la cera caliente mediante cilindros neumáticos para controlar su movimiento.

##### *Descripción del proceso*

Para iniciar el funcionamiento de la máquina, primero se debe energizar el sistema y presurizar la red de aire comprimido para poner en posición inicial de cilindros extendidos. A continuación, se debe establecer en un temporizador la duración  $t_c$  de la posición extendida de los cilindros durante el ciclo de trabajo. Al arrancar el ciclo de operación, se comienza a contar el tiempo establecido previamente y al finalizar el conteo, los cilindros se contraen, haciendo descender el soporte con los quesos. El soporte se mantendrá en posición contraída durante  $t_s = 2$  s, tiempo que también puede modificarse en su respectivo temporizador. Luego, los cilindros se extienden nuevamente, elevando el soporte a su posición inicial. Una vez con los cilindros extendidos y el soporte de los quesos en la posición inicial, comienza a correr nuevamente el tiempo para repetir el ciclo de movimiento. Durante el tiempo en posición extendida de los cilindros es posible detener el conteo de tiempo lo que permite que los cilindros permanezcan extendidos indefinidamente y después reiniciar el conteo de tiempo para bajar el soporte, mantenerlo 2 segundos y volver a subir, continuando el ciclo.

## *Modelo Grafset*

### Etapa 0: Inicio del Proceso

Acciones:

- Energizar el sistema
- Presurizar la red de aire comprimido

Transiciones:

- Ir a la Etapa 1

### Etapa 1: Posición Inicial de los Cilindros

Acciones:

- Cilindros en posición extendida

Transiciones:

-Encendido:

- Ir a la Etapa 2

### Etapa 2: Inicio de operación

Acciones:

- Iniciar el temporizador y comenzar el conteo del tiempo  $t_c$

Transiciones:

- Si el tiempo  $t_c$  ha transcurrido:
- Ir a la Etapa 3

### Etapa 3: Bajar el Soporte

Acciones:

- Contraer los cilindros
- Descender el soporte

Transiciones:

- Sensor S0 detecta posición contraída
- Ir a Etapa 4.

### Etapa 4: Mantener Posición Contraída

Acciones:

- Mantener posición contraída por 2 segundos

Transiciones:

- Si el tiempo  $t_s$  ha transcurrido
- Ir a la Etapa 5

### Etapa 5: Elevar el Soporte

Acciones:

- Extender los cilindros
- Elevar el soporte a posición inicial

Transiciones:

- Sensor S1 detecta posición extendida de cilindro
- Ir a Etapa 6

### Etapa 6: Mantener Posición Extendida

Acciones:

- Mantener posición extendida

Transiciones:

- Ir a la Etapa 2 si no se ha detenido el conteo de tiempo
- Ir a la Etapa 7 si se ha detenido el conteo de tiempo

### Etapa 7: Accionamiento Manual

Acciones:

- Mantener cilindros extendidos de forma permanente

Transiciones:

- Si se pulsa el pulsador de arranque:

- Ir a la Etapa 6

Se presenta en la Figura 3.25 el diagrama Grafcet del diseño de control.

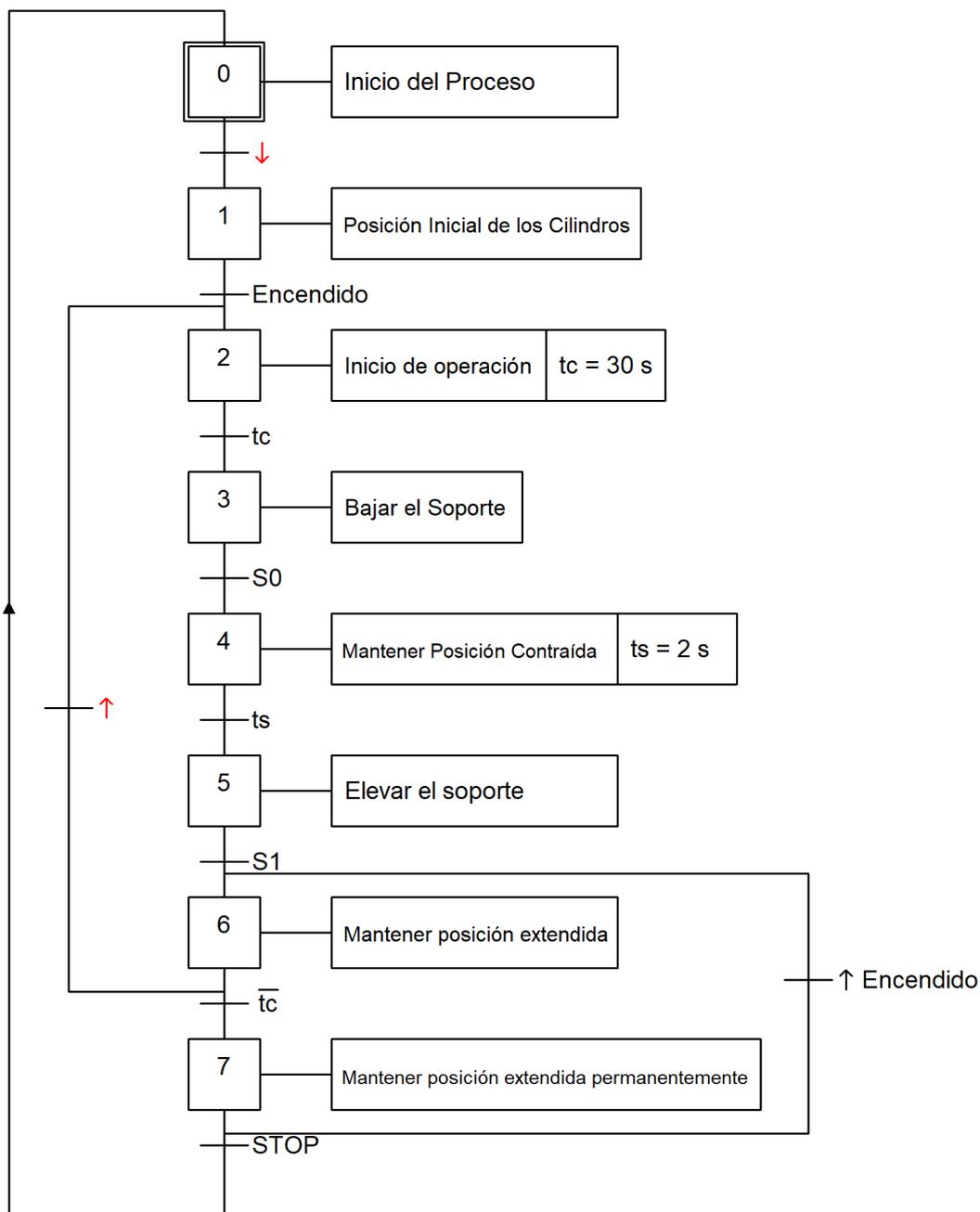


Figura 3.25 Diagrama Grafcet de proceso de encerado de queso

### 3.7.2 Simulación de funcionamiento

#### *Movimiento para inmersión de los quesos en la cera caliente*

El ciclo de operación, después de que se presuriza el sistema electroneumático, inicia con los cilindros neumáticos extendidos que han elevado la viga móvil donde se sujetan los

quesos, como se presenta en la Figura 3.26. A continuación, en la Figura 3.27 se muestra la orden de bajada de los quesos que se dio mediante la acción del pulsador S3, los quesos permanecerán 2 s sumergidos siendo posible configurar este tiempo, después de esto, la Figura 3.28 muestra la etapa donde la viga móvil sube. Se puede configurar el tiempo de espera para que la viga se mantenga elevada, retirar los quesos encerados y colocar quesos nuevos y permitir que el ciclo se repita automáticamente, así como también es posible detener el ciclo para proceder manualmente la operación.

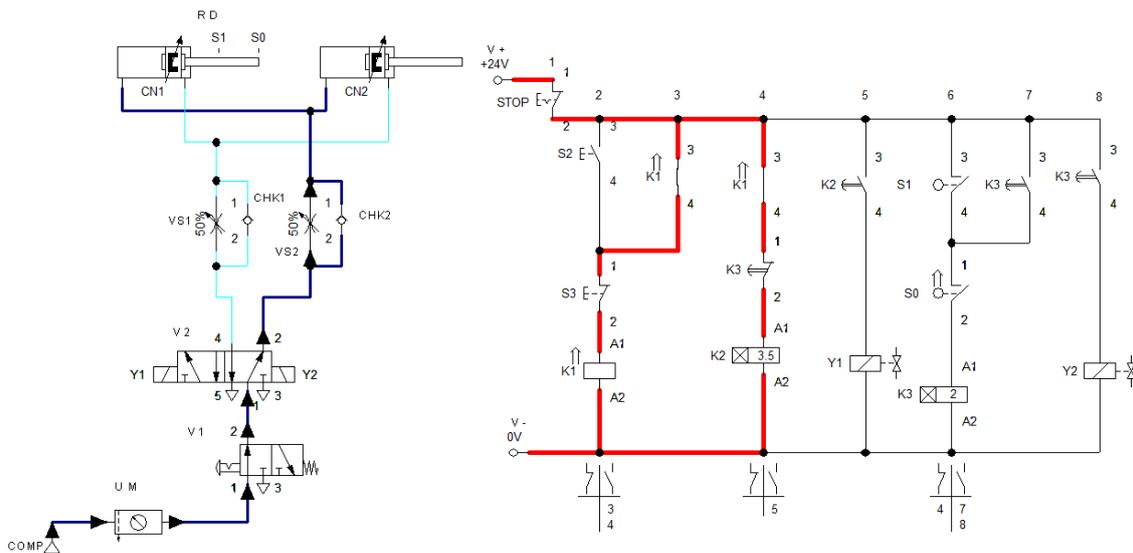


Figura 3.26 Sistema energizado y con presión de aire en tiempo de espera antes de sumergir los quesos, cilindros extendidos, viga móvil elevada.

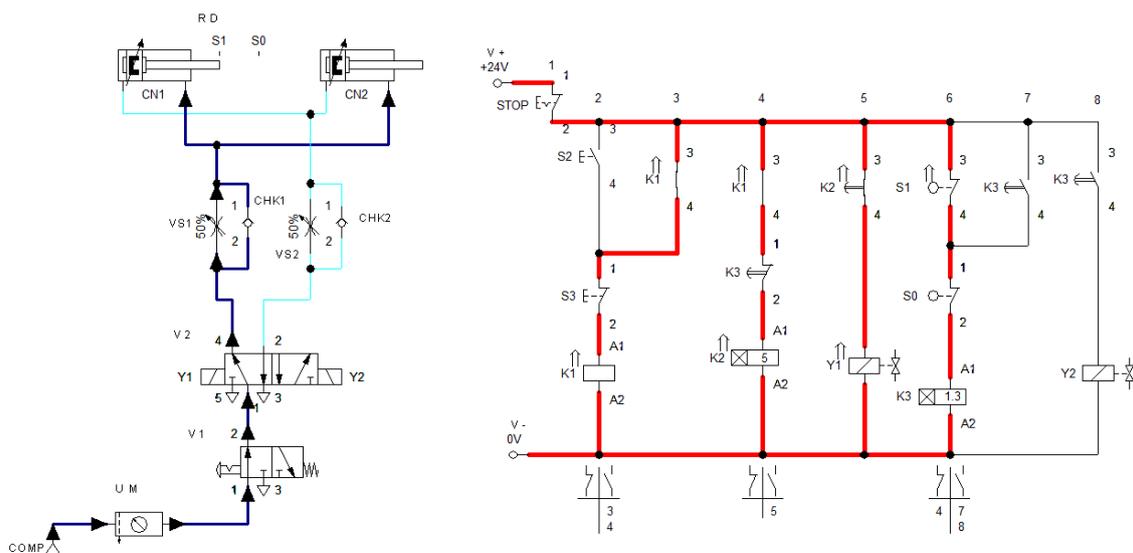


Figura 3.27 Cilindros recogidos y tiempo de inmersión corriendo

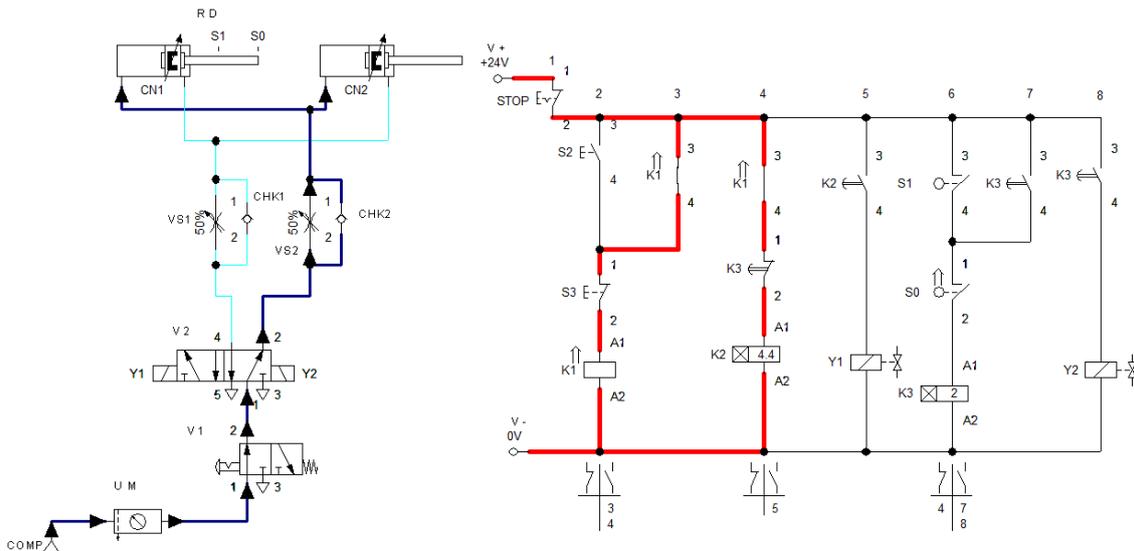


Figura 3.28 Inicio de nuevo ciclo con cilindros extendidos y corriendo el tiempo para recolección de quesos encerados y recarga.

Se presenta el diagrama electropneumático del proceso junto a su lista de componentes en el Anexo 5.

### 3.7.3 Calentamiento de la cera

Para el proceso de encerado de quesos, la cera debe fundirse y calentarse hasta 110 °C mediante el calor proporcionado por la masa de agua. La cera se coloca en recipientes individuales para cada color de cera que se necesite aplicar a los quesos, estos recipientes se sumergen en el agua caliente. El tanque tendrá un aislamiento térmico de 25 mm de espuma de poliuretano expandido sobre lámina de acero de 1 mm de espesor. Se presenta en la Figura 3.29 el tanque de agua caliente con los recipientes de cera a calentar, indicando sus partes principales.

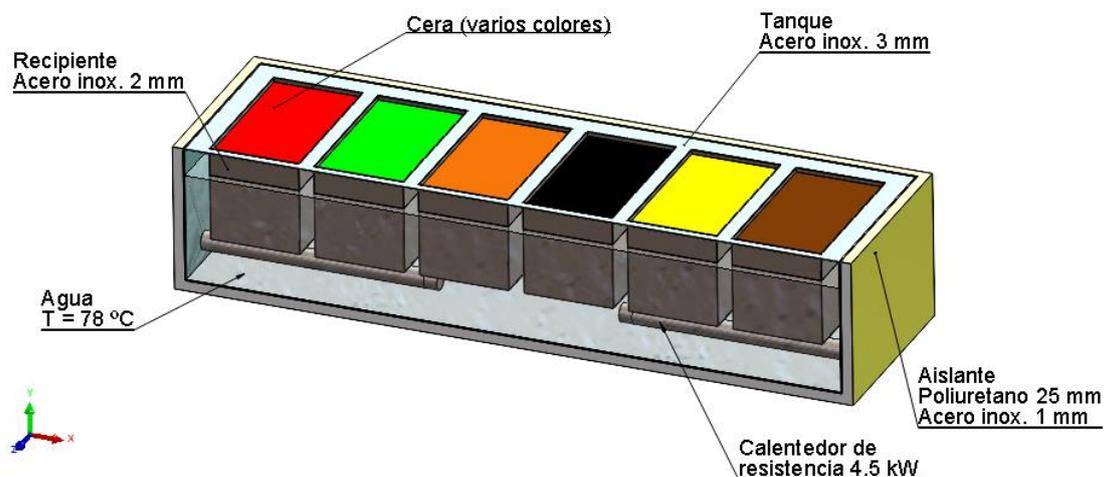


Figura 3.29 Representación de los recipientes de cera dentro del agua de calentamiento indicando sus partes principales

Se realizó un análisis térmico de tipo transitorio utilizando el software Solidworks y su módulo de simulación por elementos finitos con las siguientes consideraciones:

$A_r = 1,57 \text{ m}^2$  Área total de transferencia de calor de recipientes:

$P_c = 4,5 \text{ kW}$  Potencia de resistencia calefactora. (Se utilizan 4 resistencias).

El material de cuerpo de tanque, recipientes y superficie externa de aislamiento es Acero inoxidable, sus propiedades térmicas se muestran en la Tabla 3..

Por lo tanto, utilizando la Ecuación 24 se calcula el flujo de calor  $q_c$  que se aplica en las paredes de los recipientes sumergidos, como se muestra en la Figura 3.30:

$$q_c = \frac{4 \cdot P_c}{A_r} = 11,46 \text{ kW}$$

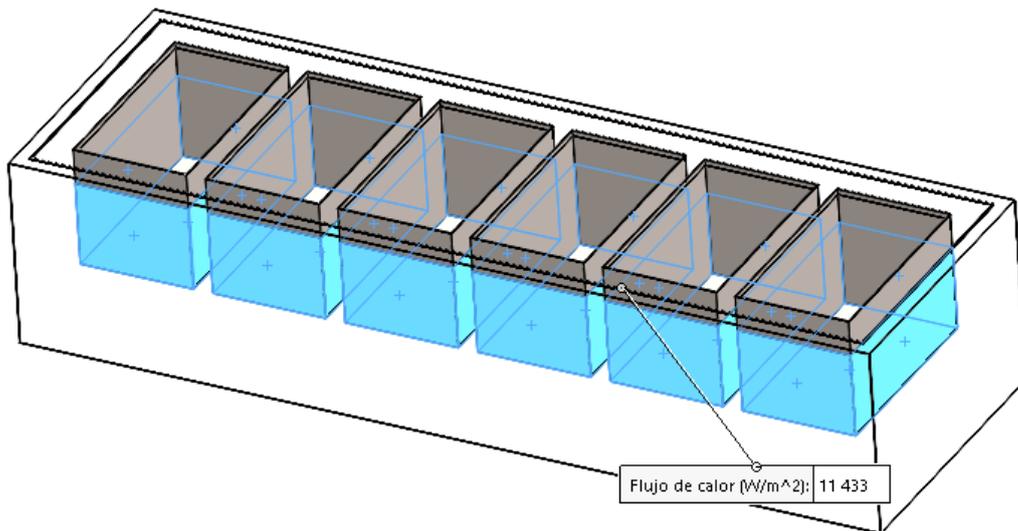


Figura 3.30 Área por donde fluye el calor desde la masa de agua que rodea a los recipientes de cera.

Se considera una temperatura de 20°C como temperatura inicial de todo el conjunto, como se muestra en la Figura 3.31.

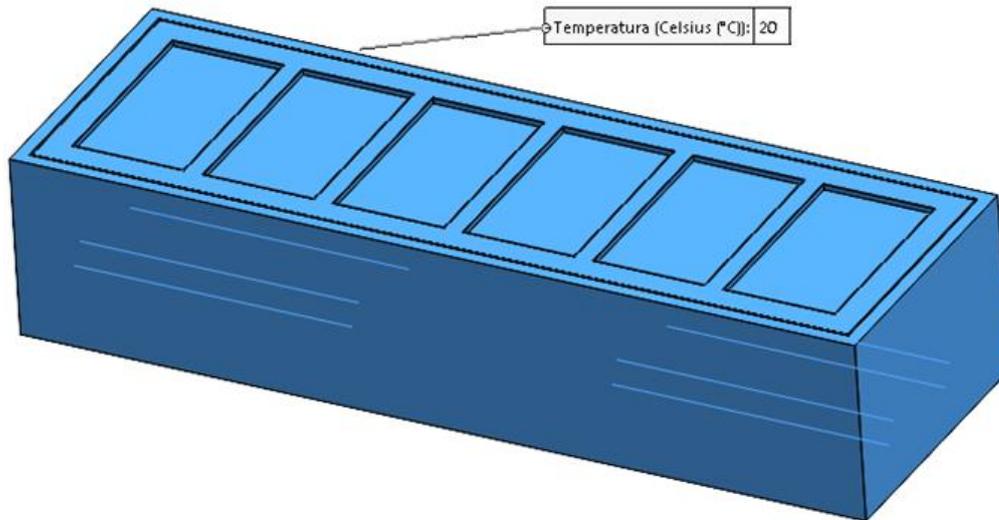
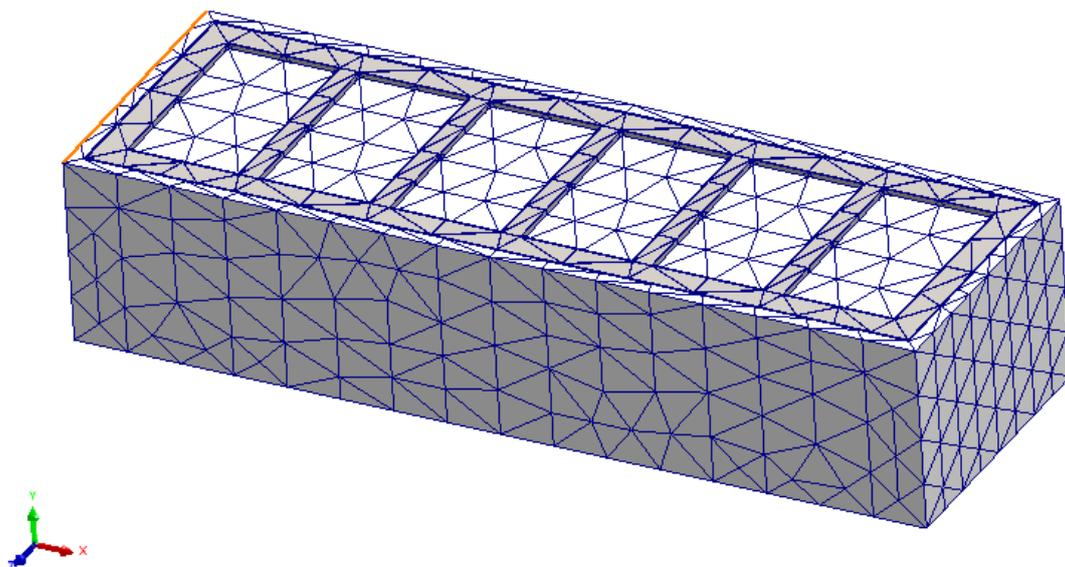


Figura 3.31 Temperatura inicial de 20° C en todo el equipo.

El modelo del tanque con agua que calienta los recipientes con cera se descompone en elementos de malla. Se especifica en el generador automático de malla de Solidworks un mallado con elementos de tipo sólido de alto orden, con malla basada en curvatura para dar más precisión en las esquinas y bordes del modelo [36]. Los elementos de malla tendrán un tamaño mínimo de elemento de 5 mm. Se presenta el modelo mallado en la Figura 3.32



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 3.32 Modelo sólido con mallado para análisis térmico.

Se realizó esta simulación para un período de tiempo de 3600 s (1 hora), con pasos cada 300 s (5 min), y se presentan los resultados de distribución de temperatura después de 5 min en la Figura 3.33, después de 20 min en la Figura 3.34 y tras 35 min en la Figura 3.35

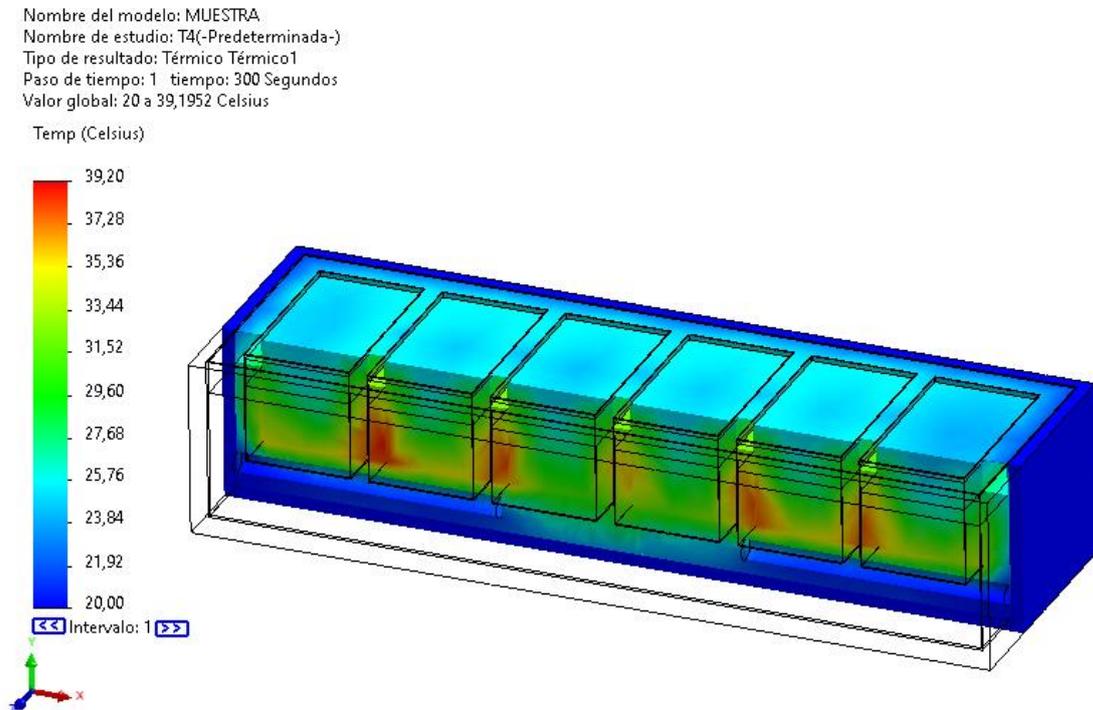


Figura 3.33 Temperatura de la cera tras 5 minutos de calentamiento

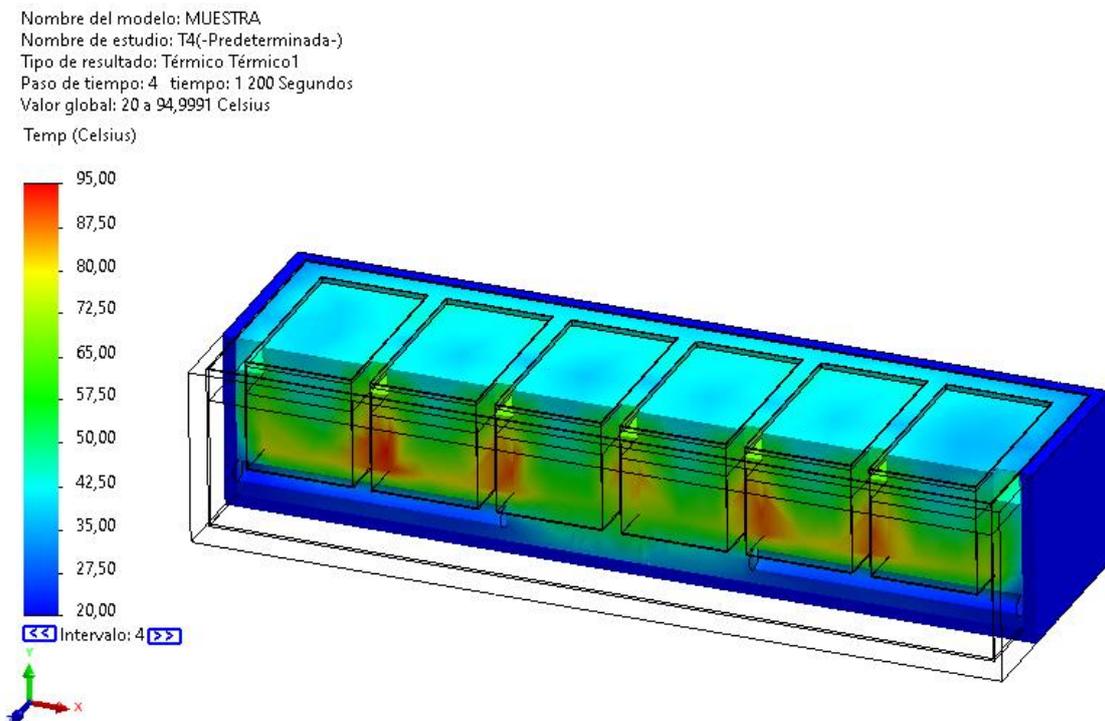


Figura 3.34 Temperatura de la cera tras 20 minutos de calentamiento

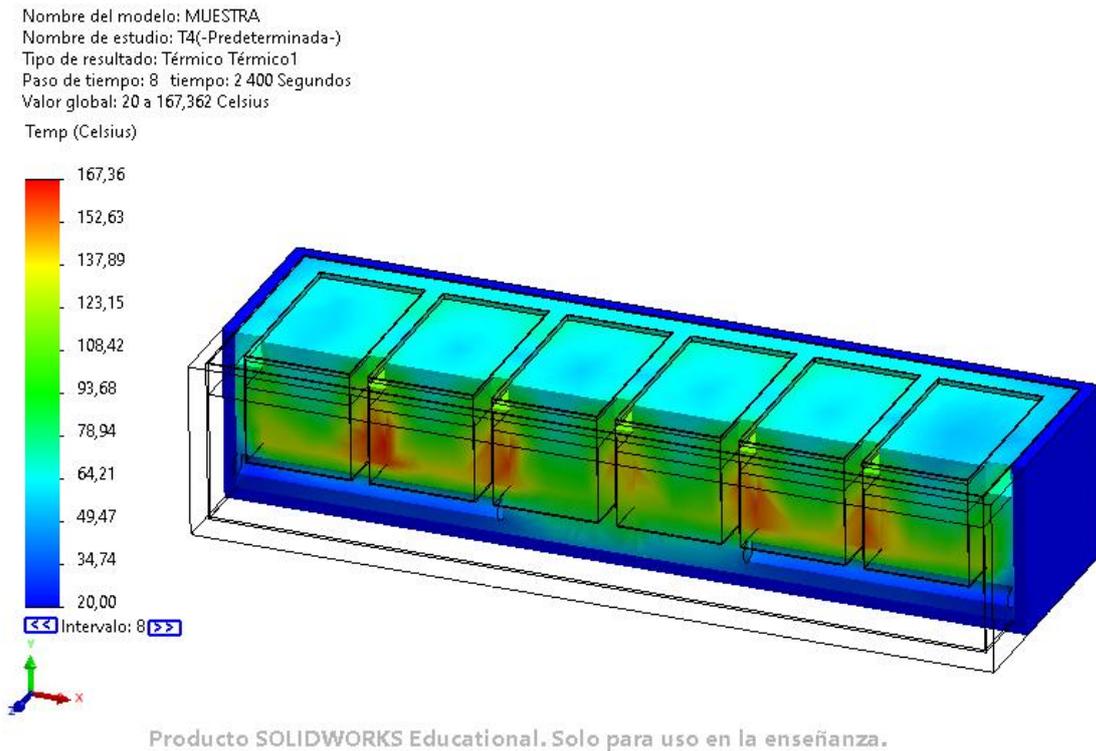


Figura 3.35 Temperatura de la cera luego de 35 min.

A los 35 minutos, la temperatura en la superficie de la cera es de aproximadamente 64,21°C y en el resto de la masa de cera es del orden de los 110°C.

### 3.8. Análisis de costos

El siguiente análisis de costos busca dar una descripción de los gastos en que se deberá invertir para el diseño y construcción de la máquina.

#### 3.8.1. Costos de materiales

Los costos de materiales mecánicos y electropneumáticos se desglosan en la Tabla 3.5. Los precios mostrados se han obtenido de cotizaciones en almacenes o precios referenciales de tiendas online, además de consultas realizadas a talleres metalmecánicos de la ciudad de Ibarra y Cayambe.

Tabla 3.5 Detalle de costos de materiales mecánicos y electroneumáticos.

RESERVORIO DE AGUA					
Nombre	Descripción	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo
Plancha	Acero Inoxidable AISI 316, 2400 x 1200 x 3 mm	1	plancha	\$257,75	\$257,75
Angulo	L 50 x 3 Acero Inoxidable AISI 304	2	m	\$23,58	\$47,16
Varilla	Acero Inoxidable AISI 316, Ø 5mm	2	m	\$4,71	\$9,42
Neplo	Neplo roscado NTP Ø1/2" x 100 mm, Acero inoxidable	3	u	\$3,80	\$11,40
Tapón	Tapón roscado NTP Ø1/2", Acero inoxidable	1	u	\$1,50	\$1,50
Válvula	Válvula de bola Ø1/2" Acero inoxidable	2	u	\$21,00	\$42,00
Codo	Codo rosca NTP Ø 1/2". Acero inoxidable	1	u	\$2,50	\$2,50
Tuerca	M10 Acero inoxidable	2	u	\$0,35	\$0,70
Perno	M8 x 50 Acero inoxidable	2	u	\$0,45	\$0,90
Tuerca	M8 Acero inoxidable	2	u	\$0,30	\$0,60
Perno	M6 Acero inoxidable	4	u	\$0,30	\$1,20
Tuerca	M6 Acero inoxidable	4	u	\$0,25	\$1,00
Perno	M5 x 12 Acero inoxidable	10	u	\$0,18	\$1,8
Tuerca	M5 Acero inoxidable	10	u	\$ 0,15	\$ 1,5
Aporte	Varilla de acero inoxidable ER316L Ø 3/32"	3	kg	\$14,72	\$44,15
Consumible	Grata, discos de corte, desbaste	1	u	\$20,00	\$20,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$443,58</b>
AISLAMIENTO					
Nombre	Descripción	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo
Plancha	Acero Inoxidable AISI 316, 2400 x 1200 x 1 mm	2	plancha	\$95,03	\$190,06
Aislante	Espuma de poliuretano expandido alta densidad	1	lata 750 ml	\$10,00	\$10,00
Tornillos	Autoperforantes #14 x 15 mm	52	Unidad	\$0,15	\$7,80
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$207,86</b>
RECIPIENTES DE CERA					
Nombre	Descripción	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo
Plancha	Acero Inoxidable AISI 316, 2400 x 1200 x 2 mm	1	plancha	\$175,25	\$175,25
Varilla	Acero Inoxidable AISI 316, Ø 5mm	3,5	m	\$4,71	\$16,49
Soldadura	Varilla de acero inoxidable ER316L Ø3/32 "	2	kg	\$14,72	\$29,43
Consumible	Grata, discos de corte, desbaste	1	u	\$20,00	\$20,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$241,17</b>

<b>SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo</b>
Cilindro doble efecto Ø32, doble efecto, vástago con rosca exterior, topes magnéticos	2	u	\$335,48	\$670,96
Fuente 24 V	1	u	\$61,85	\$61,85
Pulsador flanqueador 110V -220V	2	u	\$3,75	\$7,50
Pulsador flanqueador tipo hongo Paro emergencia 110V-220V	1	u	\$4,00	\$4,00
Relé 24 V	1	u	\$7,00	\$7,00
Relé con temporizador 24 V	2	u	\$25,00	\$50,00
Válvula antirretorno y estrangulación	2	u	\$45,61	\$91,22
Válvula de 3/2 vías con solenoide	1	u	\$53,37	\$53,37
Válvula de 5/2 vías con solenoide	1	u	\$69,57	\$69,57
Unidad de mantenimiento Filtro + lubricación	1	u	\$68,60	\$68,60
Manguera para aire comprimido Ø 6mm 10 bar	10	m	\$4,05	\$40,50
Cable de control 20 AWG	10	m	\$2,00	\$20,00
Gabinete metálico (400x400x200) mm, IP 66 / IK 10 en acero inoxidable AISI 304 mate/mate	1	u	\$215,44	\$215,44
Racor Recto Rápido Neumático 1/4npt Rosca 6mm	8	u	\$1,25	\$10,00
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$1 370.01</b>
<b>MATERIAL ELÉCTRICO PARA CONTROL DE RESISTENCIAS</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo</b>
Resistencia eléctrica 4,5 kW, Ø8mm, acero inoxidable, rosca 2" DP007	4	u	\$58	\$232
Breaker 63 A, 220 V, 6kVA	2	u	\$8,80	\$17,60
Contactador Potencia 18,5 kW, Corriente 65 A/ 85 A	2	u	\$42,00	\$84,00
Termostato Bulbo y capilar 30 ° - 110° 16A 230V	1	u	\$95,09	\$95,09
Cable Sucre 18 AWG	10	m	\$2,00	\$20,00
Pulsador doble metálico con luz 230v. 1NA + 1NC	2	u	\$6,60	\$13,20
Canaleta Dexon 40x25	2	m	\$5,00	\$10,00
Riel DIN	1	m	\$310,00	\$3,10
Borneras para riel DIN18 AWG	5	u	\$1,67	\$8,35
Luz piloto led rojo monoblock UE 220 V AC	1	u	\$1,5	\$1,5
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$484.84</b>

Fuente: Autor

Los costos totales de los componentes se resumen a continuación en la Tabla 3.6:

Tabla 3.6 Costo total de componentes mecánicos y electro neumáticos

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Reservorio de agua	\$443,58
Aislamiento	\$207,86
Recipientes de cera	\$241,17
Sistema electro neumático	\$1 370.01
Material eléctrico para resistencias	\$484.84
<b>TOTAL</b>	<b>\$2 747,46</b>

Fuente: Autor

### 3.8.2. Costos de mano de obra

En cuanto a los costos de mano de obra, se realizó consultas a contratistas y talleres en Quito, Cayambe e Ibarra y según esta información, el precio promedio que cobra un soldador para acabado sanitario es de 60 dólares por día. Además, un ayudante cobra 35 dólares por día y un armador cobra 55 dólares por día. Por otro lado, para el trabajo de armado de las partes se consideran 20 horas y para el trabajo de soldadura se consideran 20 horas, en ambas tareas trabajará el ayudante, que contabilizará 40 horas de trabajo. El costo por mano de obra se detalla en la Tabla 3.7 .

Tabla 3.7 Costo de mano de obra

Trabajador	Salario/hora	Horas	Costo
Soldador	\$7,5	20	\$150,00
Ayudante	\$4,4	40	\$175,00
Armador	\$6,9	20	\$137,50
Maestro mecánico	\$5,00	80	\$400,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$862,50</b>

Fuente: Autor

### 3.8.3. Costos de maquinaria y herramientas utilizados

De acuerdo con consultas realizadas a talleres metalmecánicos de la ciudad de Ibarra y Cayambe que trabajan con acero inoxidable y que tienen la capacidad de realizar procesos de soldadura con acabado suave requerido en equipamiento de uso alimenticio, los costos referenciales de utilización de maquinaria y equipos son los siguientes:

Tabla 3.8 Costos de utilización de maquinaria y equipos

Máquina	Costo/hora	Horas	Costo
Dobladora	\$10,00	8	\$80,00
Guillotina	\$10,00	6	\$60,00
Sierra	\$10,00	1	\$10,00
Soldadora	\$5,00	20	\$100,00
Taladro	\$10,00	4	\$40,00
Amoladora	\$3,00	10	\$30,00
Herramienta manual	5% de mano de obra		\$23,13
<b>TOTAL</b>			<b>\$363,13</b>

Fuente: Autor

### 3.8.4. Costos directos

El resumen de costos directos se presenta en la Tabla 3.9:

Tabla 3.9 Costos directos totales

Descripción	Costo
Componentes mecánicos / electroneumáticos	\$2 747,46
Mano de obra	\$862,50
Maquinaria y equipos	\$363,13
<b>TOTAL</b>	<b>\$3 973,09</b>

### 3.8.5. Costos indirectos

Entre los costos indirectos que se deberán asumir para la fabricación de la máquina enceradora de quesos, se considera el trabajo de diseño y los gastos imprevistos que puedan surgir en la ejecución de un proyecto. Se presentan estos valores en la Tabla 3.10:

Tabla 3.10 Costos indirectos

Descripción	Porcentaje de costos directos	Costo
Diseño e Ingeniería	10%	\$348,83
Imprevistos	5%	\$174,42
<b>TOTAL</b>		<b>\$523,25</b>

### 3.8.6. Costo total

Los costos directos e indirectos suman el costo total, se muestra su resumen en la Tabla 3.11:

Tabla 3.11 Costo total de máquina de encerar quesos

Descripción	Valor
Costos directos	\$3 973,09
Costos indirectos	\$523,25
<b>TOTAL</b>	<b>\$4 496,34</b>

El costo estimado para la fabricación de la Máquina enceradora de quesos es de \$4496,34 dólares.

## Capítulo 4

### CONCLUSIONES

- Se han determinado los parámetros que se deben controlar en el proceso de encerado de queso por inmersión los cuales son: temperatura de agua de calentamiento que debe estar entre 76 °C y 79 °C para que la temperatura de cera se encuentre entre los valores de 107 °C y 116 °C, recomendados por los productores de queso, y el tiempo de inmersión en la cera, cuyo valor recomendado es de 6 s.
- Utilizando una metodología de diseño de etapas secuenciales se ha diseñado una máquina enceradora de quesos que permite controlar la temperatura de la cera y el tiempo de inmersión, además, sus dimensiones son acordes a las necesidades de producción que son capacidad de procesar quesos de Ø12 cm con 5 cm de altura y Ø 6 cm con 4 cm de altura, incluye seguridad con aislamiento de superficies calientes y paros de emergencia, capacidad de producción para seis colores diferentes de cera, operación y mantenimiento sencillos y brinda un manejo semiautomático que busca minimizar el contacto del producto y la cera caliente con el operador.
- Se ha realizado la simulación del comportamiento de los elementos mecánicos sometidos a cargas, utilizando análisis por elementos finitos, considerando elementos de tipo sólido de alto orden y tamaño de malla ajustado a curvaturas para más precisión y el proceso de funcionamiento de la máquina enceradora de quesos, incluyendo la automatización, mediante simulación del sistema neumático propuesto utilizando el software FluidSim.
- Se han analizado los datos obtenidos mediante la simulación del proceso de encerado de quesos de acuerdo con los parámetros del diseño de la máquina enceradora permite alcanzar la temperatura de 110°C en un tiempo de 35 minutos. La simulación del comportamiento mecánico del recipiente de agua de calentamiento, así como los recipientes de cera, funcionando a la temperatura máxima de operación es satisfactorio, presentando factores de seguridad mínimos de 2 y deformaciones en el orden de 0.4 mm. Este análisis permite prever y optimizar el funcionamiento del proceso antes de su implementación física, identificar posibles mejoras y asegurar un diseño adecuado del dispositivo.

- El diseño de máquina enceradora una vez que ha sido definido y documentado, ha sido cotizado para su posterior fabricación local en un futuro proyecto. El costo proyectado es de USD \$ 4496,34. Se presenta la lista de materiales y planos necesarios para su fabricación. Se ha considerado que la mayor parte de los materiales y partes necesarias para la fabricación de la máquina enceradora se pueden encontrar en el mercado nacional y la fabricación es posible realizarla en talleres de la ciudad de Ibarra, Cayambe o Quito.
- Aunque el mercado local no presenta una amplia variedad de ceras para recubrimiento, el dispositivo podría trabajar con cualquiera de las ceras que se pueden utilizar para este proceso, pues siempre se alcanzará una temperatura de cera superior a su punto de fusión.
- Elementos como los cilindros neumáticos de acero inoxidable es posible encontrarlos bajo pedido con proveedores en el mercado ecuatoriano, por lo que los precios referenciales que proporcionan son de mercados extranjeros considerando los costos e impuestos de importación de esta clase de artículos.

## RECOMENDACIONES

- La instalación eléctrica recomendada para el aprovisionamiento de energía para la máquina enceradora debe ser de 220 V.
- Los costos de materiales son referentes a enero 2023 y pueden cambiar por efectos de la inflación y condiciones del mercado mundial.
- Se debe seguir las directrices de la información de planos para la fabricación de la maquina enceradora.
- Se debe verificar la calidad del acero inoxidable que se utilizará en los elementos que tendrán contacto con los alimentos, el acero austenítico AISI 316 es el recomendado para este caso, pudiéndose utilizar el acero inoxidable AISI 304 para los demás elementos estructurales donde no habrá contacto con alimentos.
- Las superficies de los dispositivos y equipos que tienen contacto con alimentos deben estar libres de golpes para evitar golpear y que se produzcan surcos, rayones, marcas o hendiduras donde puedan proliferar bacterias.
- Quien ejecute el proyecto de fabricación deberá tener la experiencia en el manejo de acero inoxidable para acabado sanitario, la soldadura deberá tener un acabado suave, liso y continuo que no presente hendiduras, surcos o espacios donde puedan acumularse bacterias.

## REFERENCIAS

- [1] M. Orozco, «Un tercio de la producción láctea se dedica al queso», Revista Líderes. Accedido: 1 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-produccion-lactea-queso.html>
- [2] M. C. Pardillos Lara, «El mercado del queso en Ecuador», 2020. [En línea]. Disponible en: <http://Ecuador.oficinascomerciales.es>
- [3] Centro de la Industria Láctea del Ecuador, «LA LECHE DEL ECUADOR - Historia de la lechería ecuatoriana», 2015.
- [4] «Un negocio con 10 variedades de quesos maduros | Revista Líderes». Accedido: 9 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/negocio-emprendedores-quesos-hacienda-cuenca.html>
- [5] «EE.UU., el nuevo destino de sus quesos azules | Revista Líderes». Accedido: 9 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/lideres-queso-frances-exportacion-emprendedores.html>
- [6] American Cheese Society, *Best Practices Guide for Cheesemakers*, First Edition. 2016.
- [7] U. Nacional y J. M. Arguedas, «I CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA APLICADA A LA INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN Efecto del recubrimiento de cera natural de abeja sobre el queso semiduro de Andahuaylas FLORENTINO LÁZARO MENDOZA MARÍN ZENAIDA MOSCOSO ALTAMIRANO», 2019.
- [8] «Reportaje Café Tv los Quesos de Zuleta - YouTube». Accedido: 9 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=LYWZIDhnBL0>
- [9] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, «NORMA TÉCNICA ECUATORIANA: QUESO ANDINO MADURADO. REQUISITOS.», 2012.
- [10] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, «CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO CPE INEN-CODEX 57:2013 CODEX

ALIMENTARIUS HIGIENE PARA LA LECHE Y LOS PRODUCTOS LÁCTEOS Primera edición CODE OF HYGIENIC PRACTICE FOR MILK AND MILK PRODUCTS».

- [11] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, «NORMA GENERAL PARA EL QUESO (CODEX STAN 283-1978, MOD) Correspondencia: Esta norma técnica ecuatoriana es una adopción modificada de la Norma Internacional CODEX», 2013.
- [12] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud, «NORMA GENERAL PARA EL QUESO», 2018.
- [13] «How to Wax Cheese | Make Cheese at Home | Cheese Making Supply». Accedido: 9 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://cheesemaking.com/blogs/learn/how-to-wax-cheese>
- [14] J. D. Ridgway, J. Roscoe, y others, «Cheese waxing-why and how.», *Dairy Engineering*, vol. 77, n.º 3, pp. 74-77, 1960.
- [15] F. Zvomuya, «Wax on to protect and preserve», *M&J Retail*, vol. 6, n.º 3, pp. 16-19, 2011.
- [16] U. Borgstrom, «New waxing device for hard cheese», *Scandinavian Dairy Industry*, vol. 3, n.º 2, p. 43, 1989.
- [17] I. A. I. Bain, «Etapas del Proceso de Elaboración de quesos».
- [18] «Los 20 tipos de queso: propiedades nutricionales y características». Accedido: 18 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://estilonext.com/salud-y-bienestar/tipos-de-queso>
- [19] Kanawjia S.K y Khetra Yogesh, *CHEESE-TECHNOLOGY*, AGRIMOON.COM. 2016.
- [20] «Queso en Ecuador | OEC - The Observatory of Economic Complexity». Accedido: 18 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/cheese/reporter/ecu>

- [21] «How To Wax Cheese [traditionalcookingschool.com/food-preparation/recipes/how-to-wax-cheese](http://traditionalcookingschool.com/food-preparation/recipes/how-to-wax-cheese)», 2011.
- [22] A. Bucio, R. Moreno-tovar, L. Bucio, J. Espinosa-dávila, y F. Anguebes-franceschi, «Characterization of beeswax, candelilla wax and paraffin wax for coating cheeses», *Coatings*, vol. 11, n.º 3, pp. 1-18, mar. 2021, doi: 10.3390/coatings11030261.
- [23] «Paradip™ Cheese Waxes General».
- [24] D. Herrera Muñoz, «CERAS NATURALES: VEGETALES Y ANIMALES».
- [25] <https://produquimic.com.ec>, «FICHA TECNICA CERA ABEJA».
- [26] C. Javier *et al.*, «Cera de Candelilla y sus aplicaciones», 2013. [En línea]. Disponible en: [www.saber.ula.ve/avancesenquimica](http://www.saber.ula.ve/avancesenquimica)
- [27] Food and Drugs Administration, «Cera Queso CFR - Code of Federal Regulations Title 21», 2022.
- [28] CHEESE WAXING MACHINERY PRO-WAX, «Making your cheese waxing 4 times faster». [En línea]. Disponible en: [www.pro-wax.com](http://www.pro-wax.com)
- [29] «Waxing machine Parama 674 | SC Consultancy». Accedido: 20 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://scconsultancy.net/en/cheese-machines/used-cheese-machines/paraffin-machine-parama-674/>
- [30] «MEC Food Machinery». Accedido: 20 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: [http://www.mecfoodmachinery.com/e.f.t\\_pasta.html](http://www.mecfoodmachinery.com/e.f.t_pasta.html)
- [31] P. Del, «Diseño concurrente Carles Riba i Romeva», 2002.
- [32] «Encerar queso | [www.cocinista.es](http://www.cocinista.es)». Accedido: 14 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.cocinista.es/web/es/recetas/hacer-queso-y-yogur/trucos-y-consejos/encerar-queso.html>
- [33] E. Nazionale Italiano di Unificazione, «UNI EN 1672-2: Food processing machinery - Basic concepts - Part 2: Hygiene requirements». [En línea]. Disponible en: [www.uni.com](http://www.uni.com)

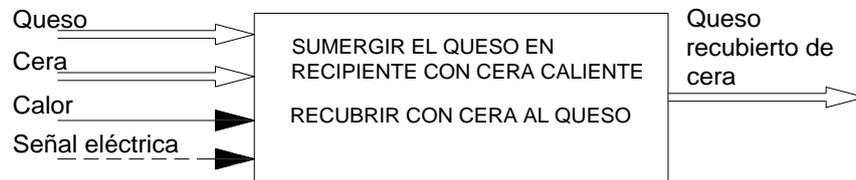
- [34] «Termostato de bulbo - Diccionario - Electricfor - Resistencias electricas». Accedido: 21 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.electricfor.es/es/18141/diccionario/Termostato-bulbo.htm>
- [35] «▷ Contactor: qué es, partes, funcionamiento, tipos, ventajas...» Accedido: 22 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.ingenierizando.com/electronica/contactor/>
- [36] «Malla sólida - 2020 - Ayuda de SOLIDWORKS». Accedido: 20 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://help.solidworks.com/2020/spanish/SolidWorks/cworks/c\\_Solid\\_Mesh.htm?verRedirect=1](https://help.solidworks.com/2020/spanish/SolidWorks/cworks/c_Solid_Mesh.htm?verRedirect=1)
- [37] R. L. Mott, *Machine elements in mechanical design*. Pearson/Prentice Hall, 2004.
- [38] Parker, «Cilindros Neumáticos Catálogo PDE2570TCES-ul», 2006.
- [39] Festo Didactic, «Neumática Electroneumática Fundamentos», 2010. [En línea]. Disponible en: [www.festo-didactic.com](http://www.festo-didactic.com)
- [40] A. Creus Solé, *Neumática e Hidráulica*. Barcelona, 2007.
- [41] J. Garrigós, «7.- ACTUADORES NEUMÁTICOS».

## **ANEXOS**

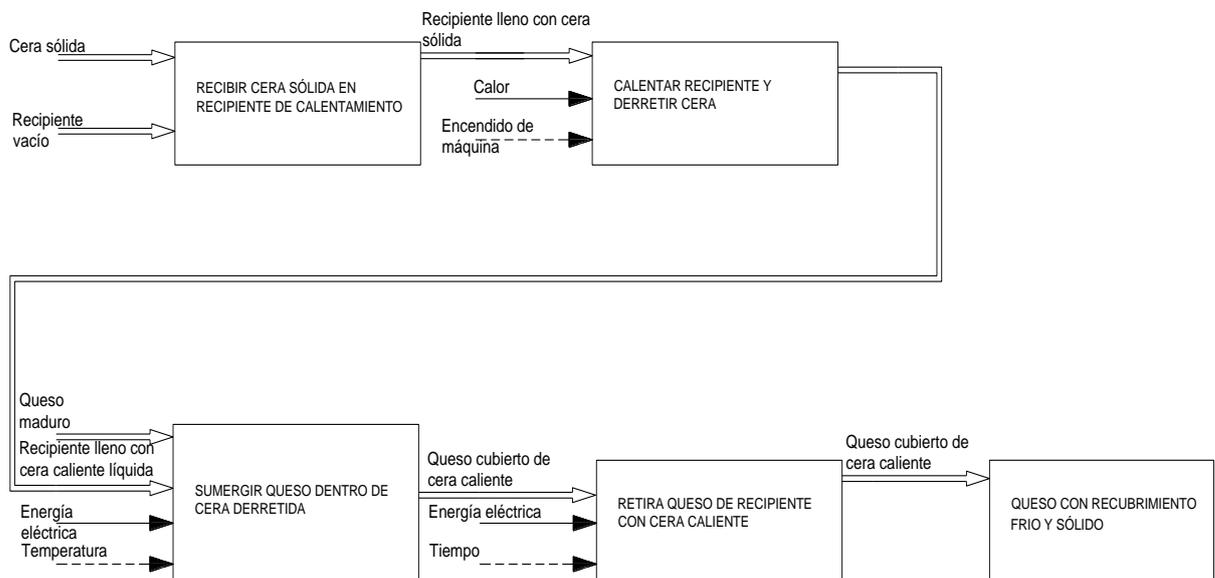
## Anexo 1:

### Función global del sistema máquina enceradora de quesos:

#### Nivel 0

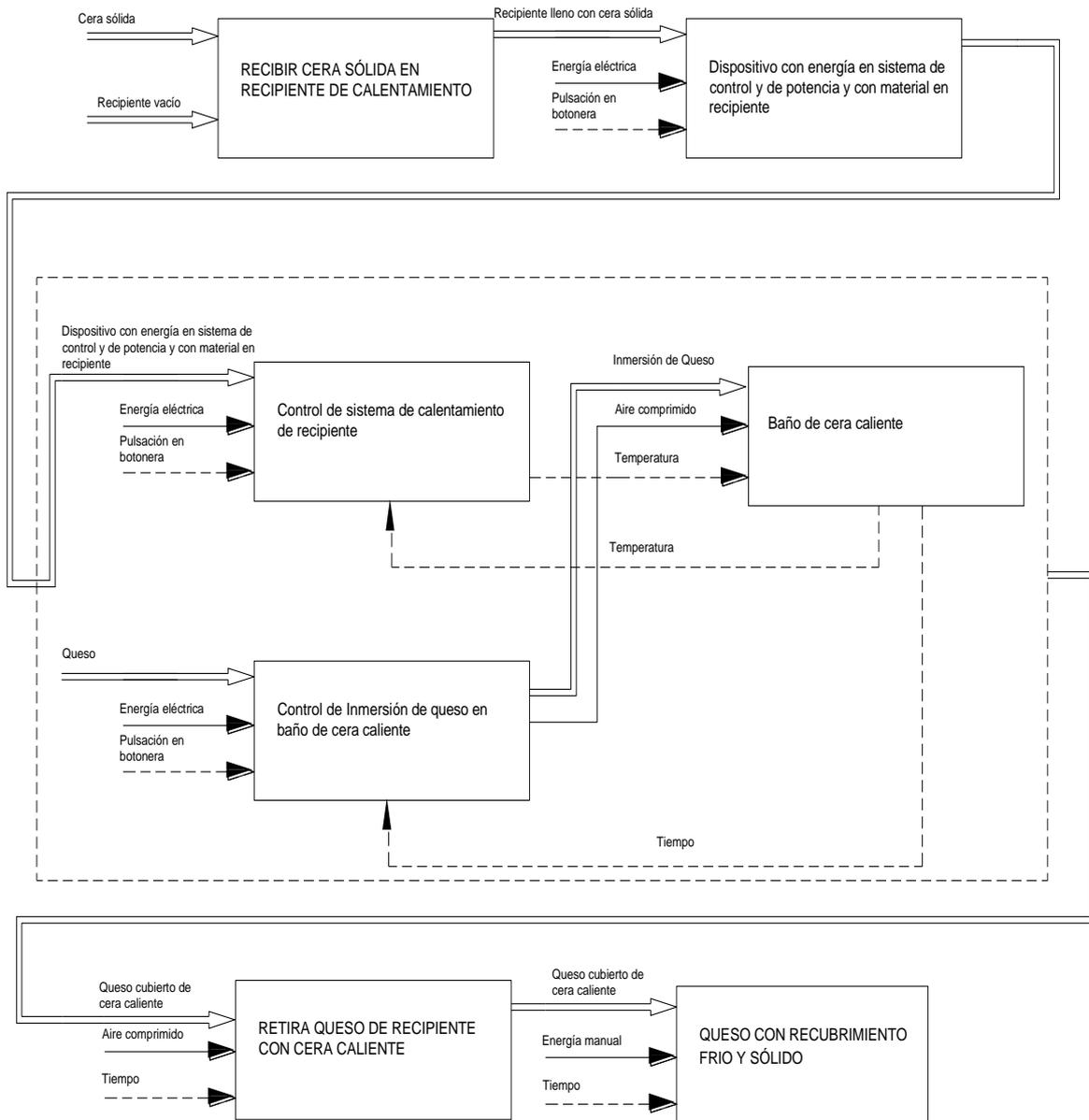


#### Nivel 1



## Función global del sistema máquina enceradora de quesos:

### Nivel 2



## Anexo 2: Ficha técnica de calentador de resistencia de referencia para diseño, marca Brototermic.

**Nota 3:** En los elementos que llevan tapón de acoplamiento de 3/4" la caperuza de protección es opcional y no está incluidas en el precio. **Código** 108006001

**Nota 4:** Si lo desea, podrá encontrar bridas soldables, tuercas y adaptadores para estas resistencias en la página nº 9 del catálogo



7

### DP / ED / ET

Modelos según catálogo: 733

## GRUPO 1 - Resistencias para inmersión, accesorios y calentadores de bidón

1.1 - Con tapón de acoplamiento

### Características generales

- Elementos tubulares en Cobre níquelado o acero inoxidable AISI 321 de Ø8 mm
- Cabezales roscados de latón estampado.
- Caperuzas de protección de poliamida autoextinguible para los modelos de rosca 1 1/2" y 2" Gas ó de acero cromado trivalente para los modelos de rosca 2 1/2" gas, con grado de protección contra la humedad IP-40.
- Opcionalmente, todos los modelos con tapón roscado de 1 1/2", 2" y 2 1/2" pueden suministrarse con caja de conexiones de aluminio IP-66.
- Soldadas con aleación de plata para tubo inox y con aleación de cobre para tubo de cobre.
- Tensión normalizada 3~230 V Δ, 3~400 V Δ
- Bajo pedido pueden fabricarse resistencias a medida según sus especificaciones:
  - Elementos tubulares en: AISI 316L, Incoloy®-800 e Incoloy®-825 y Titanio
  - Cabezales en acero inoxidable o Titanio.



**CAUS**  
(Opcional)

### CALEFACTOR CON TAPÓN DE ACOPLAMIENTO EN LATÓN, FORMA "3U"

Código	L en mm	Rosca tapón pulgadas GAS	Wattios	W/cm <sup>2</sup>	Material tubo	Peso En Kg	Clase térmica constructiva Electric for	Gama caja de conexiones	
								IP40 (1)	IP66 (2)
DP001	180	2"	1500	8,3	Inox	0,76	T-300-E	C-PA-2"	Gama M1
DP001C	180	2"	1500	8,3	Cu	0,76	T-175-E	C-PA-2"	Gama M1
DP003	260	2"	2250	7,5	Inox	0,87	T-300-E	C-PA-2"	Gama M1
DP003C	260	2"	2250	7,5	Cu	0,87	T-175-E	C-PA-2"	Gama M1
DP005	350	2"	3000	7	Inox	1,0	T-300-E	C-PA-2"	Gama M1
DP005C	350	2"	3000	7	Cu	1,0	T-175-E	C-PA-2"	Gama M1
DP007	520	2"	4500	6,6	Inox	1,2	T-300-E	C-PA-2"	Gama M1
DP007C	520	2"	4500	6,6	Cu	1,2	T-175-E	C-PA-2"	Gama M1



Fuente: Catálogo Brototermic

### Anexo 3: Perfiles U del catálogo de perfiles de DIPAC.

CANALES "U"

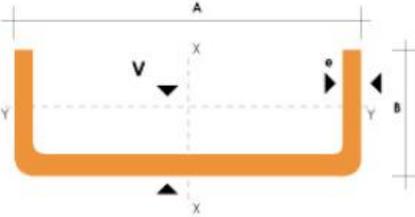


## PERFILES ESTRUCTURALES

## CANALES "U"

### Especificaciones Generales

<b>Otras calidades</b>	Previa consulta
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Espesores</b>	Desde 1.50mm hasta 12.00mm
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85

Fuente: Catálogo DIPAC Productos de Acero

#### Anexo 4: Tamaños comerciales más comunes de cilindros neumáticos y diámetro de vástagos correspondientes

##### Fuerzas de los cilindros de doble efecto

Diám. cil. vástago mm	Carrera	Área piston cm <sup>2</sup>	Max. fuerza teórica en N (bar)									
			1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
<b>32/12</b>	+	8,0	80	161	241	322	402	<b>483</b>	563	643	724	804
	-	6,9	69	138	207	276	346	<b>415</b>	484	553	622	691
<b>40/16</b>	+	12,6	126	251	377	503	628	<b>754</b>	880	1005	1131	1257
	-	10,6	106	212	318	424	530	<b>636</b>	742	848	954	1060
<b>50/20</b>	+	19,6	196	393	589	785	982	<b>1178</b>	1374	1571	1767	1963
	-	16,5	165	330	495	660	825	<b>990</b>	1155	1319	1484	1649
<b>63/20</b>	+	31,2	312	623	935	1247	1559	<b>1870</b>	2182	2494	2806	3117
	-	28,0	280	561	841	1121	1402	<b>1682</b>	1962	2242	2523	2803
<b>80/25</b>	+	50,3	503	1005	1508	2011	2513	<b>3016</b>	3519	4021	4524	5027
	-	45,4	454	907	1361	1814	2268	<b>2721</b>	3175	3629	4082	4536
<b>100/25</b>	+	78,5	785	1571	2356	3142	3927	<b>4712</b>	5498	6283	7069	7854
	-	73,6	736	1473	2209	2945	3682	<b>4418</b>	5154	5890	6627	7363
<b>125/32</b>	+	122,7	1227	2454	3682	4909	6136	<b>7363</b>	8590	9817	11045	12272
	-	114,7	1147	2294	3440	4587	5734	<b>6881</b>	8027	9174	10321	11468

Fuente: Catálogo de productos Parker

## Anexo 5: Hoja de datos de cilindro neumático grado alimenticio. Marca AVENTICS

10 **AVENTICS**

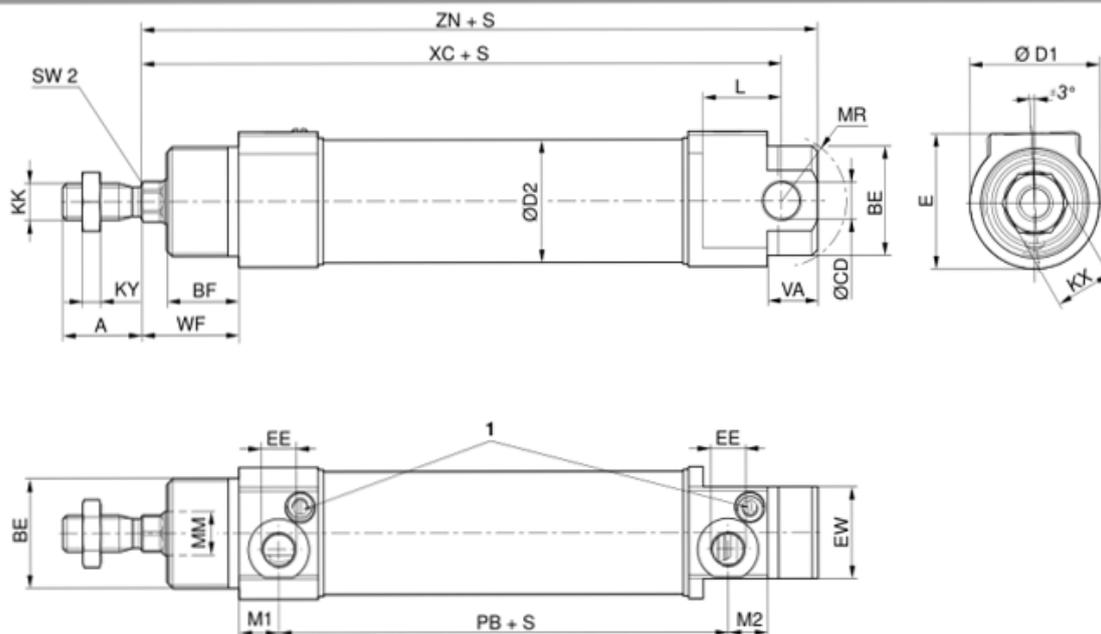
Cilindro de vástago ▶ Cilindro redondo

### Cilindro redondo, Serie RPC

▶ Versión: tipo estándar ▶ Orificios: G 1/8 - G 3/8 ▶ de efecto doble ▶ con émbolo magnético ▶ Amortiguación: neumático, regulable ▶ con charnela posterior integrada ▶ Vástago: rosca exterior

	Ø del émbolo Rosca del vástago de émbolo Orificios Ø del vástago de émbolo	32 M10x1,25 G 1/8 12	40 M12x1,25 G 1/4 16	50 M16x1,5 G 1/4 20	63 M16x1,5 G 3/8 20
	Carrera 25	<b>R412020728</b>	R412020739	R412020750	R412020761
	50	<b>R412020729</b>	<b>R412020740</b>	R412020751	R412020762
	80	<b>R412020730</b>	R412020741	R412020752	R412020763
	100	<b>R412020731</b>	<b>R412020742</b>	<b>R412020753</b>	<b>R412020764</b>
	125	<b>R412020732</b>	R412020743	R412020754	R412020765
	160	<b>R412020733</b>	R412020744	<b>R412020755</b>	R412020766
	200	<b>R412020734</b>	R412020745	<b>R412020756</b>	R412020767
	250	<b>R412020735</b>	R412020746	R412020757	R412020768
	<b>320</b>	<b>R412020736</b>	R412020747	R412020758	R412020769
	400	<b>R412020737</b>	R412020748	R412020759	R412020770
500	R412020738	R412020749	R412020760	R412020771	

### Dimensiones



S=carrera

1) Ranura del tornillo estrangulador 1 mm

Ø del émbolo	A	BE	BF	Ø CD H8	Ø D1	Ø D2	E	EE	EW	KK	KX	KY
32	22	M30x1,5	20	10	36	33,5	37	G 1/8	25	M10x1,25*	16	5
40	24	M38x1,5	23	12	45	41,5	45	G 1/4	30	M12x1,25*	19	6
50	32	M45x1,5	24	12	55	52,5	55	G 1/4	35	M16x1,5	24	8
63	32	M45x1,5	26,5	16	69	64,5	69	G 3/8	35	M16x1,5	24	8

Ø del émbolo	L 1)	Ø MM f8	M1	M2	MR	PB	SW2	VA	WF	XC	ZN
32	22	12	11	11	18	75	10	14	27	128	138
40	23	16	11,5	11,5	22,5	87	13	15	32	146	157
50	26	20	11,5	11,5	25,5	87,5	17	18	33,5	151	162
63	29	20	13	13,5	36,5	92	17	20	36,5	161	175

\* Utilice nuestro configurador de Internet para pedir estas variantes con rosca normal M10x1,5 o M12x1,75.

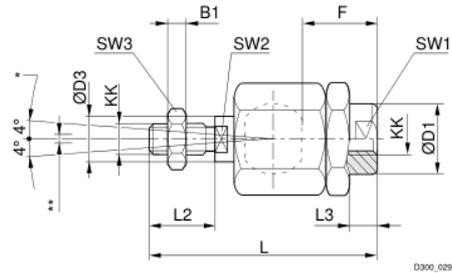
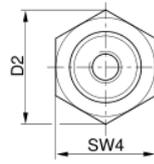
1) Min.

Fuente: Levante Sistemas de Automatización y Control S.L Catálogo AVENTICS

### Acoplamiento de compensación esférico, Serie PM5



00105169



D390\_029

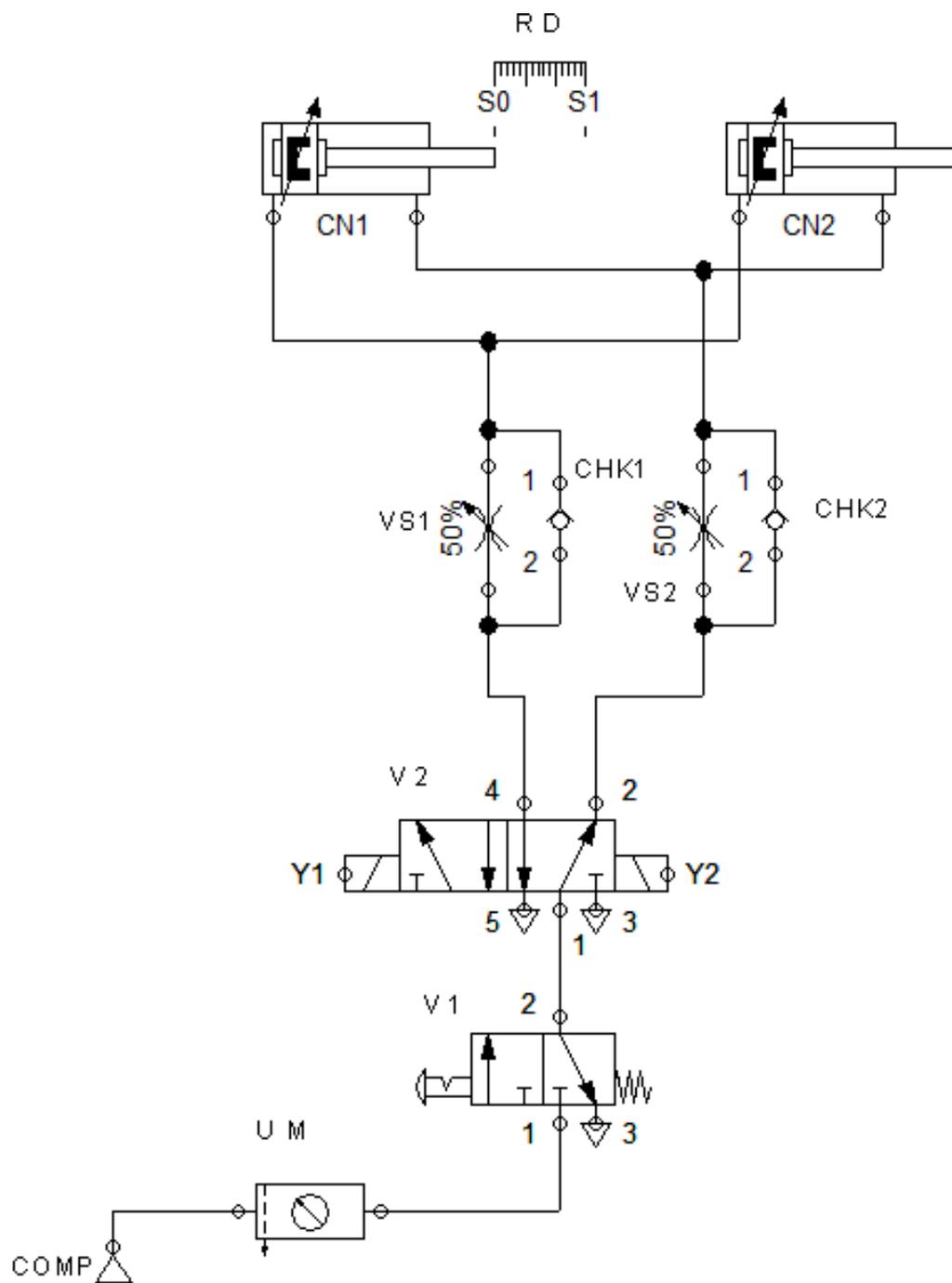
\* Compensación acodada

\*\* Compensación radial de 0,5 - 2 mm

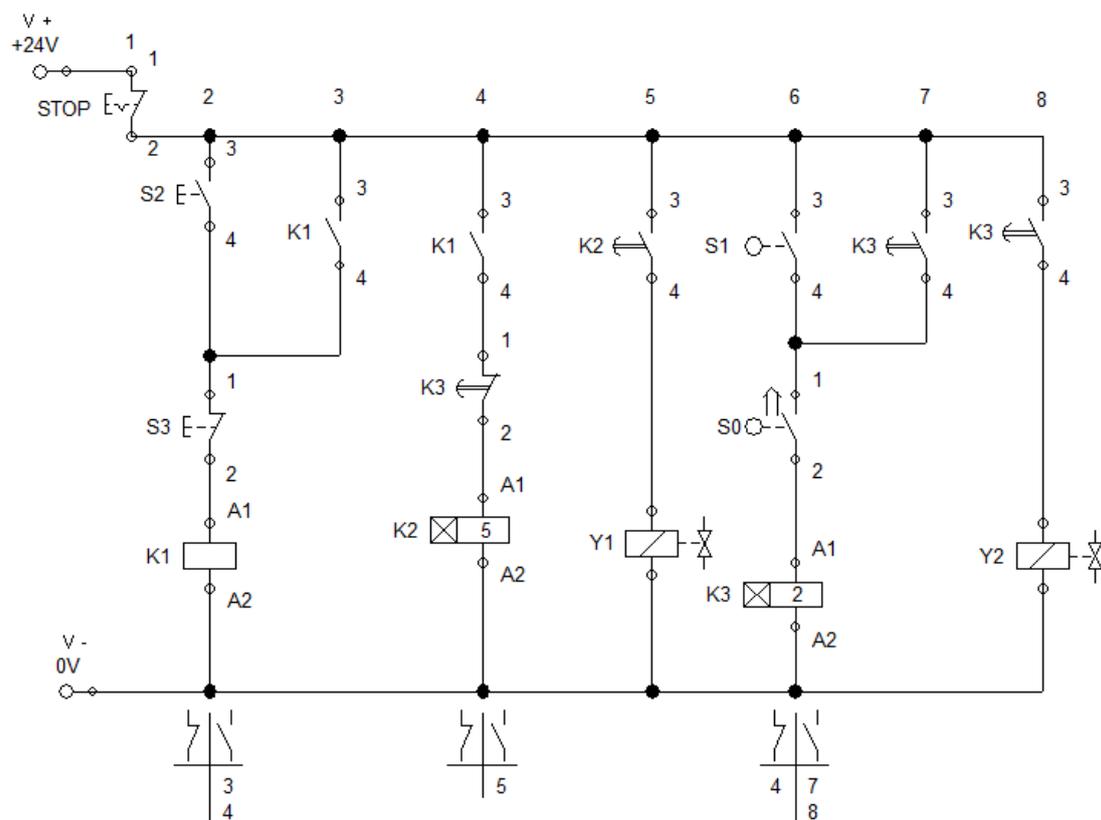
Juego axial ajustado a 0,05 - 0,2 mm

N° de material	KK	B1	Ø D1	D2	Ø D3	F	L ±2	L2	L3 ±1	SW1	SW2	SW3
1826409002	M10x1,25	6	21,5	34	14	23	73	20	7,5	19	12	17
1826409003	M12x1,25	7	21,5	34	14	28	77	24	13	19	12	19
1826409004	M16x1,5	8	33,5	47	22	32	108	32	9	30	19	24

**Anexo 6: Diagrama neumático del sistema de inmersión de quesos.**

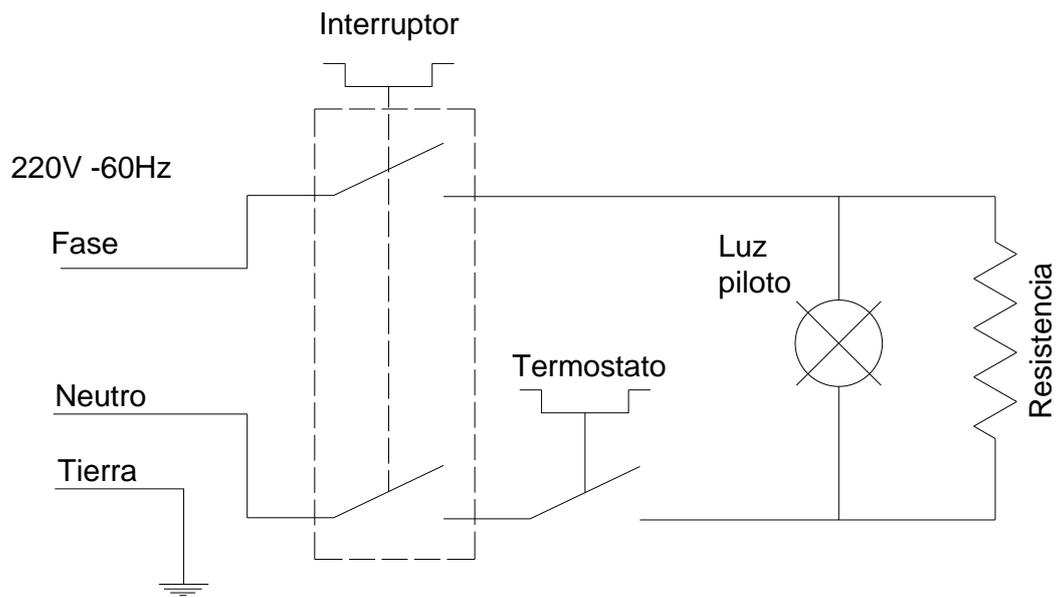


### Anexo 7: Diagrama de control electroneumático de sistema de inmersión de quesos



Marca	Denominación de componentes
CHK1	Válvula antirretorno
CHK2	Válvula antirretorno
CN1	Cilindro doble efecto
CN2	Cilindro doble efecto
COMP	Fuente de aire comprimido
K1	Obturador
K1	Obturador
K1	Relé
K2	Obturador
K2	Relé con deceleración de arranque
K3	Franqueador
K3	Obturador
K3	Obturador
K3	Relé con deceleración de arranque
RD	Regla de distancia
S0	Franqueador
S1	Obturador
S2	Pulsador (Obturador)
S3	Pulsador (Franqueador)
STOP	Pulsador (Franqueador)
UM	Unidad de mantenimiento, representación simplificada
V+	Fuente de tensión (24V)
V-	Fuente de tensión (0V)
V1	Válvula de 3/n vías
V2	Válvula de 5/n vías
VS1	Válvula estranguladora
VS2	Válvula estranguladora
Y1	Solenoides de válvula
Y2	Solenoides de válvula

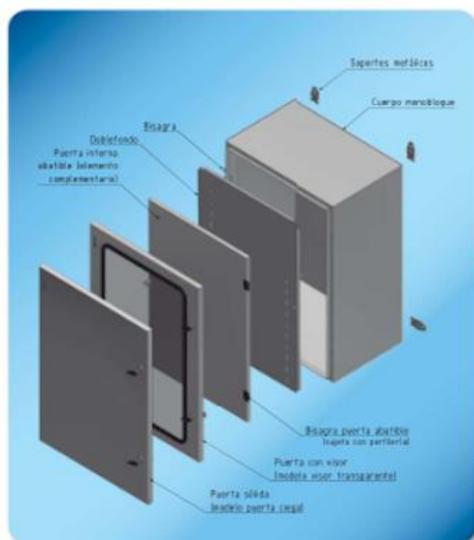
Componentes de circuito neumático de sistema de inmersión de quesos

**Anexo 8: Diagrama de cableado eléctrico**

## Anexo 9: Gabinete para tablero de control



### GABINETE DE PARED IP 66, EN ACERO INOXIDABLE



#### NORMATIVA:

- IEC 60529 (NEMA 250).
- ASTM - A240.

#### APLICACIÓN:

- Uso en interiores como también en exteriores; aplicación industrial, comercial y residencial.
- Equipos eléctricos/electrónicos de bajo voltaje.
- Dispositivos que requieran un alto nivel de protección ambiental y protección contra la corrosión ocasionada por el agua y ciertos productos químicos.

#### GRADO DE PROTECCIÓN: IP 66

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Fabricado totalmente en acero inoxidable AISI 304.
- La disposición de espesores está en relación directa a la altura, hasta 600mm todos los componentes están fabricados en espesor de 1mm y a partir de 600mm son fabricados en espesor de 1.5mm. (Material validado bajo norma ASTM - A240)
- Puerta frontal reversible, fabricada completamente en metal o en vidrio templado de 4mm de espesor con marco metálico, configuración depende del modelo.
- Puerta ensamblada con bisagras reforzadas en acero inoxidable 304, así como con cerradura de montaje rápido universal.

- Versatilidad de ensamble de equipos, gracias a las ranuras presentes en la geometría del doble fondo incluido.
- Grado de protección contra agentes externos garantizado por empaque de poliuretano expandido colocada en la puerta.
- Incluye accesorios de montaje a pared manteniendo la distancia apropiada para evitar agentes nocivos en la parte posterior como polvo, humedad.
- Tornillos electro soldados entre cuerpo y puerta permiten colocar cable de aterramiento entre ellos.

#### ACABADOS:

- Mate.

#### ACCESORIOS INCLUIDOS:

- Tornillería inoxidable incorporada para ensamble de equipos a contener.



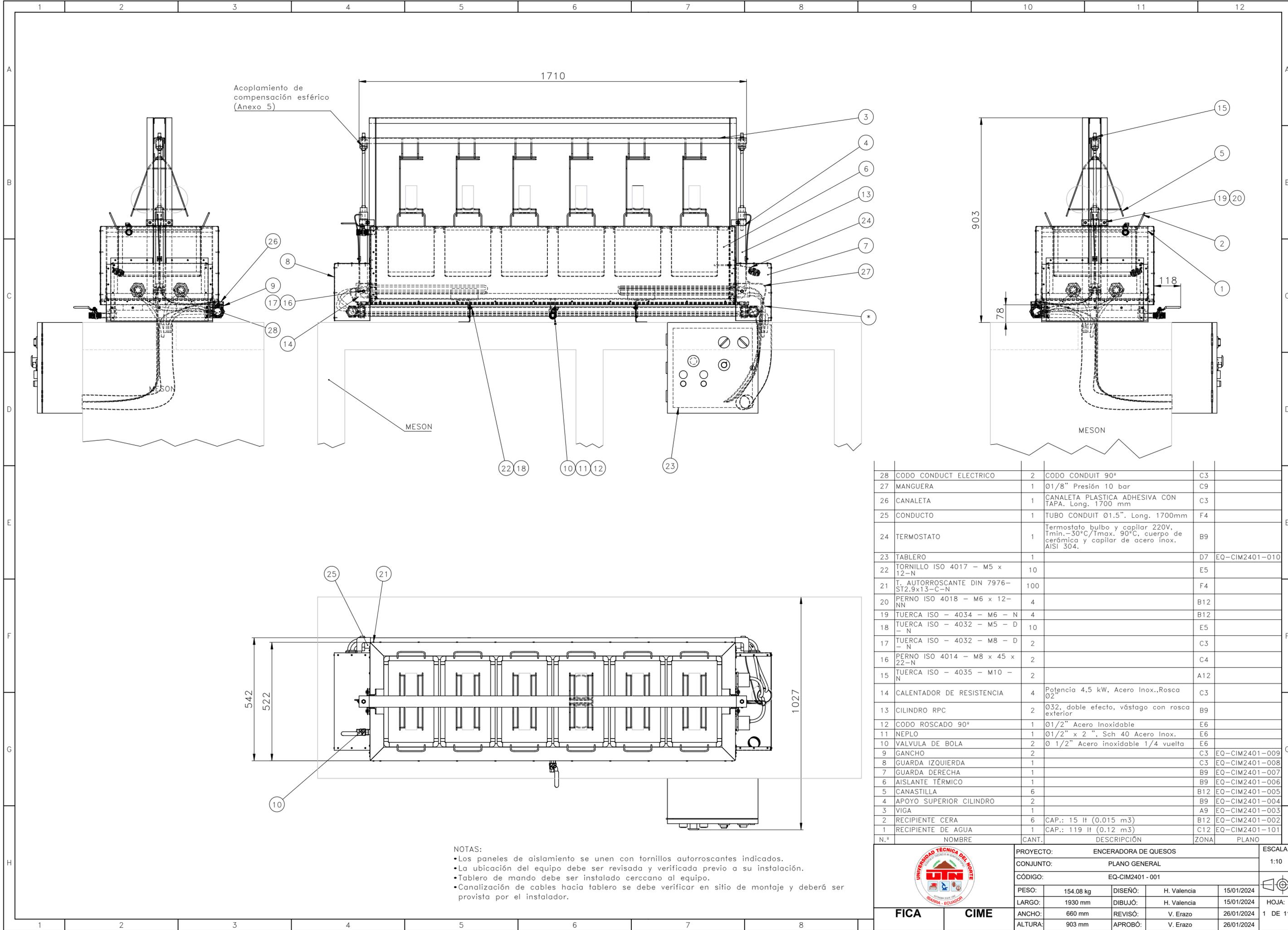
### Gabinete puerta ciega, Acero Inoxidable

CÓDIGO	REFERENCIA	DIMENSIONES (mm)			PESO Aprox. (kg)
		ALTO (H)	ANCHO (W)	PROFUNDIDAD (D)	
I-3002	GSP-302015/INX	300	200	150	2.7
I-3003	GSP-303020/INX	300	300	200	4.2
I-3004	GSP-303015/INX	300	300	150	3.7
I-3006	GSP-403020/INX	400	300	200	5.2
I-3010	GSP-404020/INX	400	400	200	6.5
I-3016	GSP-604020/INX	600	400	200	9.1
I-3020	GSP-606020/INX	600	600	200	18.9
I-3024	GSP-806025/INX	800	600	250	23.2
I-3026	GSP-806030/INX	800	600	300	27.5
I-3032	GSP-1006030/INX	1000	600	300	33.2



**Anexo 10**

**PLANOS**



Acoplamiento de compensación esférico (Anexo 5)

MESON

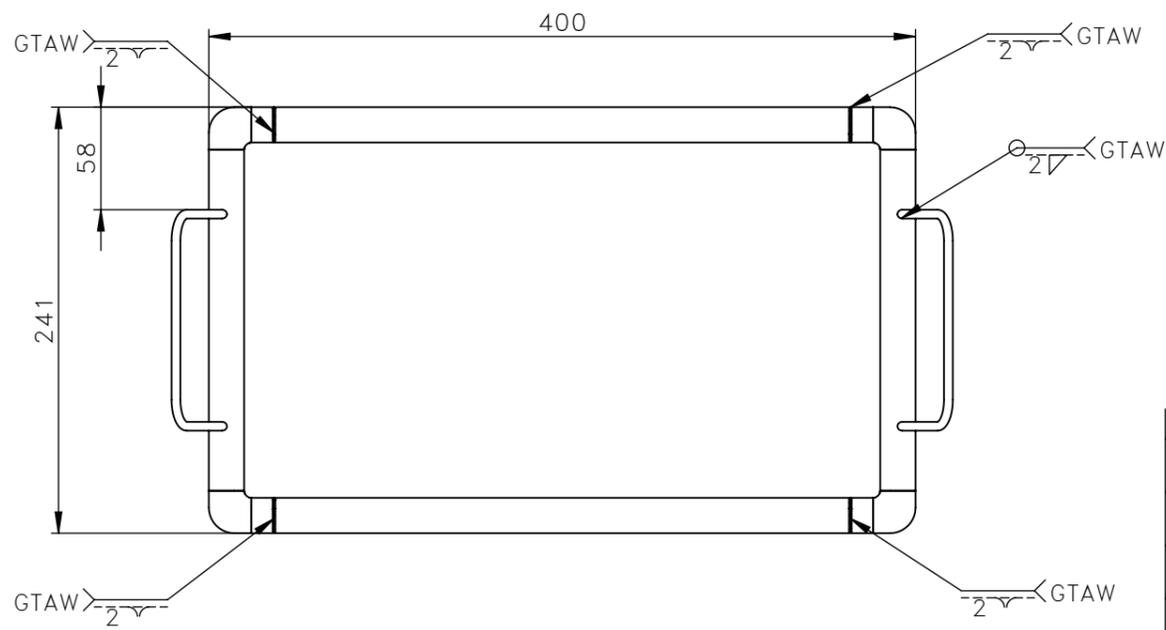
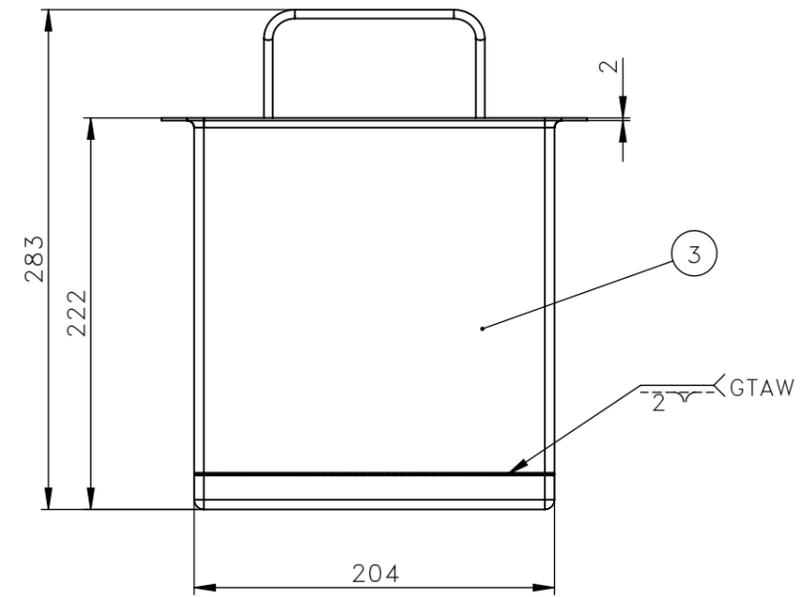
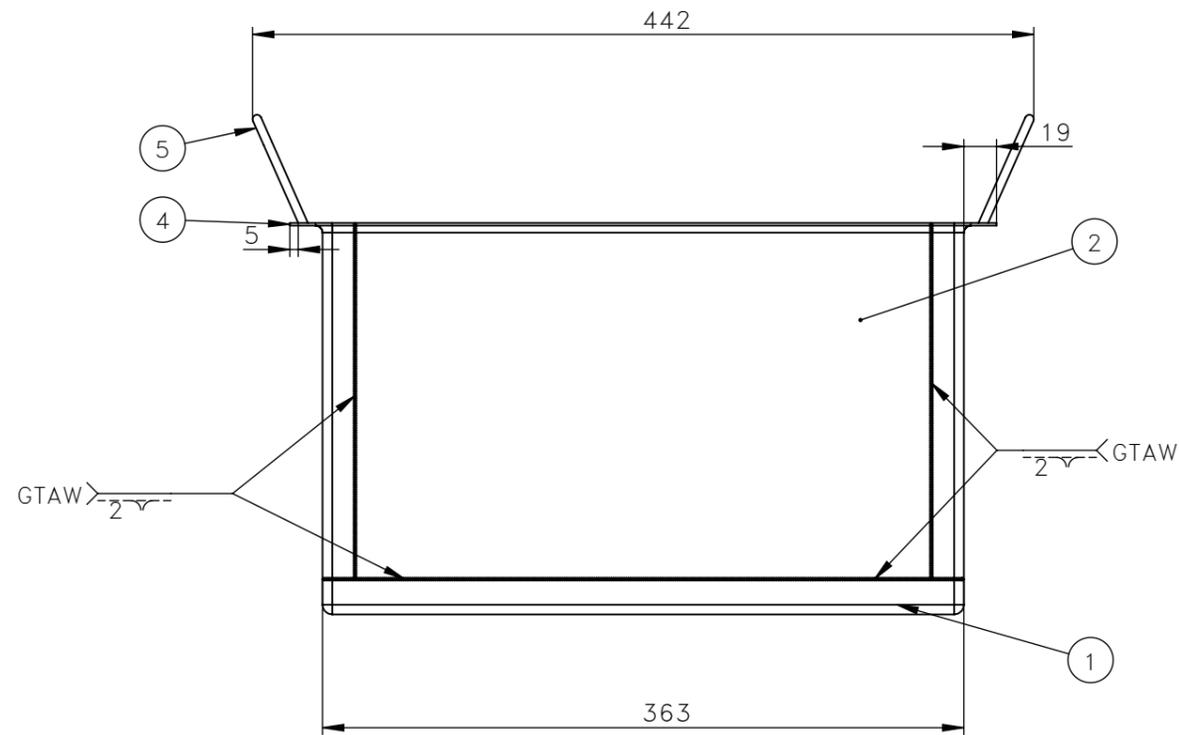
MESON

NOTAS:  
 • Los paneles de aislamiento se unen con tornillos autorroscantes indicados.  
 • La ubicación del equipo debe ser revisada y verificada previo a su instalación.  
 • Tablero de mando debe ser instalado cercano al equipo.  
 • Canalización de cables hacia tablero se debe verificar en sitio de montaje y deberá ser provista por el instalador.

28	CODO CONDUCT ELECTRICO	2	CODO CONDUIT 90°	C3	
27	MANGUERA	1	Ø1/8" Presión 10 bar	C9	
26	CANALETA	1	CANALETA PLASTICA ADHESIVA CON TAPA. Long. 1700 mm	C3	
25	CONDUCTO	1	TUBO CONDUIT Ø1.5". Long. 1700mm	F4	
24	TERMOSTATO	1	Termostato bulbo y capilar 220V. Tmin.-30°C/Tmax. 90°C, cuerpo de cerámica y capilar de acero inox. AISI 304.	B9	
23	TABLERO	1		D7	EQ-CIM2401-010
22	TORNILLO ISO 4017 - M5 x 12-N	10		E5	
21	T. AUTORROSCANTE DIN 7976-ST2.9x13-C-N	100		F4	
20	PERNO ISO 4018 - M6 x 12-NN	4		B12	
19	TUERCA ISO - 4034 - M6 - N	4		B12	
18	TUERCA ISO - 4032 - M5 - D - N	10		E5	
17	TUERCA ISO - 4032 - M8 - D - N	2		C3	
16	PERNO ISO 4014 - M8 x 45 x 22-N	2		C4	
15	TUERCA ISO - 4035 - M10 - N	2		A12	
14	CALENTADOR DE RESISTENCIA	4	Potencia 4,5 kW, Acero Inox.,Rosca Ø2	C3	
13	CILINDRO RPC	2	Ø32, doble efecto, vástago con rosca exterior	B9	
12	CODO ROSCADO 90°	1	Ø1/2" Acero Inoxidable	E6	
11	NEPLO	1	Ø1/2" x 2", Sch 40 Acero Inox.	E6	
10	VALVULA DE BOLA	2	Ø 1/2" Acero inoxidable 1/4 vuelta	E6	
9	GANCHO	2		C3	EQ-CIM2401-009
8	GUARDA IZQUIERDA	1		C3	EQ-CIM2401-008
7	GUARDA DERECHA	1		B9	EQ-CIM2401-007
6	AISLANTE TÉRMICO	1		B9	EQ-CIM2401-006
5	CANASTILLA	6		B12	EQ-CIM2401-005
4	APOYO SUPERIOR CILINDRO	2		B9	EQ-CIM2401-004
3	VIGA	1		A9	EQ-CIM2401-003
2	RECIPIENTE CERA	6	CAP.: 15 lt (0.015 m <sup>3</sup> )	B12	EQ-CIM2401-002
1	RECIPIENTE DE AGUA	1	CAP.: 119 lt (0.12 m <sup>3</sup> )	C12	EQ-CIM2401-101
N.º	NOMBRE	CANT.	DESCRIPCIÓN	ZONA	PLANO

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:10
	CONJUNTO: PLANO GENERAL			
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-001			
	PESO: 154.08 kg	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024	
	LARGO: 1930 mm	DIBUJO: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 1 DE 11
ANCHO: 660 mm	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024		
ALTURA: 903 mm	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024		

FICA CIME



Notas:  
 - Todas las uniones son soldadas con procedimiento GTAW de acuerdo a normas AWS D1.6/D1.6M y AWS D18.3/D18.3M.

N°	DESCRIPCIÓN	CANT.	LARGO DEL ENVOLVENTE	ANCHO DEL ENVOLVENTE	ESPESOR/DIAM.	MATERIAL	ZONA	PLANO
5	MANIJA	2	270		5	Acero inox. (SS) AISI 316	A2	EQ-CIM2001-205
4	ESQUINA	4	24	24	2	Acero inox. (SS) AISI 316	B2	EQ-CIM2001-204
3	LATERAL 2	2	234	218	2	Acero inox. (SS) AISI 316	B7	EQ-CIM2001-203
2	LATERAL 1	2	326	218	2	Acero inox. (SS) AISI 316	B2	EQ-CIM2001-202
1	FONDO	1	396	237	2	Acero inox. (SS) AISI 316	C1	EQ-CIM2001-201

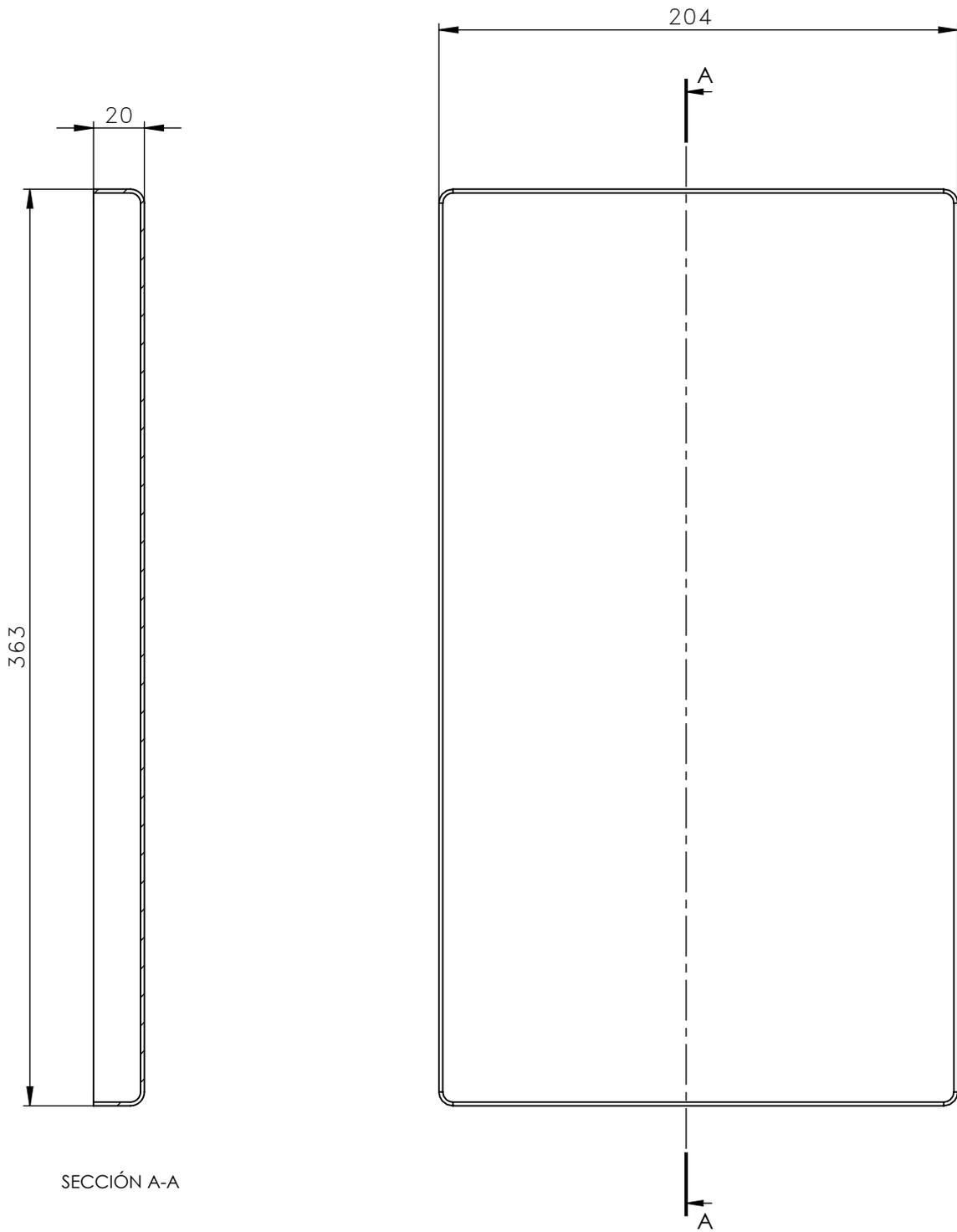


PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO				ESCALA: 1:4
CONJUNTO: RECIPIENTE DE CERA				
CÓDIGO: EQ-CIM2401-002				
PESO:	4.13 kg	DISEÑO:	H. Valencia	26/01/2024
LARGO:	indicado	DIBUJÓ:	H. Valencia	26/01/2024
ANCHO:	indicado	REVISÓ:	V. Erazo	15/01/2024
ALTURA:	indicada	APROBÓ:	V. Erazo	15/01/2024

FICA

CIME

HOJA: 1 DE 6



SECCIÓN A-A

NOTAS:

Material en bruto: Lámina e=2mm

Largo: 396 mm

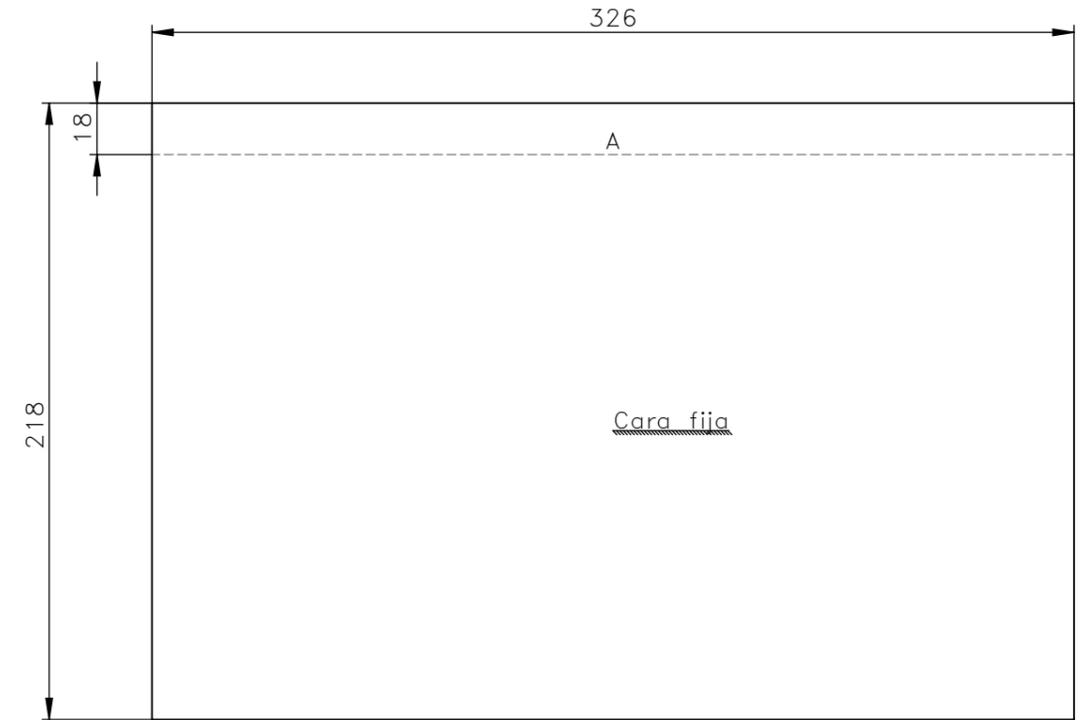
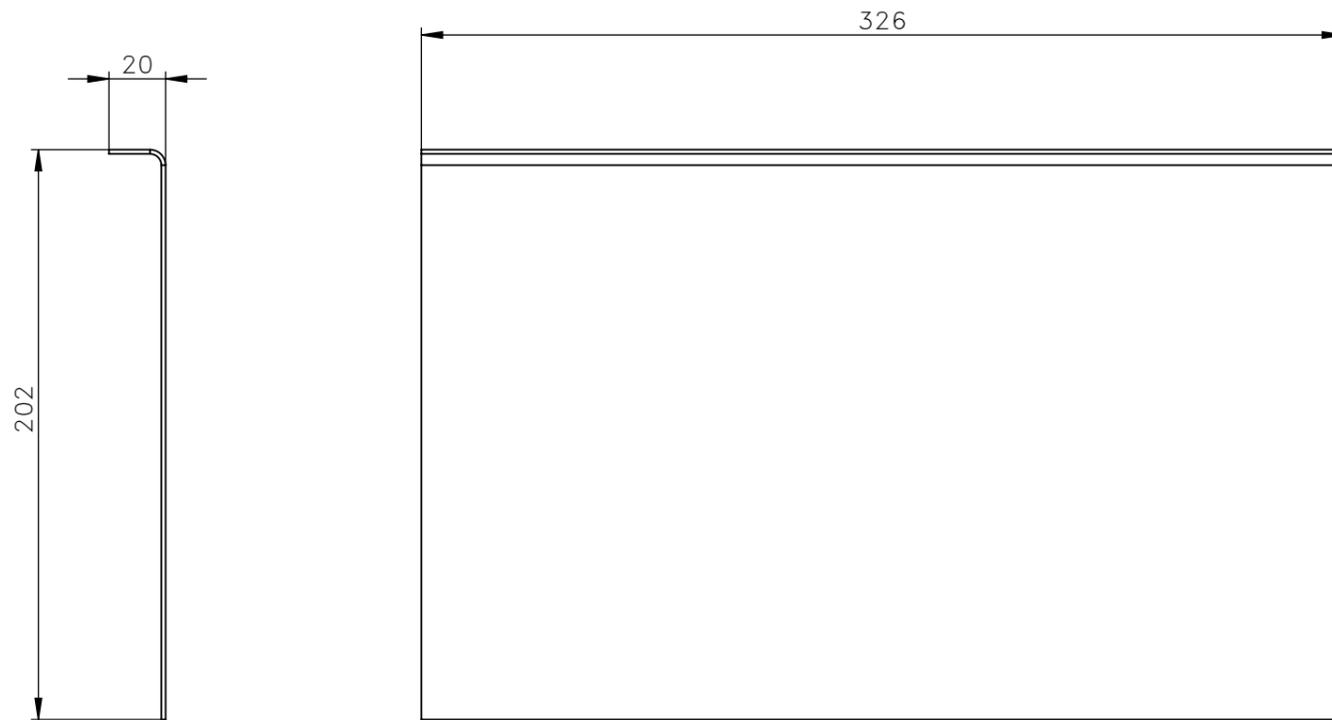
Ancho: 297 mm



PROYECTO:		ENCERADORA DE QUESO		ESCALA:	
PARTE:		FONDO - RECIPIENTE CERA			
CÓDIGO:		EQ-CIM2401- 201		TOLERANCIA: ±0.5	
MATERIAL:	Acero inox. (SS) AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 2 DE 6
TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	6 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

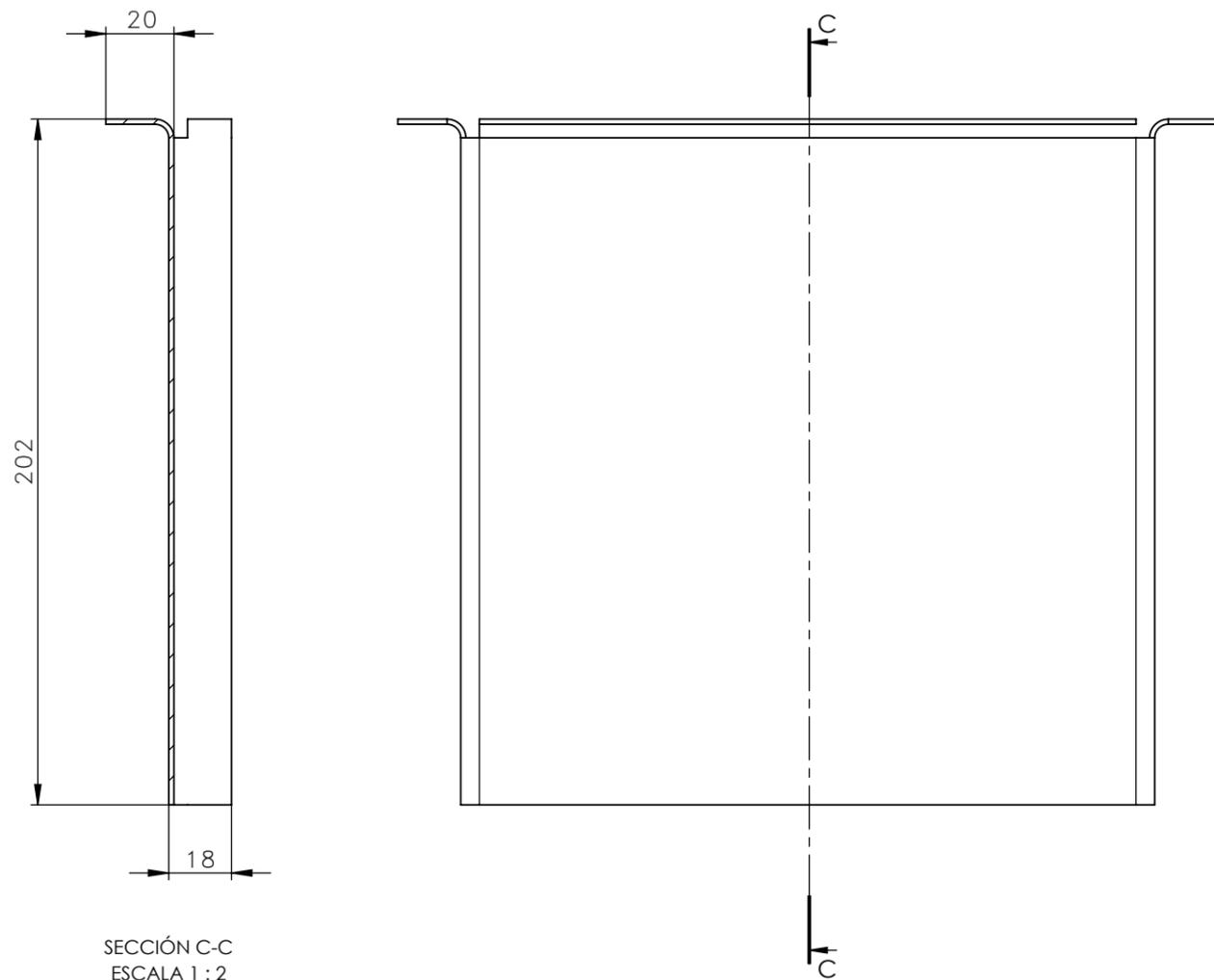
FICA

CIME



DESARROLLO

TABLA DE PLIEGUE							
ETIQUETA	DIRECCIÓN	ÁNGULO	RADIO INTERIOR				
A	HACIA ABAJO	90°	4				
	PROYECTO:			ENCERADORA DE QUESO		ESCALA:	
	PARTE:			LATERAL 1- RECIPIENTE CERA		1:2.5	
	CÓDIGO:			EQ-CIM2401- 202		TOLERANCIA: ±0.50	
	MATERIAL:	Acero inox. (SS) AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA:	
	TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	3 DE 6	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024			
CANTIDAD:	12 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024			
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>						



SECCIÓN C-C  
ESCALA 1 : 2

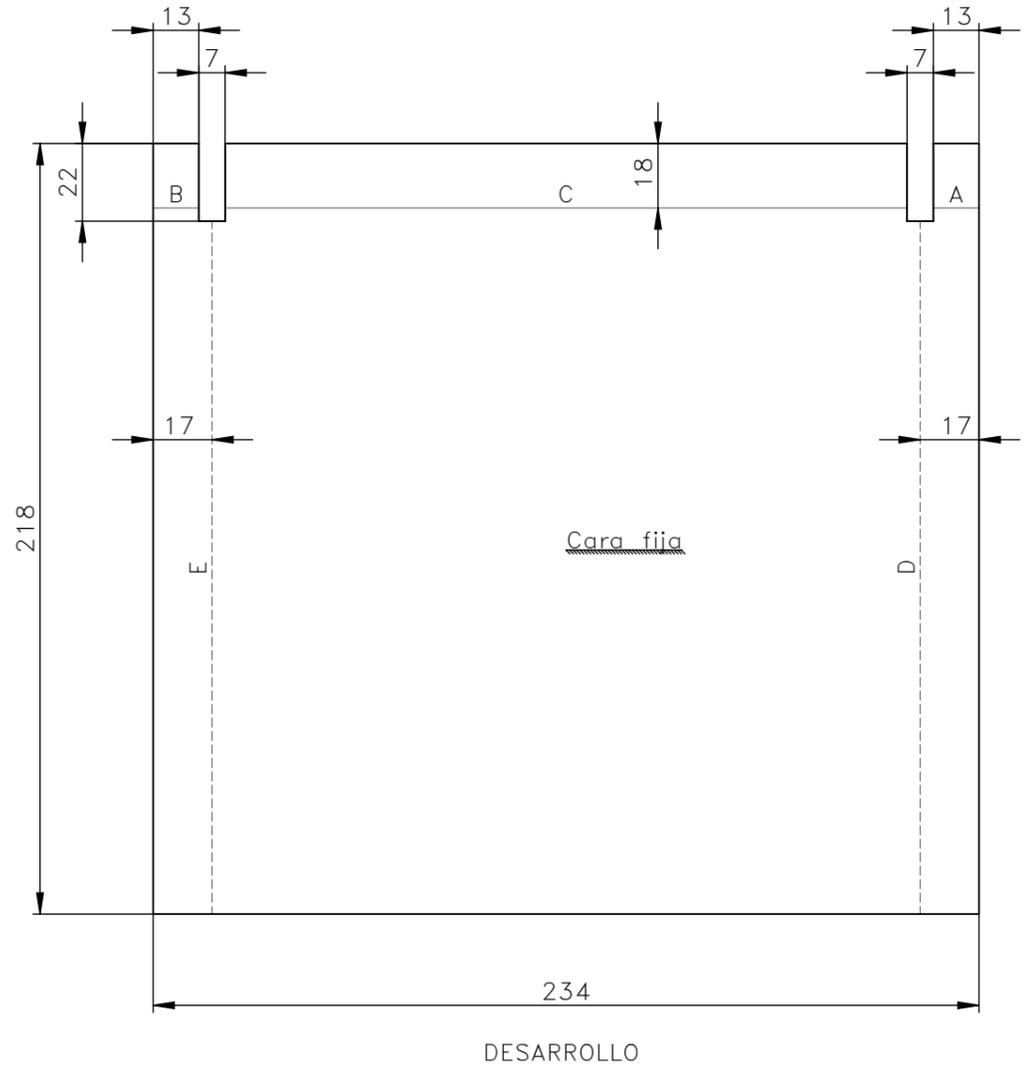
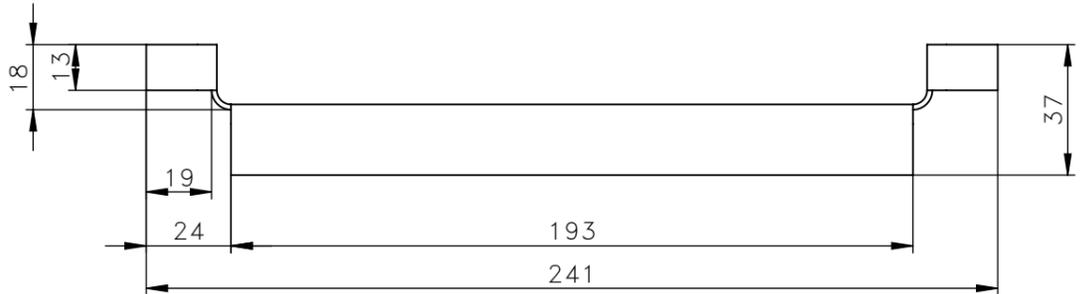
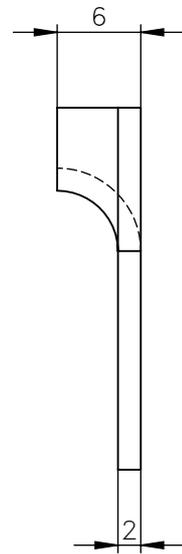
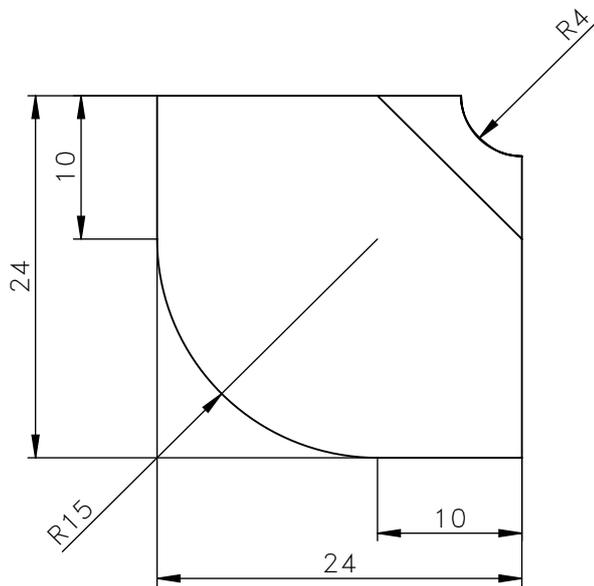


TABLA DE PLIEGUE			
ETIQUETA	DIRECCIÓN	ÁNGULO	RADIO INTERIOR
A	HACIA ARRIBA	90°	4
B	HACIA ARRIBA	90°	4
C	HACIA ARRIBA	90°	4
D	HACIA ABAJO	90°	4
E	HACIA ABAJO	90°	4

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO				ESCALA: 1:2
	PARTE: LATERAL 2 - RECIPIENTE CERA				
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-203				TOLERANCIA: ±0.5
	MATERIAL: Acero inox. (SS) AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 4 DE 6	
	TRATAMIENTO: Ninguno	DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO: Ninguno	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024			
CANTIDAD: 12 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024			

FICA

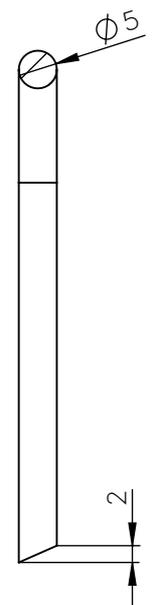
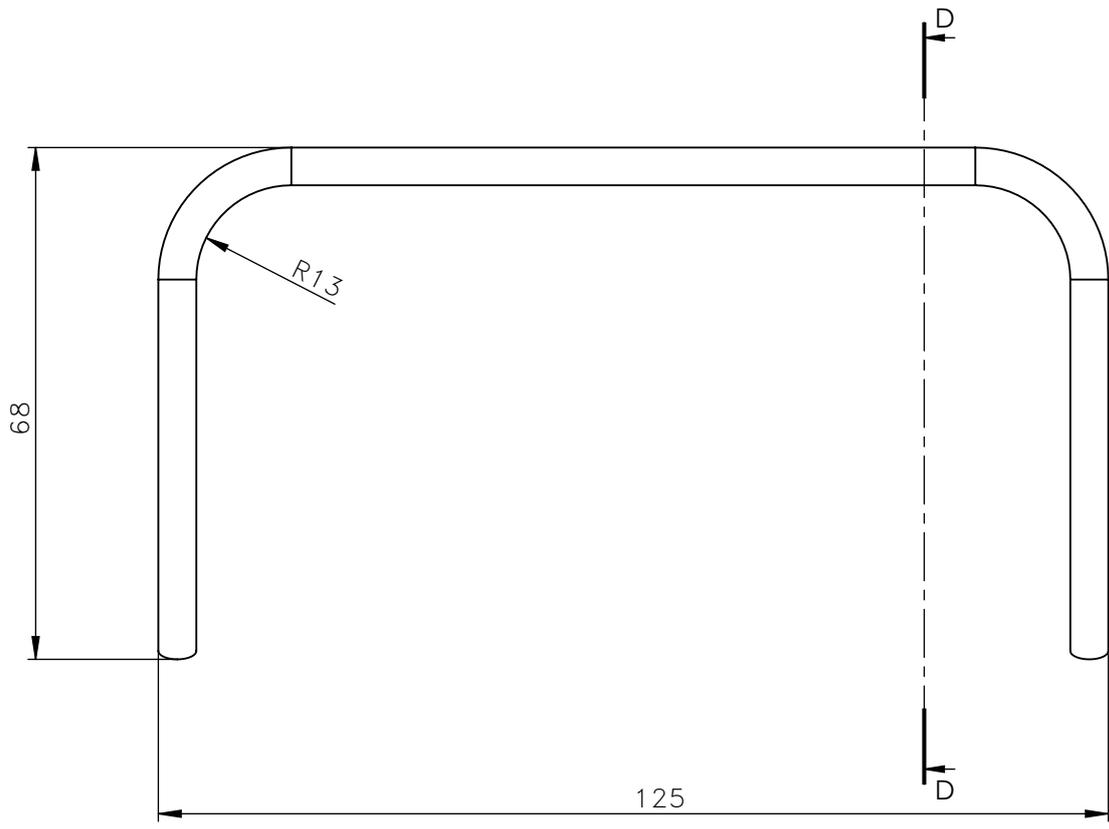
CIME



PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO				ESCALA:	
PARTE: ESQUINA - RECIPIENTE CERA				2:1	
CÓDIGO: EQ-CIM2401-204				TOLERANCIA: $\pm 0.5$	
MATERIAL:	Acero inox. (SS) AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 5 DE 6
TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	24 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

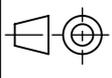
FICA

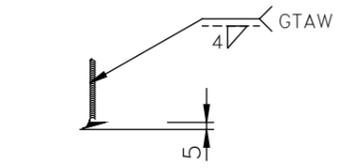
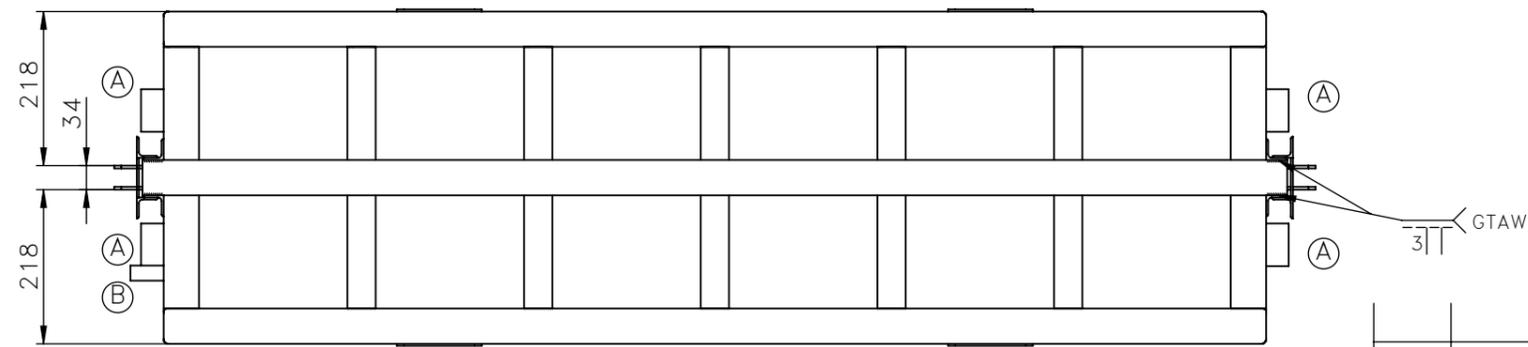
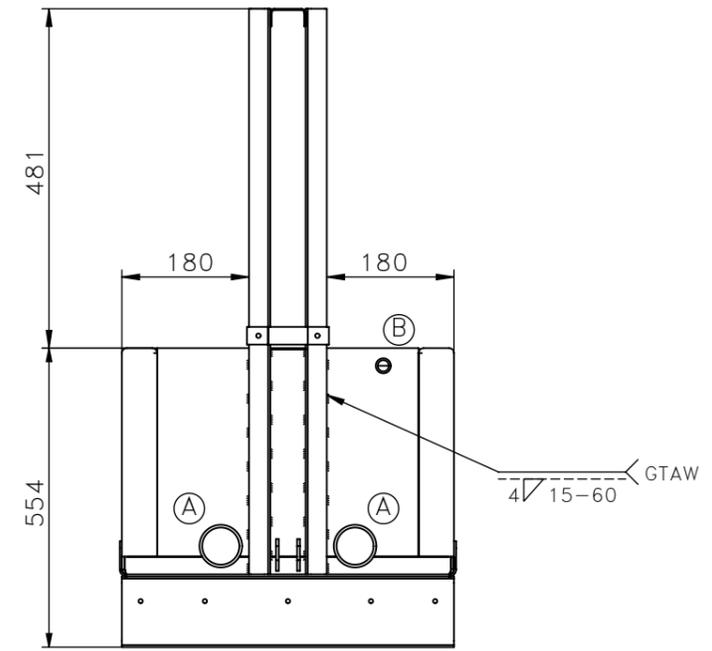
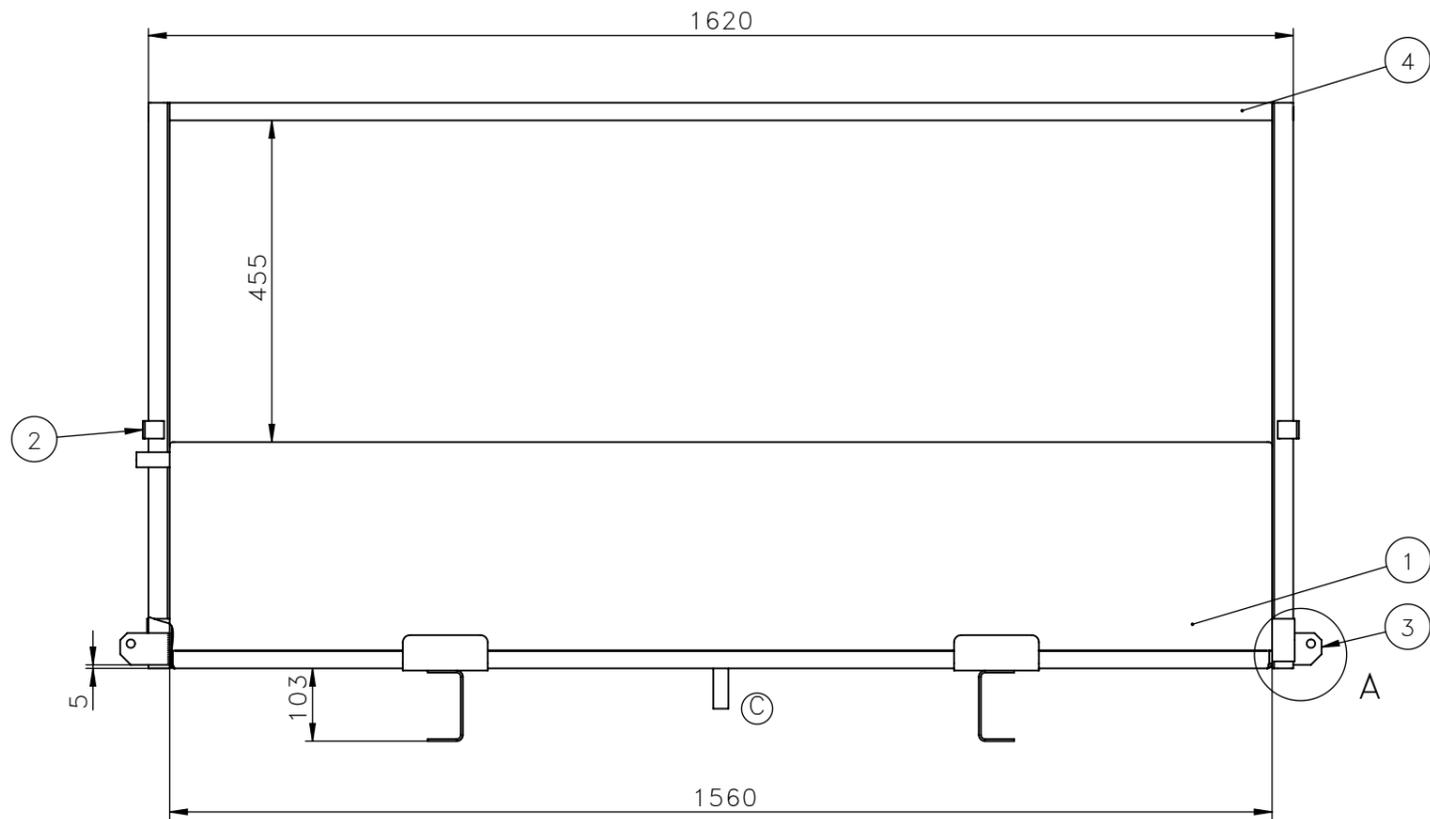
CIME



SECCIÓN D-D  
ESCALA 1 : 1

Notas:  
- Largo de varilla: 270 mm

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO			ESCALA: 1:1		
	PARTE: MANIJA - RECIPIENTE CERA					
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-205			TOLERANCIA: ±0.50		
	MATERIAL:	Acero inox. (SS) AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 6 DE 6
	TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
CANTIDAD:	12 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>					



DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

CONEXIONES		
ENTRADA	Ø	LONG. (mm)
A	2"	35
B	1/2"	50
C	1/2"	60

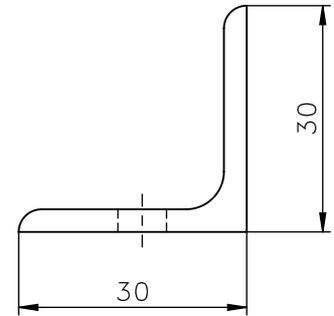
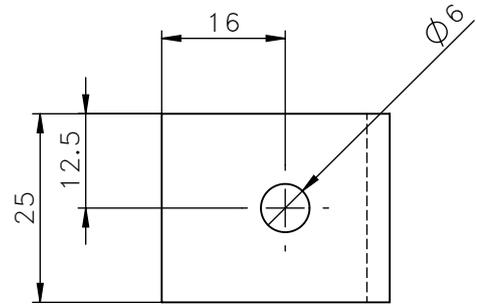
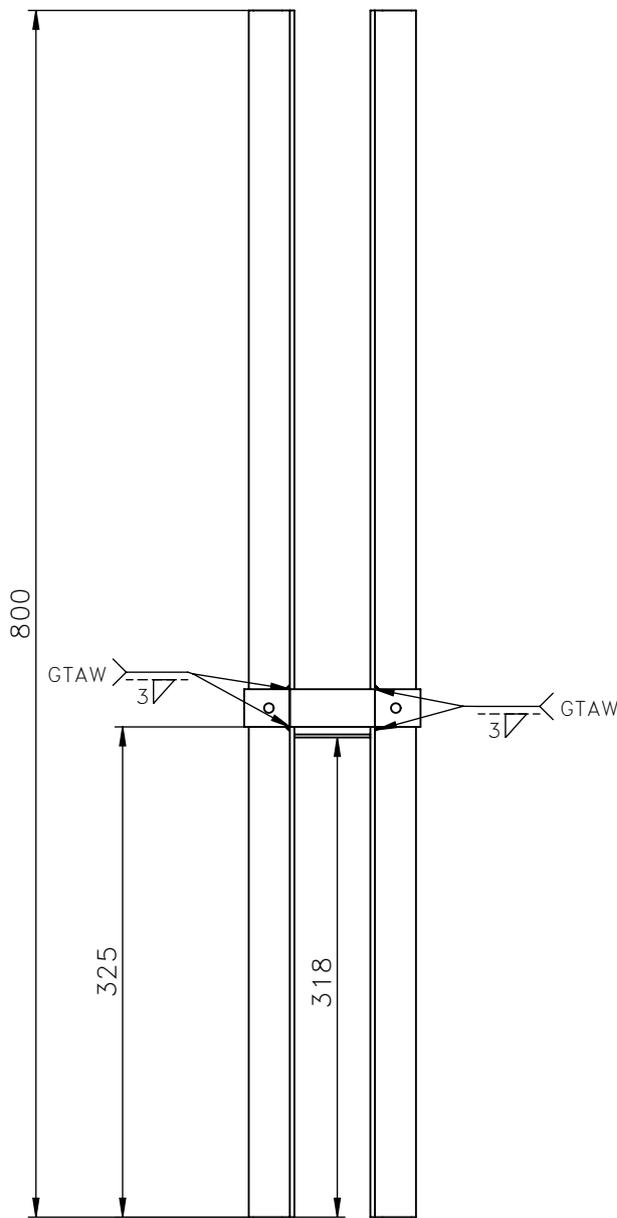
Notas:  
- Todas las uniones son soldadas con procedimiento GTAW de acuerdo a normas AWS D1.6/D1.6M y AWS D18.3/D18.3M.

N.º	NOMBRE	CANT.	DESCRIPCIÓN	ZONA	PLANO
4	VIGA FIJA	1	C 50 x 25 x 2 mm	C5	EQ-CIM2401-105
3	APOYO CILINDRO	2	Platina 50 x 4 mm	C5	EQ-CIM2401-104
2	COLUMNA	2		B1	EQ-CIM2401-103
1	CUBA DE AGUA	1	TANQUE CAP. 119 lt	C5	EQ-CIM2401-102

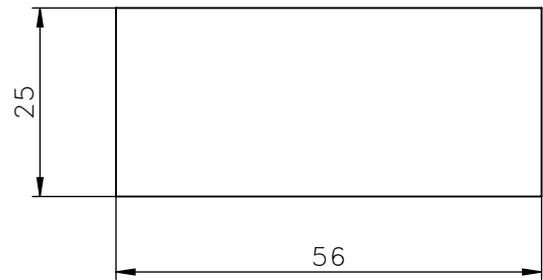


FICA CIME

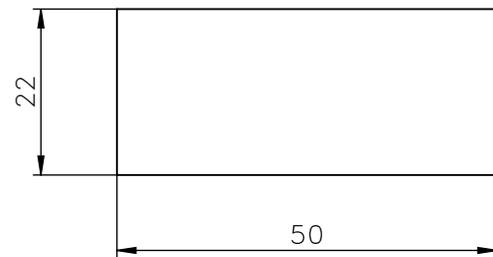
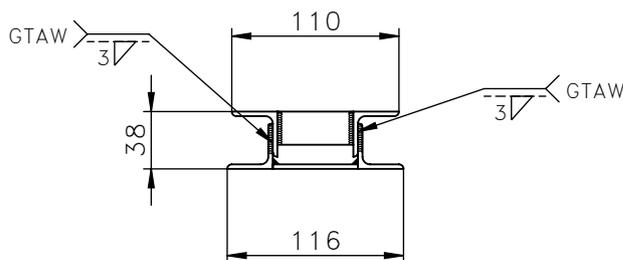
PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS				ESCALA: 1:10
CONJUNTO: RECIPIENTE DE AGUA				
CÓDIGO: EQ-240115-101				
PESO:	72.43 kg	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024
LARGO:	1700 mm	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024
ANCHO:	470 mm	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024
ALTURA:	986 mm	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024



ÂNGULO APOYO  
ESCALA 1 : 1



PLATINA 2  
ESCALA 1 : 1



PLATINA 1  
ESCALA 1 : 1

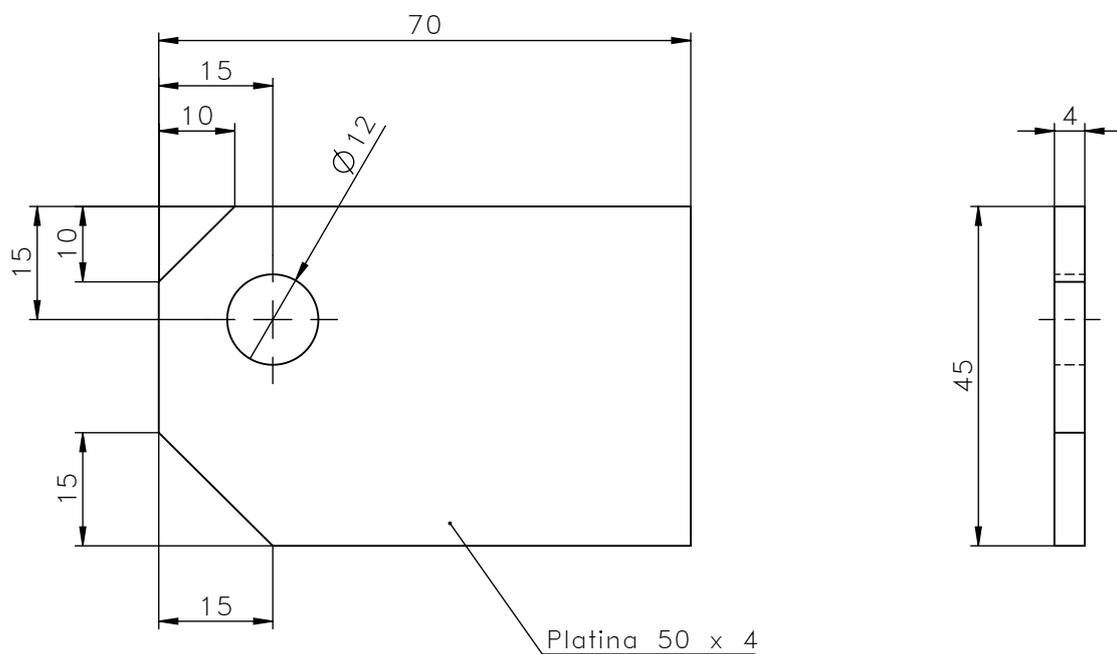
Notas:

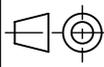
- Todas las uniones son soldadas con procedimiento GTAW de acuerdo a normas AWS D1.6/D1.6M y AWS D18.3/D18.3M.

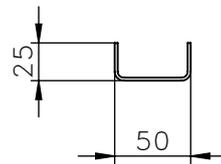
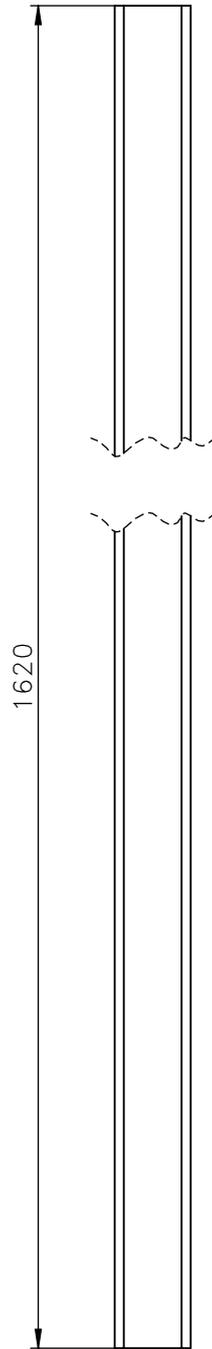
N°	DESCRIPCIÓN	CANT.	LONG./DIM.	MATERIAL
4	Platina 2	1	50 x 25 x 3	Acero inoxidable (SS) AISI 304
3	Platina 1	1	56 x 25 x 3	Acero inoxidable (SS) AISI 304
2	Angulo apoyo	2	25	Acero inoxidable (SS) AISI 304
1	Columna	2	800	Acero inoxidable (SS) AISI 304

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:5	
	PARTE: COLUMNA - RECIPIENTE DE AGUA				
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-103			TOLERANCIA: ±0.5	
	MATERIAL: Acero Inox. AISI 304	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 2 DE 4	
	TRATAMIENTO: -	DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO: -	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024			
FICA	CIME	CANTIDAD: 2 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024	



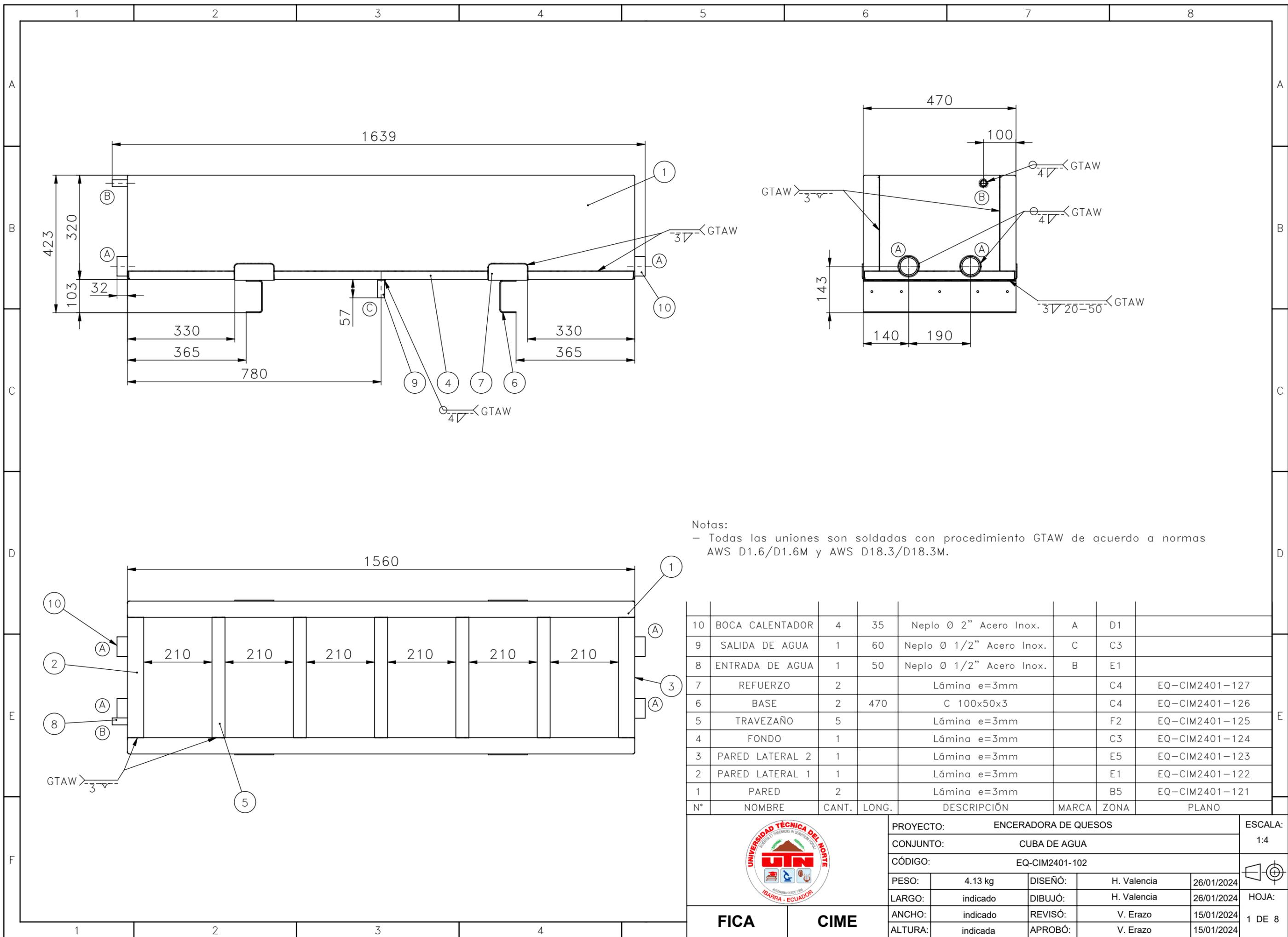
	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:1		
	PARTE: APOYO CILINDRO - RECIPIENTE DE AGUA					
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-104			TOLERANCIA: ±0.5		
	MATERIAL:	Acero. Inox. AISI 304	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 3 DE 4
	TRATAMIENTO:	-	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	-	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
CANTIDAD:	4 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>					



PROYECTO:		ENCERADORA DE QUESOS		ESCALA:	
PARTE:		VIGA FIJA - RECIPIENTE DE AGUA			
CÓDIGO:		EQ-CIM2401-105		TOLERANCIA: $\pm 0.5$	
MATERIAL:	Acero Inox. AISI 304	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 4 DE 4
TRATAMIENTO:	-	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	-	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	1 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

FICA

CIME



Notas:  
 - Todas las uniones son soldadas con procedimiento GTAW de acuerdo a normas AWS D1.6/D1.6M y AWS D18.3/D18.3M.

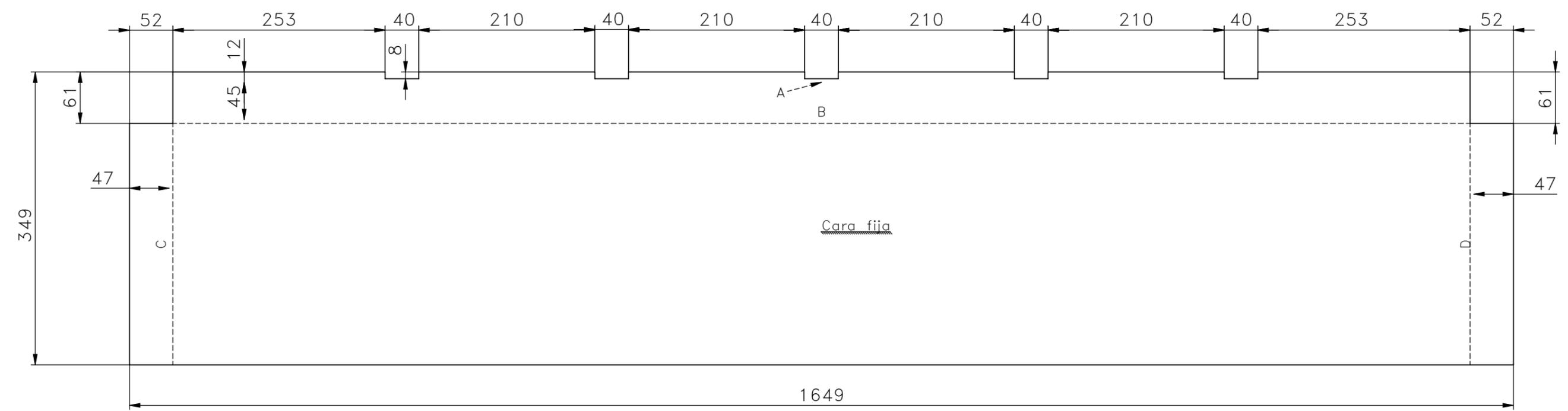
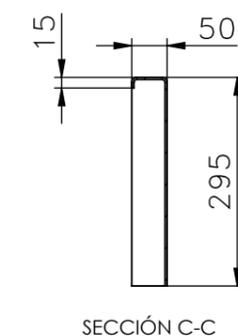
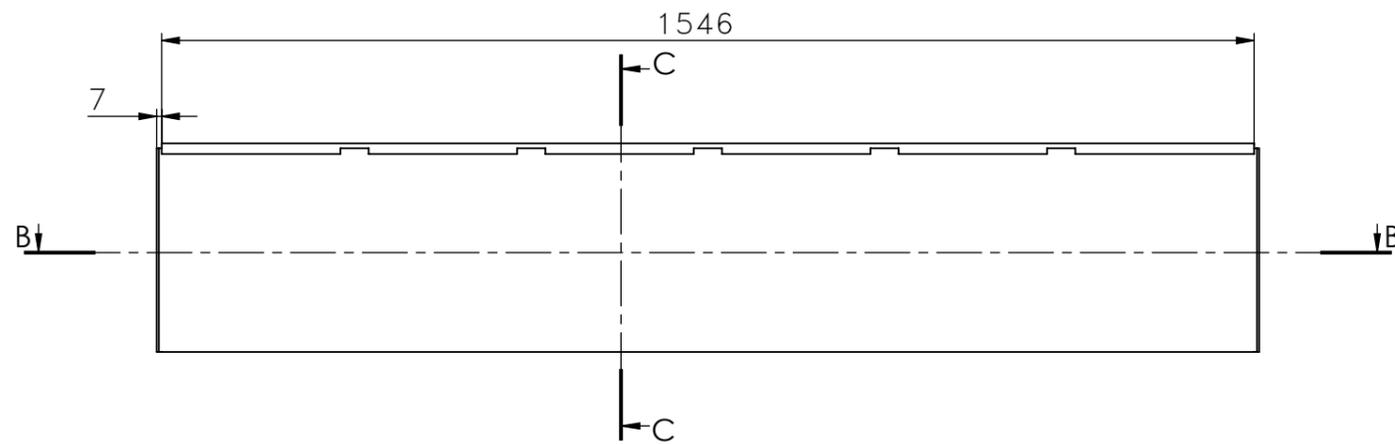
N°	NOMBRE	CANT.	LONG.	DESCRIPCIÓN	MARCA	ZONA	PLANO
10	BOCA CALENTADOR	4	35	Neplo Ø 2" Acero Inox.	A	D1	
9	SALIDA DE AGUA	1	60	Neplo Ø 1/2" Acero Inox.	C	C3	
8	ENTRADA DE AGUA	1	50	Neplo Ø 1/2" Acero Inox.	B	E1	
7	REFUERZO	2		Lámina e=3mm		C4	EQ-CIM2401-127
6	BASE	2	470	C 100x50x3		C4	EQ-CIM2401-126
5	TRAVEZAÑO	5		Lámina e=3mm		F2	EQ-CIM2401-125
4	FONDO	1		Lámina e=3mm		C3	EQ-CIM2401-124
3	PARED LATERAL 2	1		Lámina e=3mm		E5	EQ-CIM2401-123
2	PARED LATERAL 1	1		Lámina e=3mm		E1	EQ-CIM2401-122
1	PARED	2		Lámina e=3mm		B5	EQ-CIM2401-121



PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS				ESCALA: 1:4
CONJUNTO: CUBA DE AGUA				
CÓDIGO: EQ-CIM2401-102				
PESO:	4.13 kg	DISEÑO:	H. Valencia	26/01/2024
LARGO:	indicado	DIBUJÓ:	H. Valencia	26/01/2024
ANCHO:	indicado	REVISÓ:	V. Erazo	15/01/2024
ALTURA:	indicada	APROBÓ:	V. Erazo	15/01/2024

FICA CIME

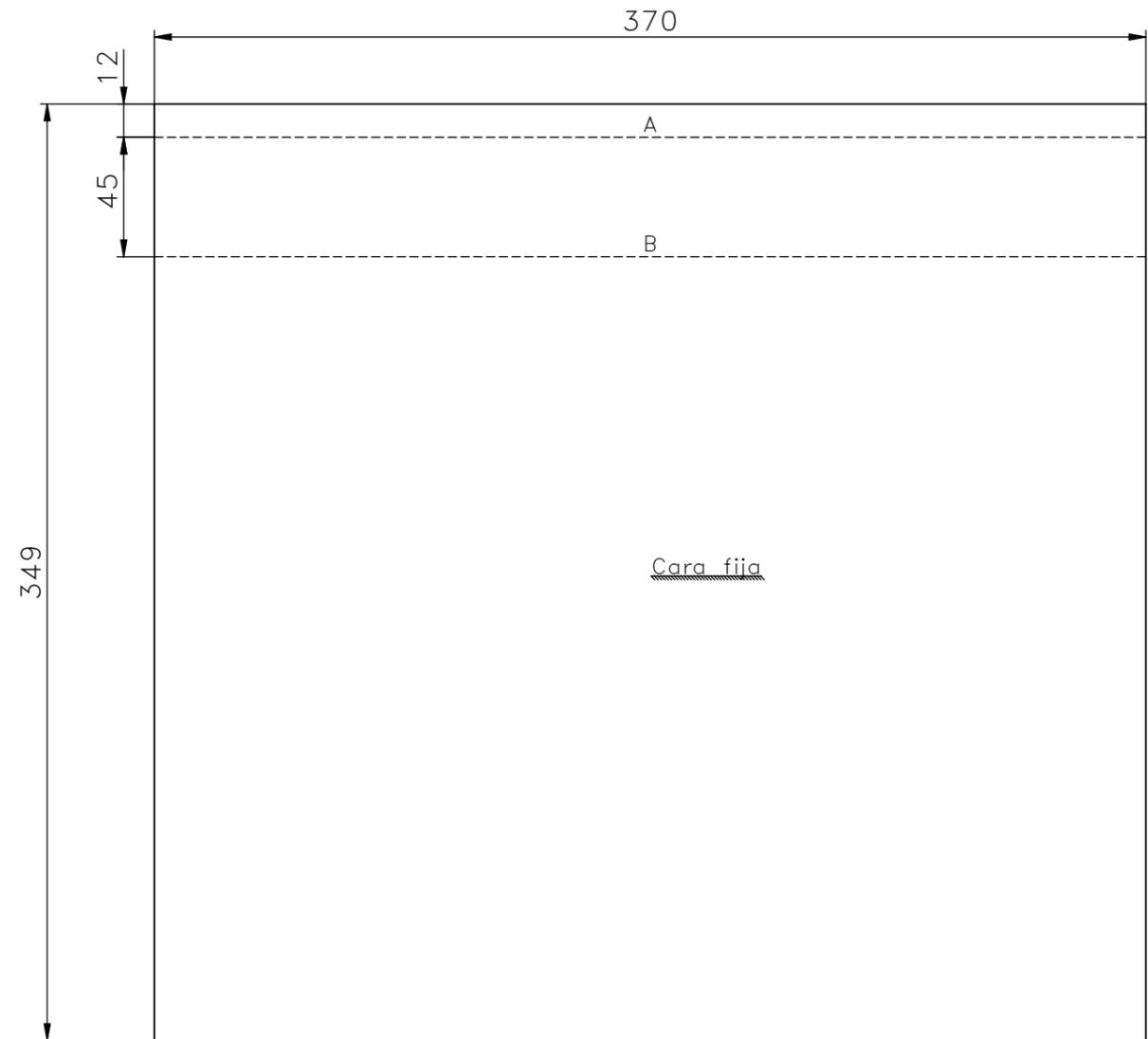
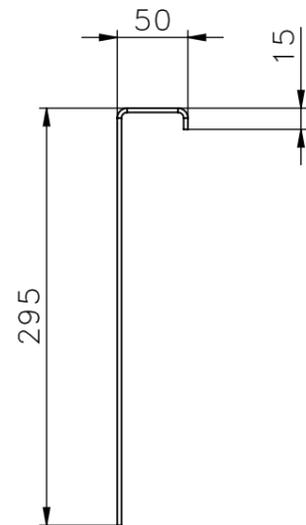
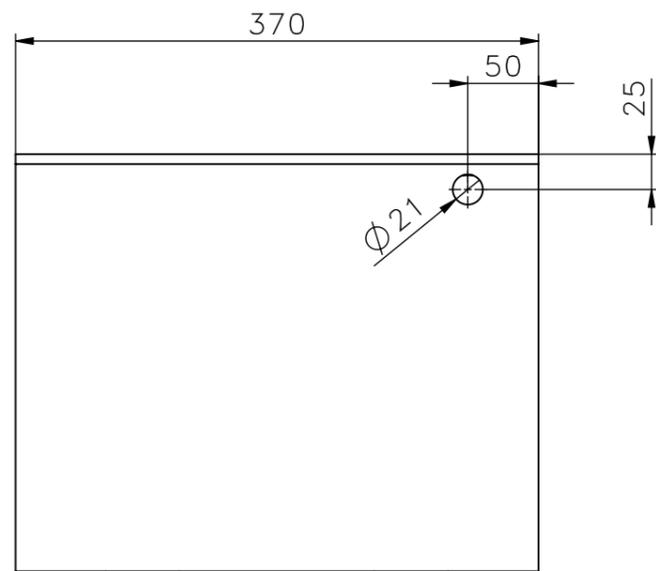
HOJA: 1 DE 8



DESARROLLO  
Escala 1:5

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	4
B	HACIA ARRIBA	90°	4
C	HACIA ARRIBA	90°	4
D	HACIA ARRIBA	90°	4

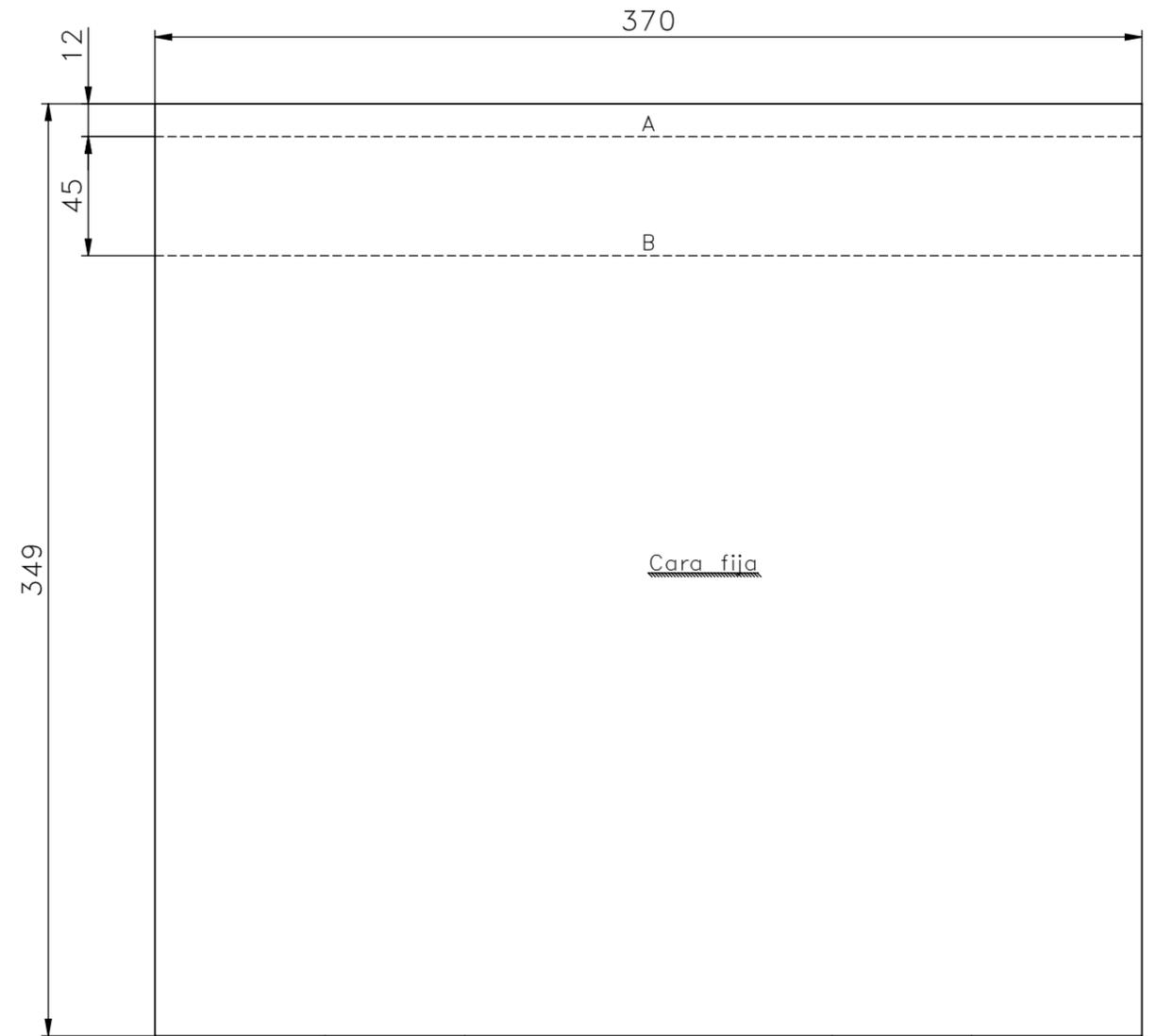
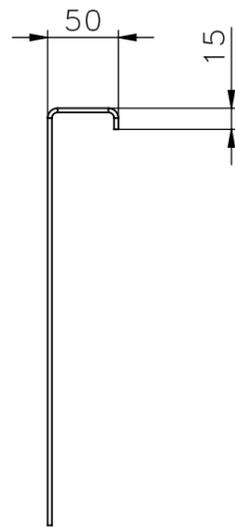
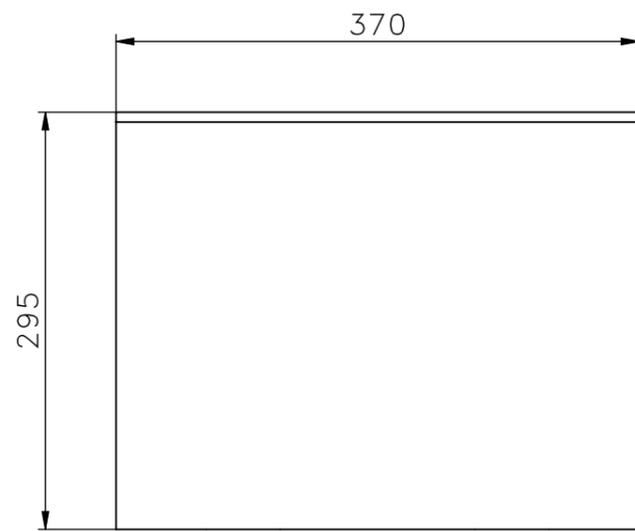
	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS				ESCALA: 1:10
	PARTE: PARED				
CÓDIGO: EQ-CIM2401-121				TOLERANCIA: ±0.50	
<b>FICA</b> <b>CIME</b>	MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	26/01/2024
	TRATAMIENTO:	-	DIBUJÓ:	H. Valencia	26/01/2024
	RECUBRIMIENTO:	-	REVISÓ:	V. Erazo	15/01/2024
	CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo	15/01/2024



DESARROLLO  
Escala 1:2.5

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	4
B	HACIA ARRIBA	90°	4

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:5	
	PARTE: PARED LATERAL 1			TOLERANCIA: ±0.50	
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-122			HOJA: 3 DE 8	
	MATERIAL: ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024		
	TRATAMIENTO: -	DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO: -	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024	FICA CIME		
CANTIDAD: 1 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024			



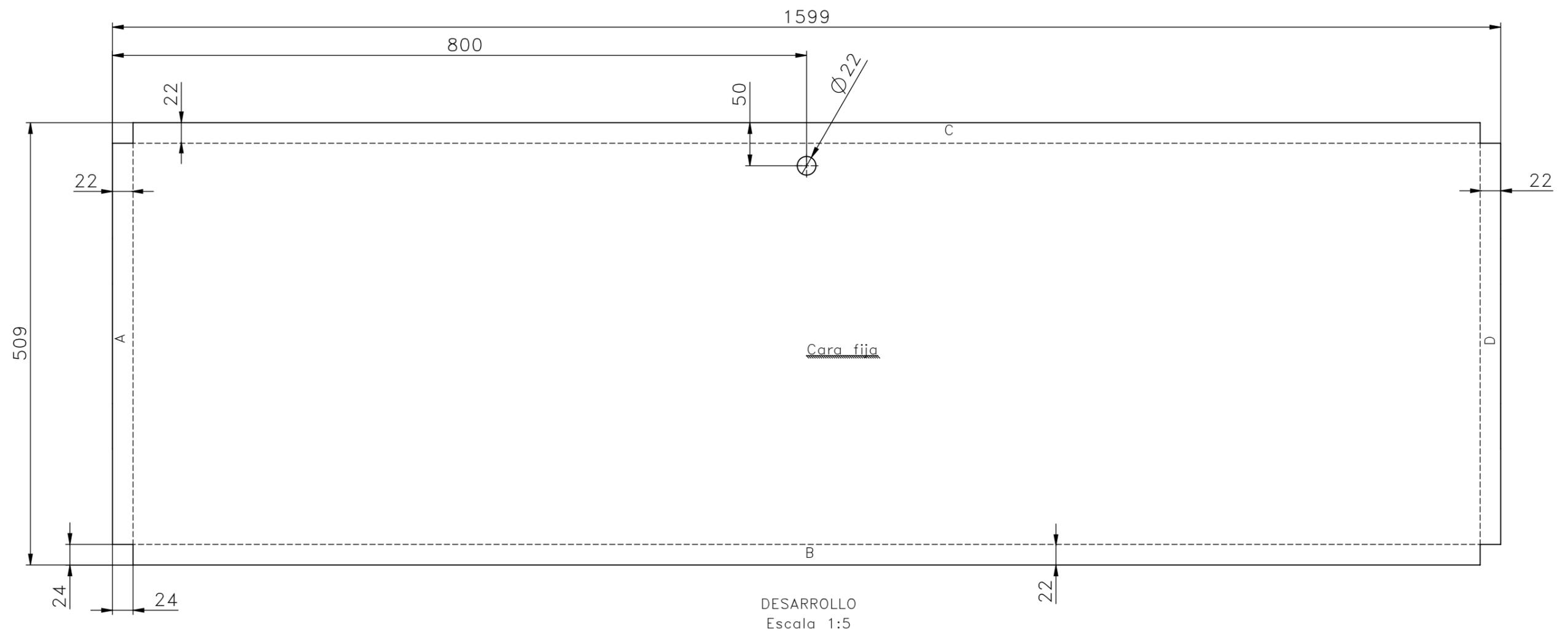
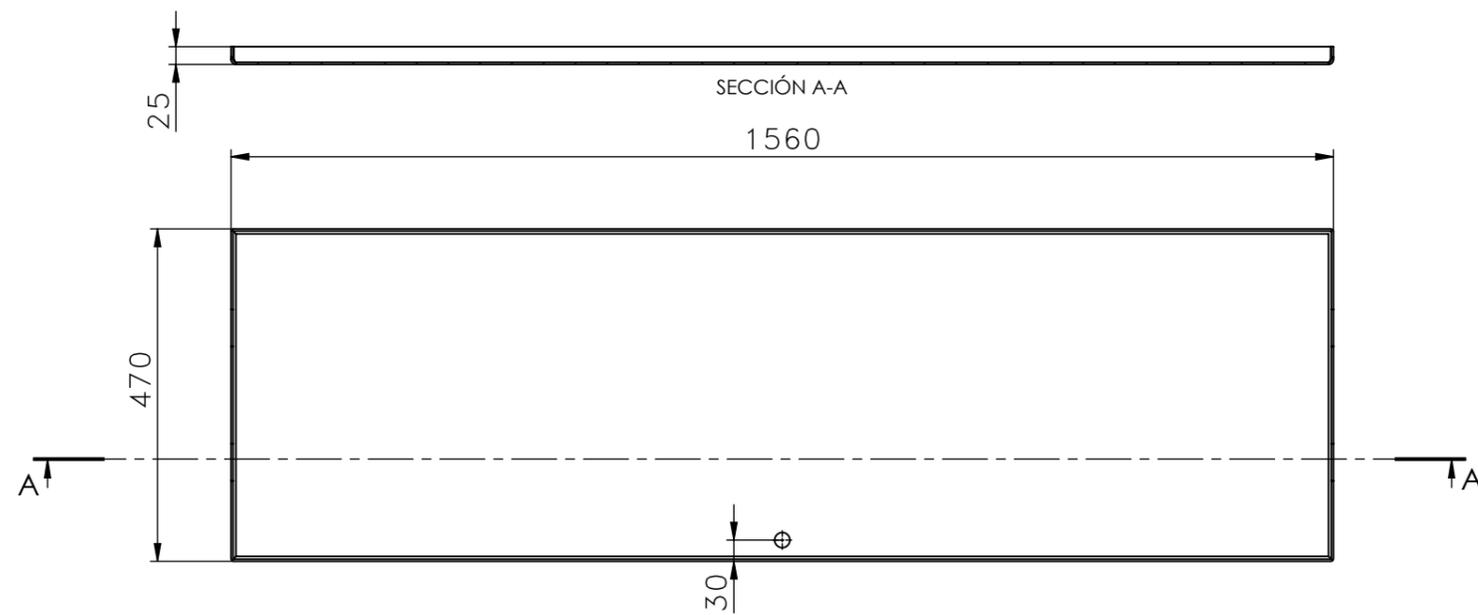
DESARROLLO  
Escala 1:2.5

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	4
B	HACIA ARRIBA	90°	4

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:5		
	PARTE: PARED LATERAL 2			TOLERANCIA: ±0.50		
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-123			MATERIAL: ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024
	TRATAMIENTO: -			DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 4 DE 8
	RECUBRIMIENTO: -			REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD: 1 u.			APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024		

FICA

CIME



DESARROLLO  
Escala 1:5

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	4
B	HACIA ARRIBA	90°	4
C	HACIA ARRIBA	90°	4
D	HACIA ARRIBA	90°	4



FICA

CIME

PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS				ESCALA: 1:10	
PARTE: FONDO				TOLERANCIA: ±0.50	
CÓDIGO: EQ-CIM2401-124				HOJA: 5 DE 8	
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	
TRATAMIENTO:		DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	1 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

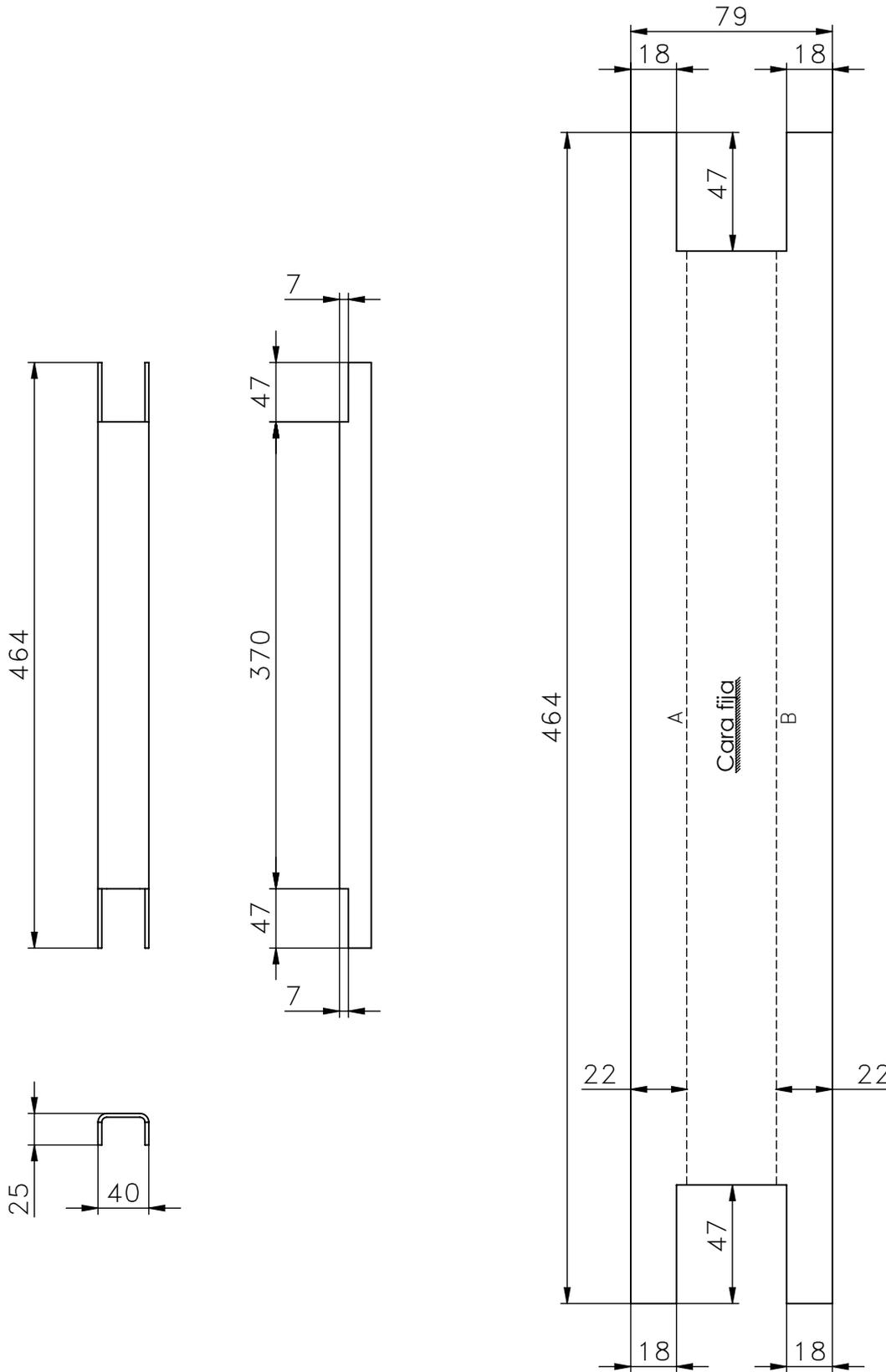


Tabla de pliegue

Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	4
B	HACIA ARRIBA	90°	4

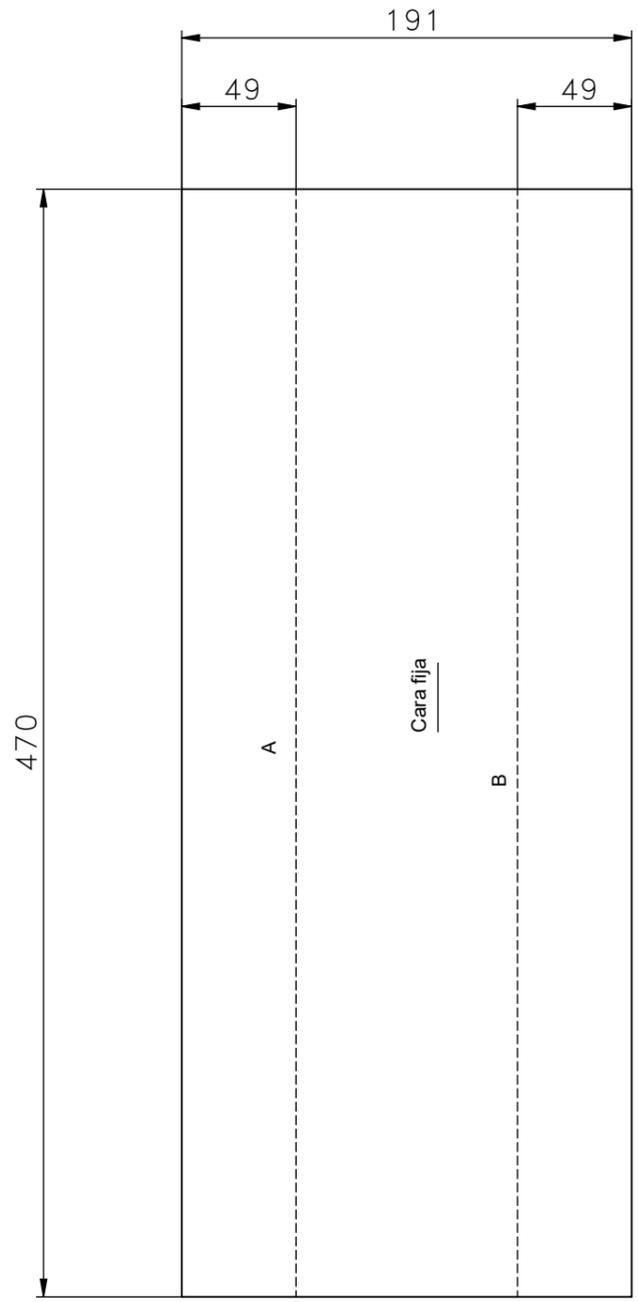
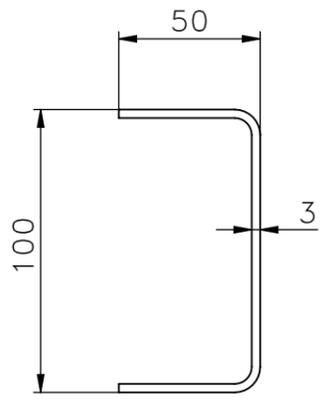
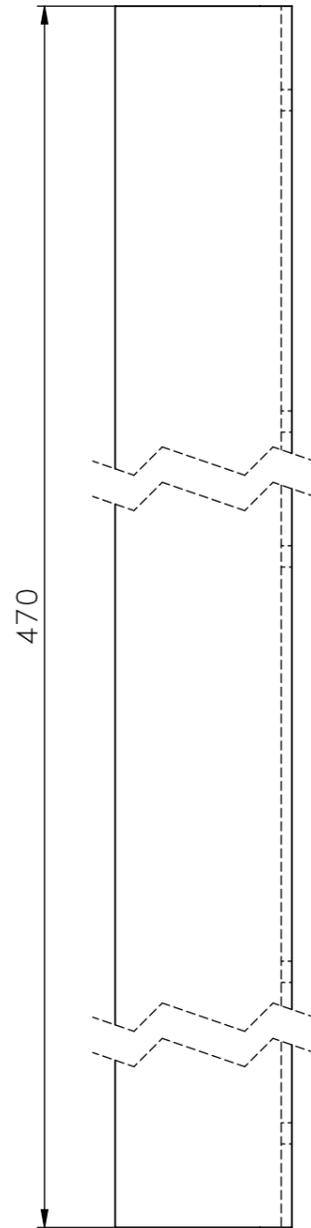
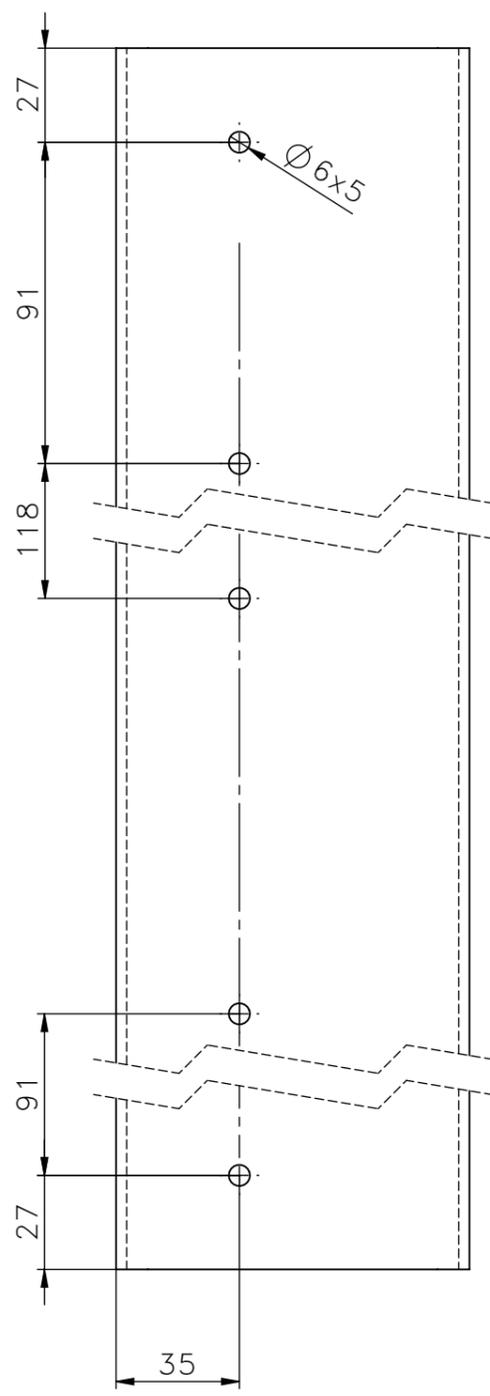
DESARROLLO  
Escala 1:2.5



PROYECTO:		ENCERADORA DE QUESOS		ESCALA:	
PARTE:		TRAVEZAÑO		1:5	
CÓDIGO:		EQ-CIM2401-125		TOLERANCIA: ±0.50	
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 6 DE 8
TRATAMIENTO:	-	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	-	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	5 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

FICA

CIME



DESARROLLO  
Escala 1:3

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio
A	HACIA ABAJO	90°	4
B	HACIA ABAJO	90°	4

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:2	
	PARTE: BASE				
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-126			TOLERANCIA: ±0.10	
	MATERIAL: ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 7 DE 8	
	TRATAMIENTO:	DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO:	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024			
CANTIDAD: 2 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024			

FICA

CIME

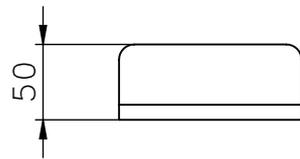
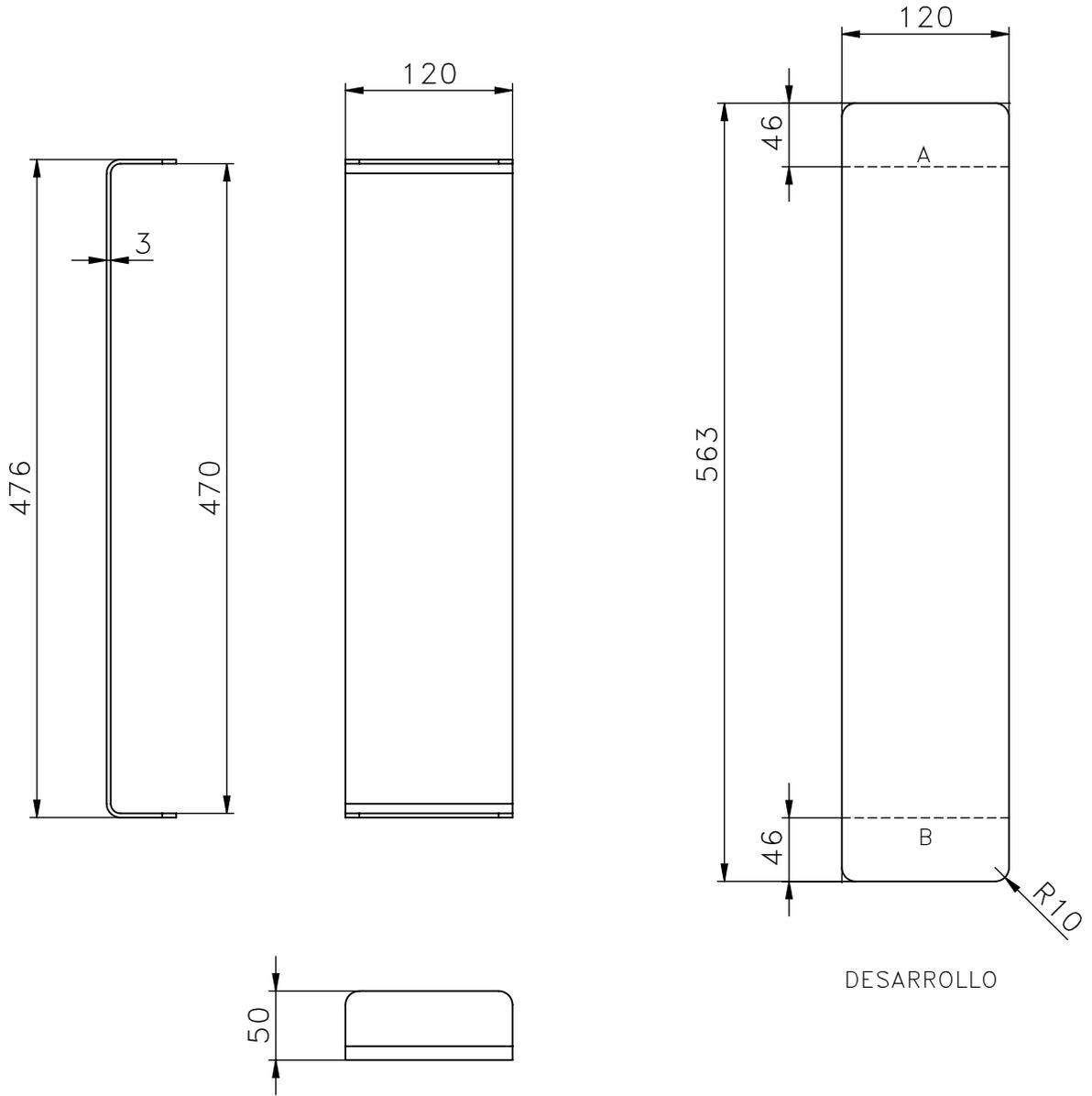


Tabla de pliegue

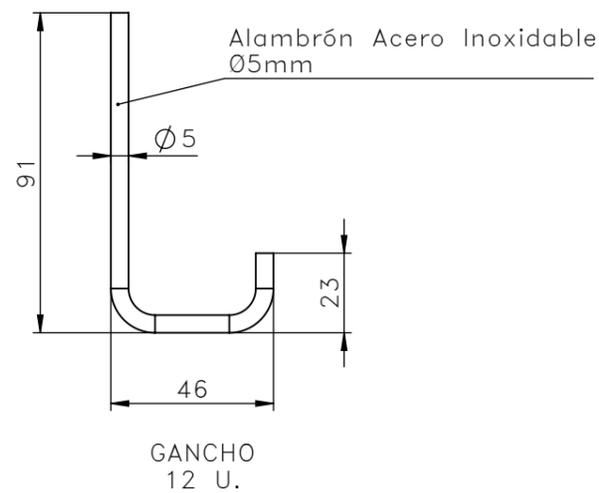
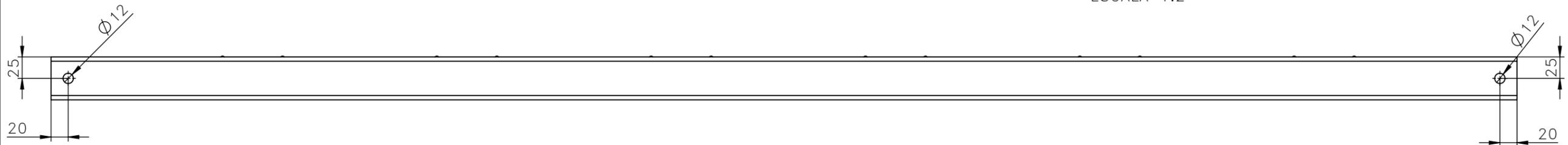
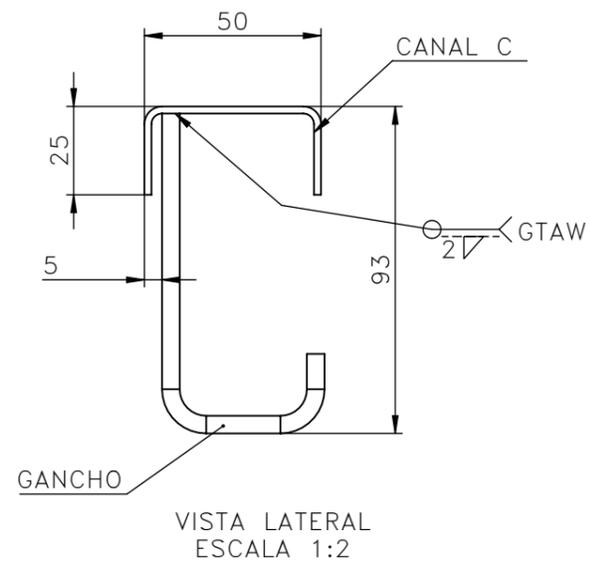
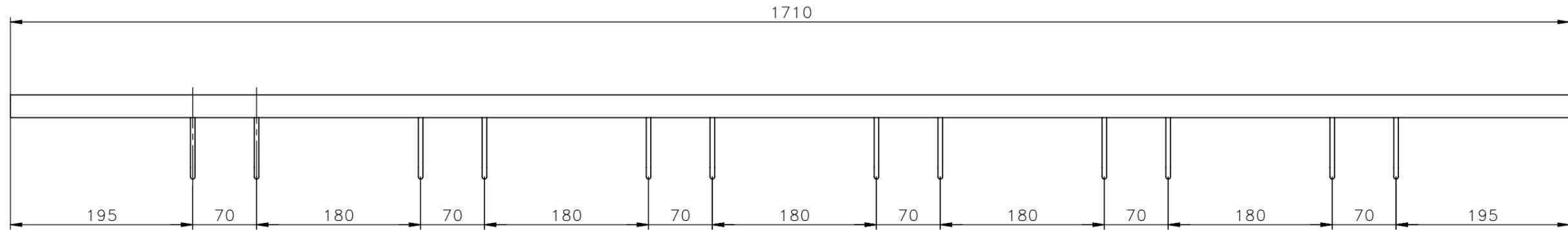
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	7
B	HACIA ARRIBA	90°	7



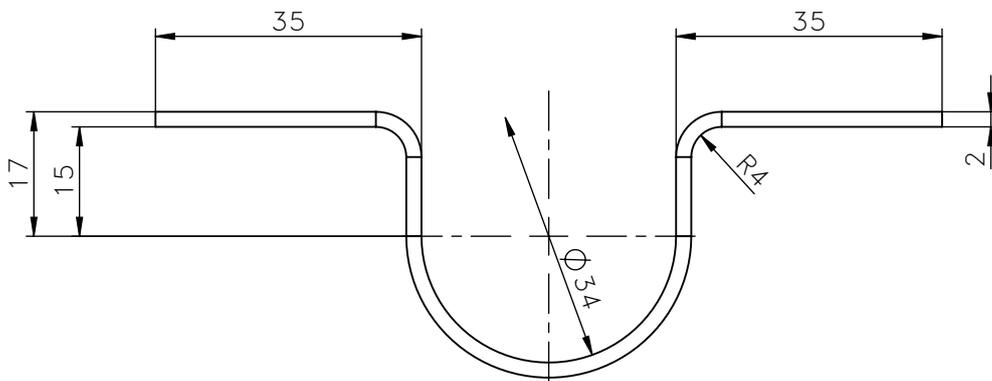
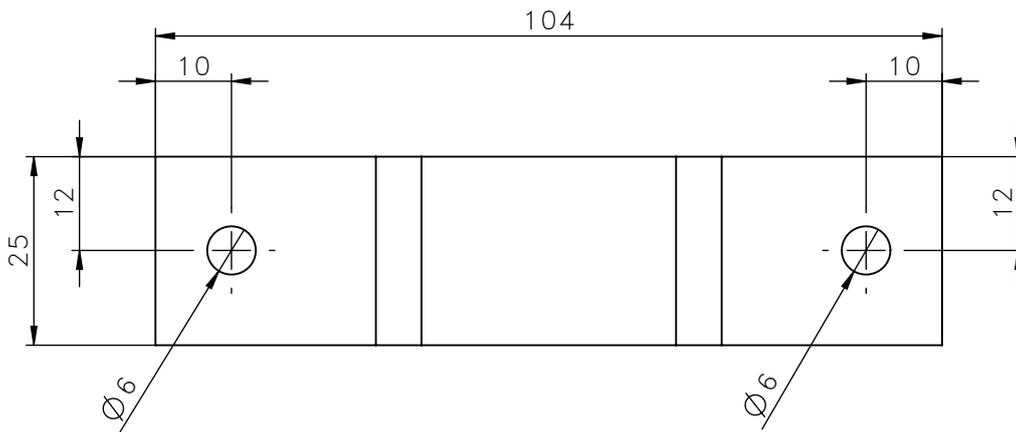
PROYECTO:		ENCERADORA DE QUESOS		ESCALA:	
PARTE:		REFUERZO		1:5	
CÓDIGO:		EQ-CIM2401-127		TOLERANCIA: ±0.50	
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 8 DE 8
TRATAMIENTO:	-	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	-	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

FICA

CIME



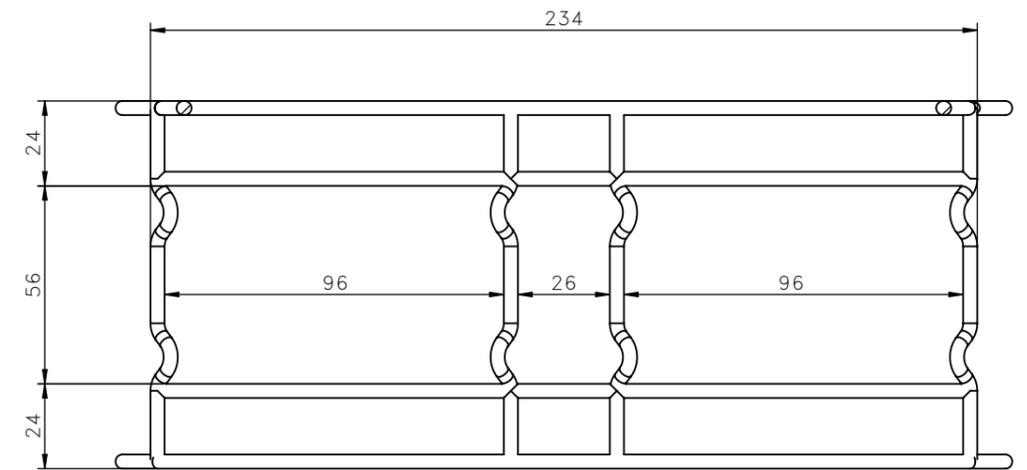
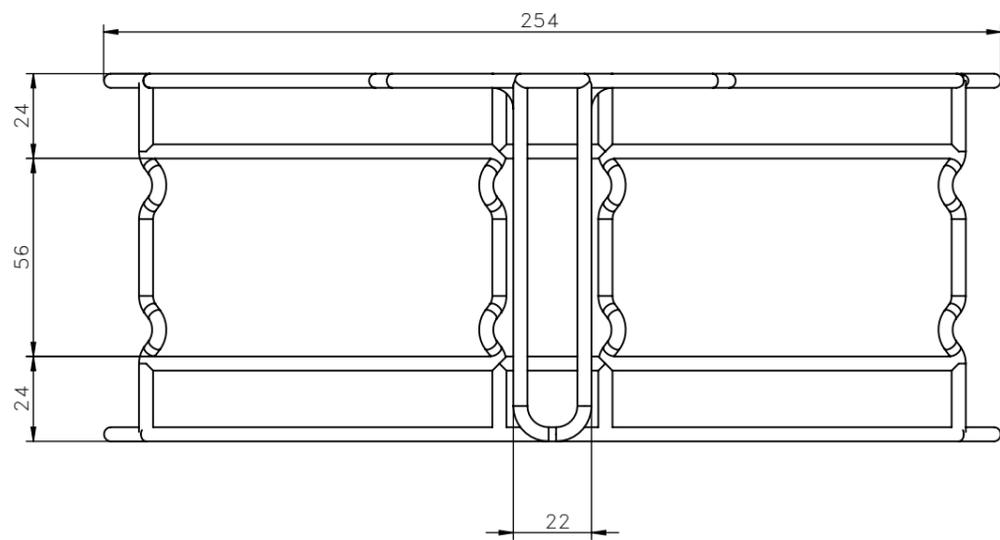
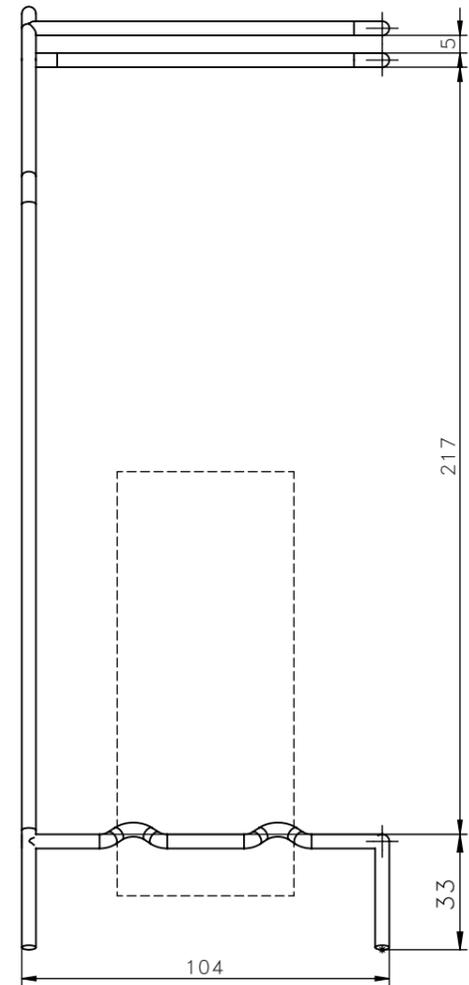
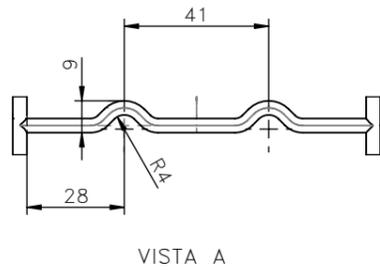
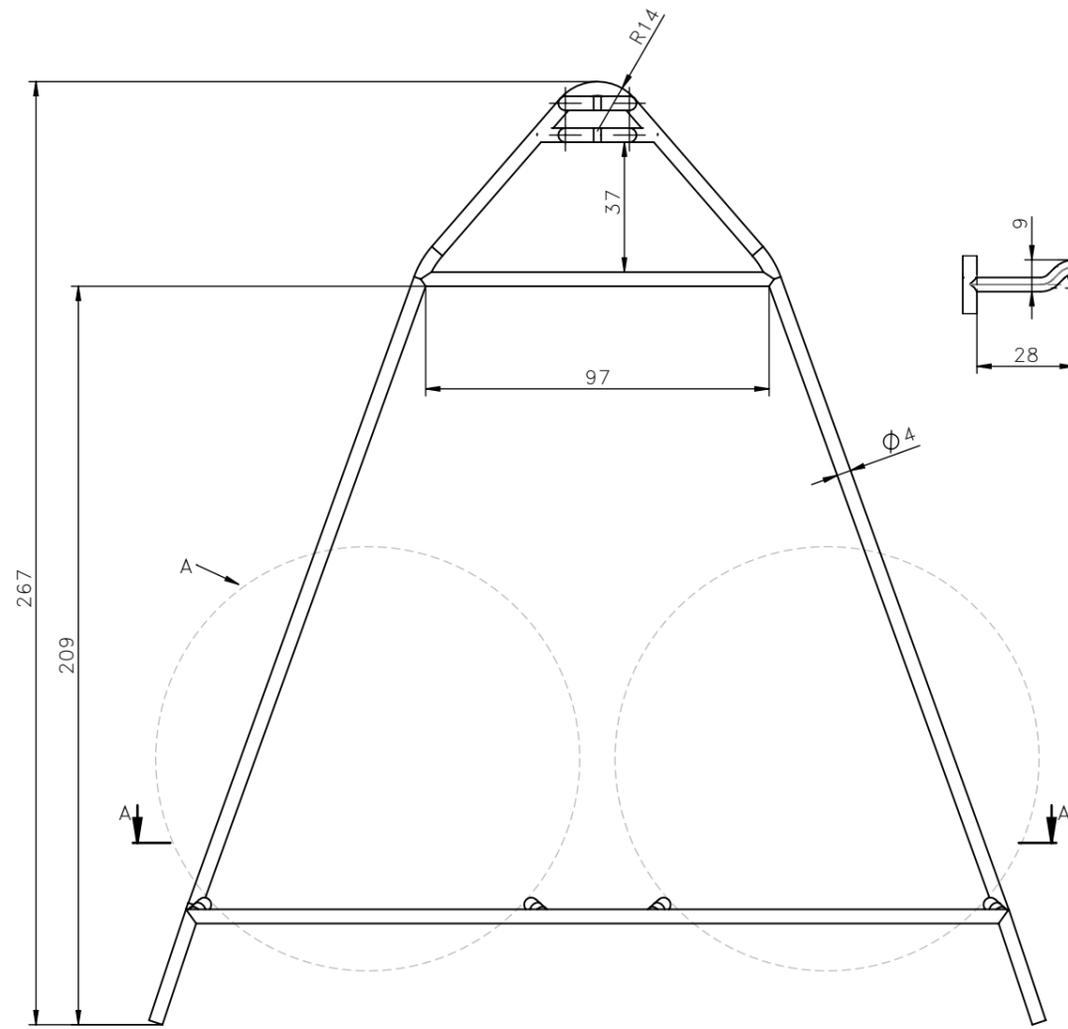
	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS				ESCALA: 1:2.5		
	PARTE: VIGA				TOLERANCIA: ±0.5		
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-003				MATERIAL: ACERO INOX. AISI 304	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024
	TRATAMIENTO: Ninguno		DIBUJÓ: H. Valencia		15/01/2024	HOJA: 4 DE 11	
	RECUBRIMIENTO: Ninguno		REVISÓ: V. Erazo		26/01/2024		
CANTIDAD: 1 u.		APROBÓ: V. Erazo		26/01/2024			
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>						



PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS				ESCALA: 1:1	
PARTE: APOYO SUPERIOR DE CILINDRO					
CÓDIGO: EQ-CIM2401-004				TOLERANCIA: ±0.10	
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 304	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 5 DE 11
TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

FICA

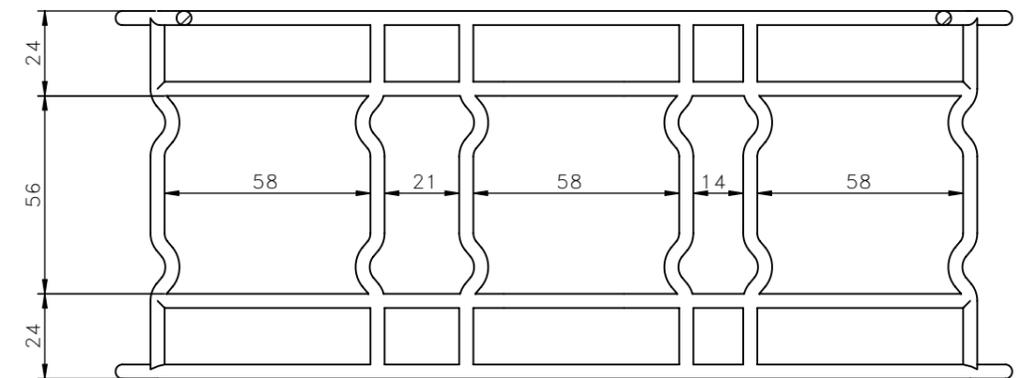
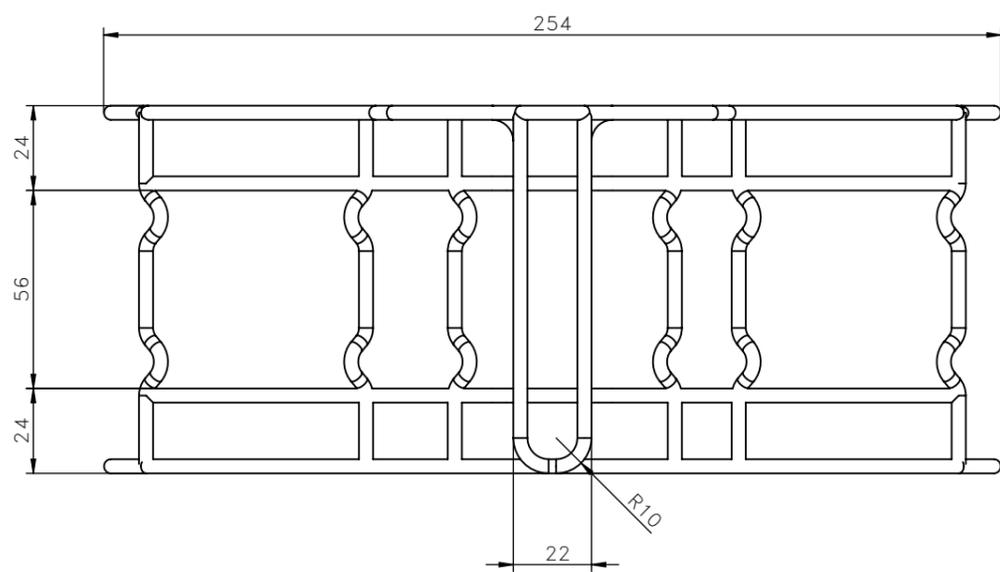
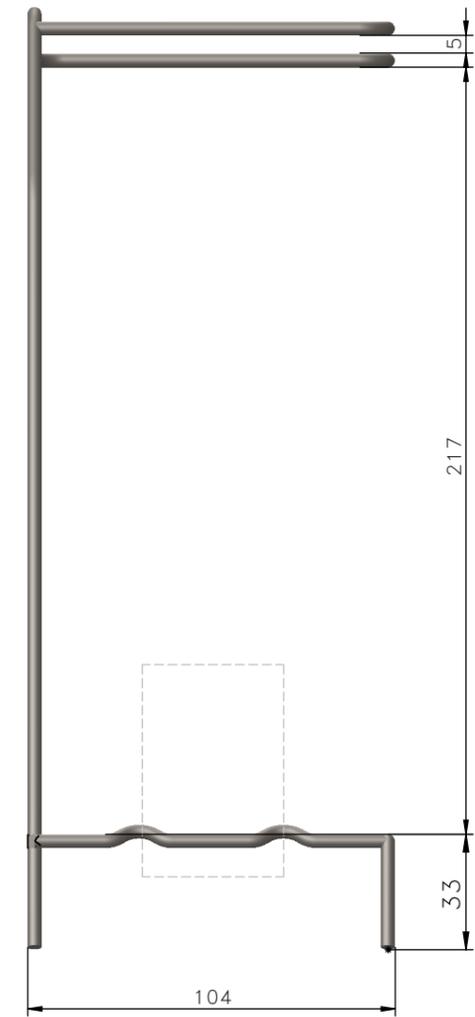
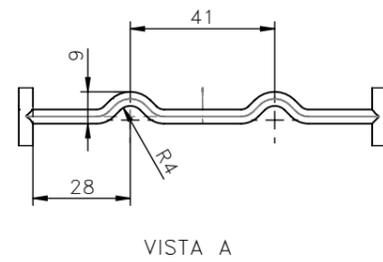
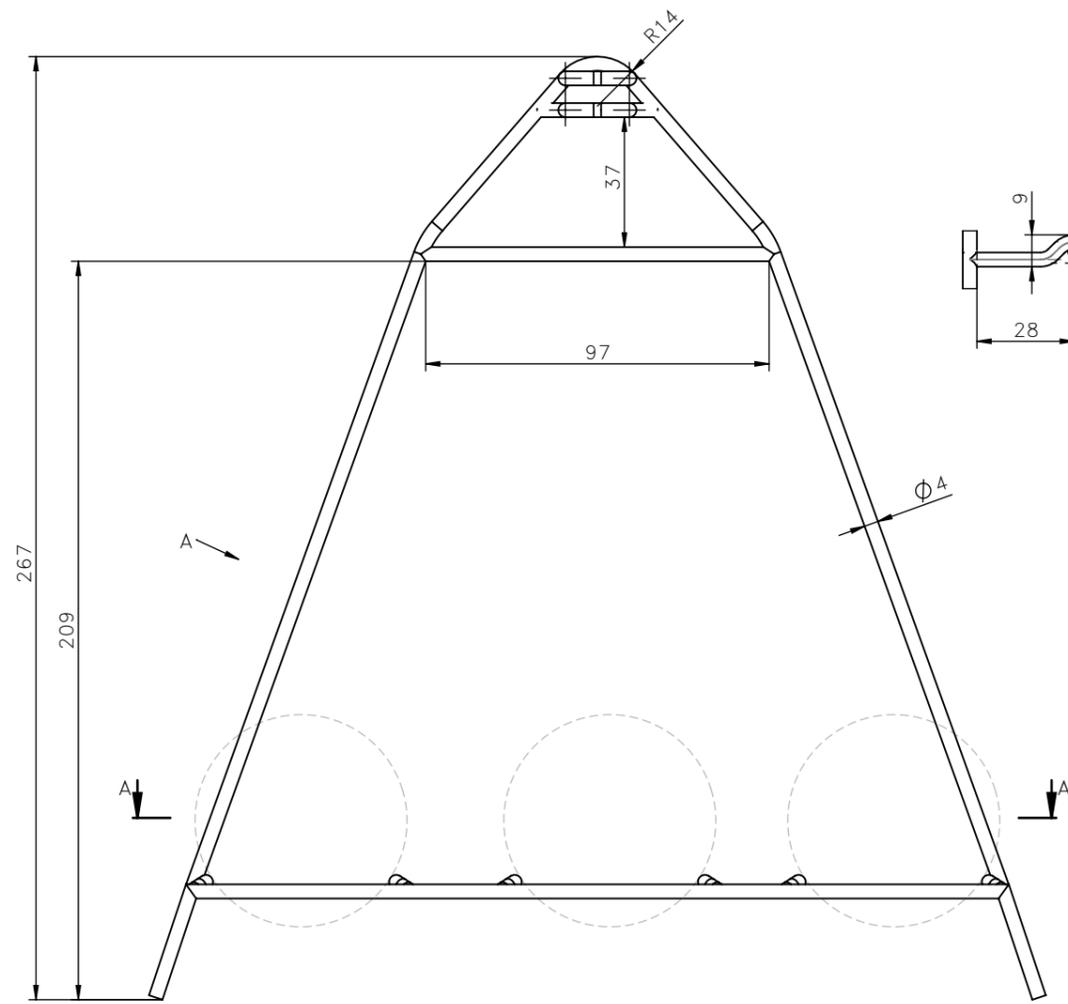
CIME



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

Notas:  
- Canastilla para quesos Ø120 mm x 50 mm

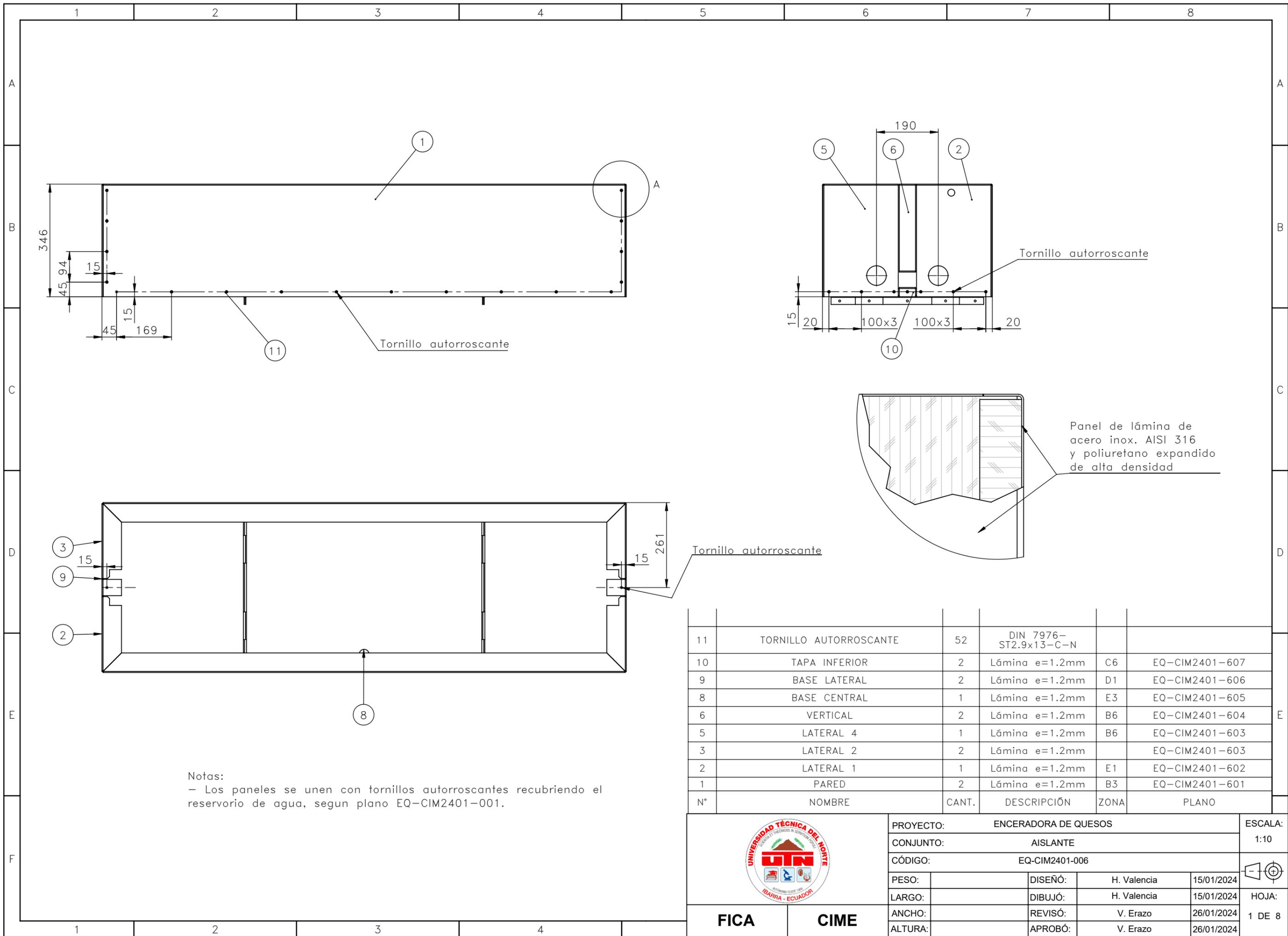
	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO			ESCALA: 1:2.5	
	PARTE: CANASTILLA 1				
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-005-1			TOLERANCIA: ±0.5	
	MATERIAL: Acero Inox. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 1 DE 2	
	TRATAMIENTO: Ninguno	DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO: Ninguno	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024			
CANTIDAD: 6 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024			
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>				



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

Notas:  
- Canastilla para quesos Ø60 mm x 40 mm

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO			ESCALA: 1:2.5	
	PARTE: CANASTILLA 2				
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-005-2			TOLERANCIA: ±0.5	
	MATERIAL: Acero Inox. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 2 DE 2	
	TRATAMIENTO: Ninguno	DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024		
	RECUBRIMIENTO: Ninguno	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024		
CANTIDAD: 6 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024			
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>				

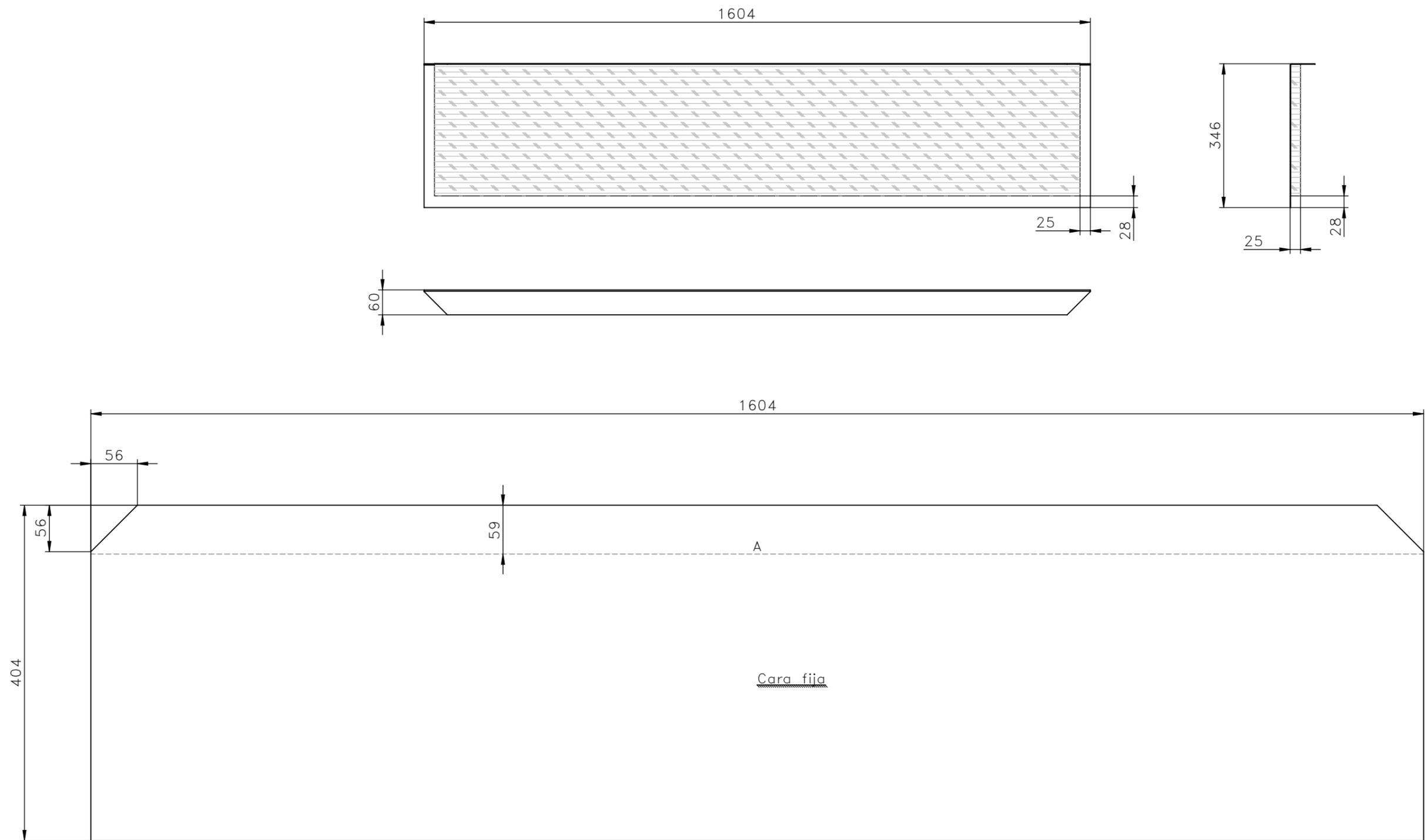


Notas:  
 - Los paneles se unen con tornillos autorroscantes recubriendo el reservorio de agua, según plano EQ-CIM2401-001.

N°	NOMBRE	CANT.	DESCRIPCIÓN	ZONA	PLANO
11	TORNILLO AUTORROSCANTE	52	DIN 7976-ST2.9x13-C-N		
10	TAPA INFERIOR	2	Lámina e=1.2mm	C6	EQ-CIM2401-607
9	BASE LATERAL	2	Lámina e=1.2mm	D1	EQ-CIM2401-606
8	BASE CENTRAL	1	Lámina e=1.2mm	E3	EQ-CIM2401-605
6	VERTICAL	2	Lámina e=1.2mm	B6	EQ-CIM2401-604
5	LATERAL 4	1	Lámina e=1.2mm	B6	EQ-CIM2401-603
3	LATERAL 2	2	Lámina e=1.2mm		EQ-CIM2401-603
2	LATERAL 1	1	Lámina e=1.2mm	E1	EQ-CIM2401-602
1	PARED	2	Lámina e=1.2mm	B3	EQ-CIM2401-601

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:10
	CONJUNTO: AISLANTE			
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-006			
	PESO:	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024
LARGO:	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
ANCHO:	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
ALTURA:	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

FICA CIME



DESARROLLO  
Escala 1:5

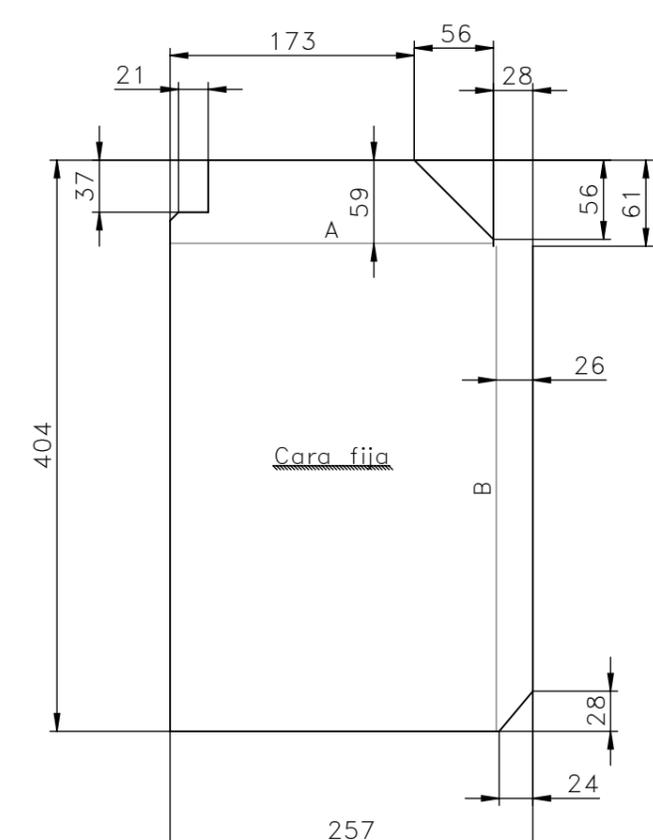
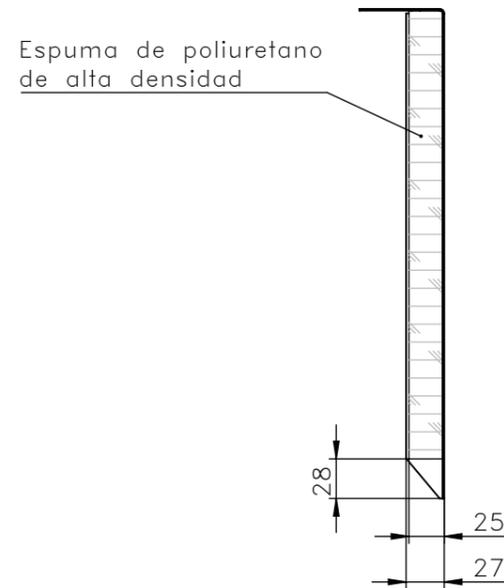
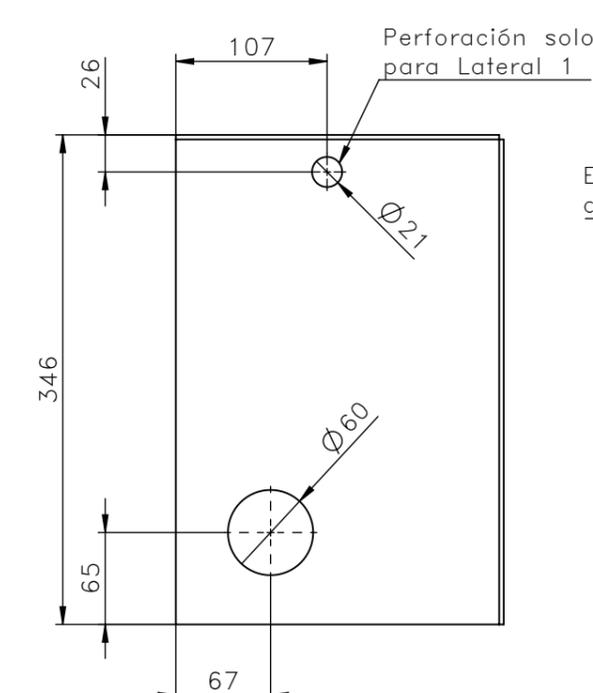
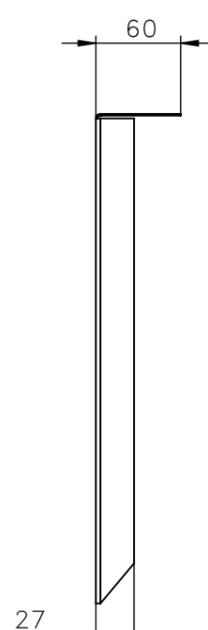
Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	2



FICA

CIME

PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS				ESCALA: 1:10	
PARTE: AISLANTE - PARED				TOLERANCIA: ±0.5	
CÓDIGO: EQ-CIM2401-601				HOJA: 2 DE 8	
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	
TRATAMIENTO:	-	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	-	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	



DESARROLLO  
ESCALA 1 : 5

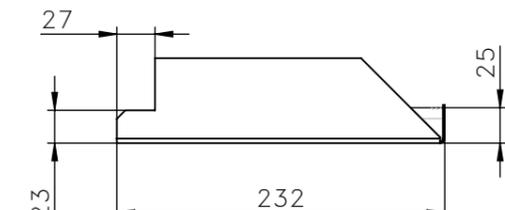
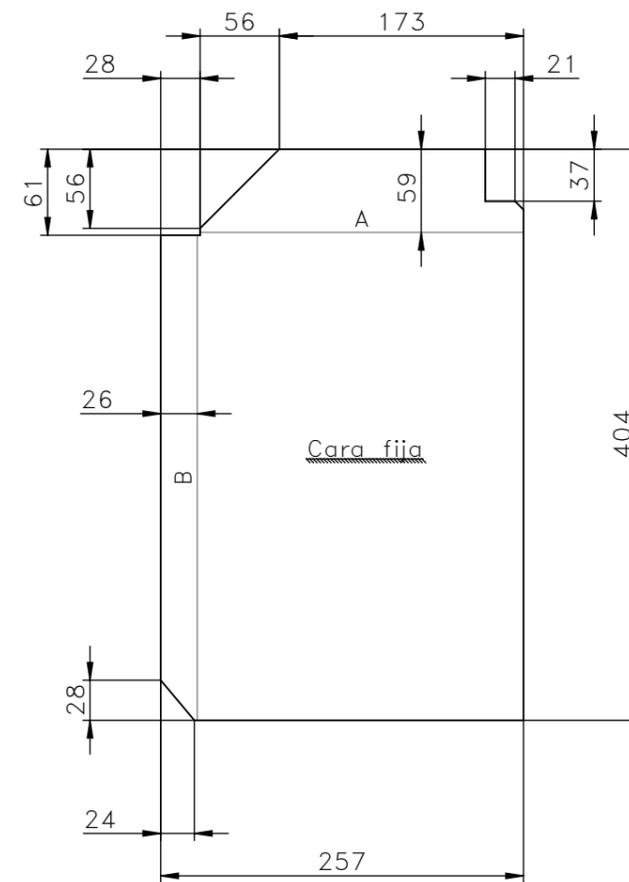
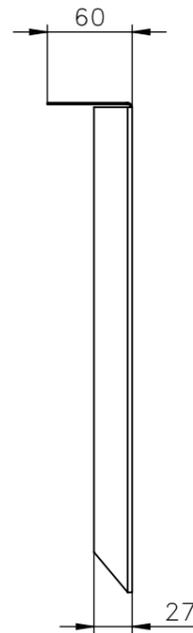
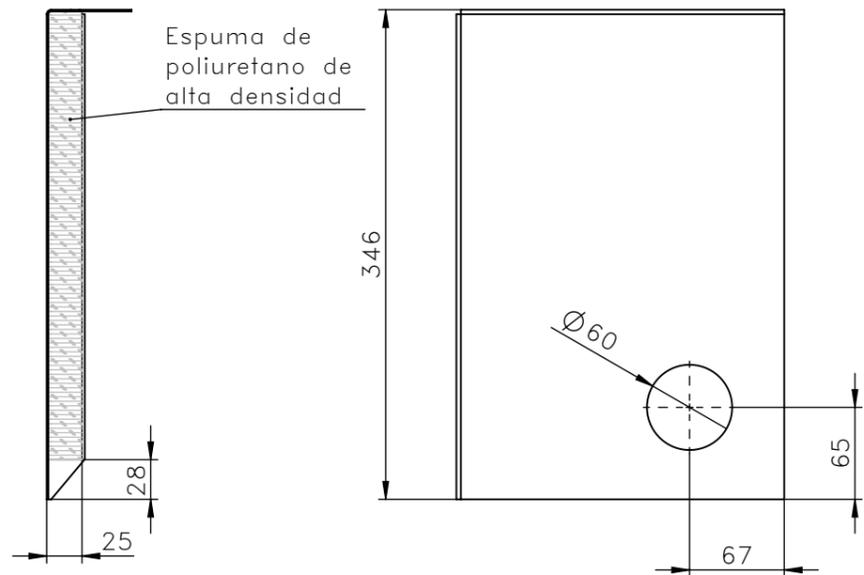


Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	2
B	HACIA ABAJO	90°	2



**FICA**      **CIME**

PROYECTO:		ENCERADORA DE QUESOS		ESCALA:	1:5	
PARTE:		AISLANTE - LATERAL 1 y 4				
CÓDIGO:		EQ-CIM2401-602		TOLERANCIA: ±0.5		
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 3 DE 8	
TRATAMIENTO:	-	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO:	-	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024		



DESARROLLO

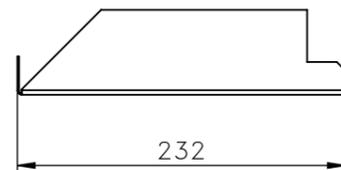
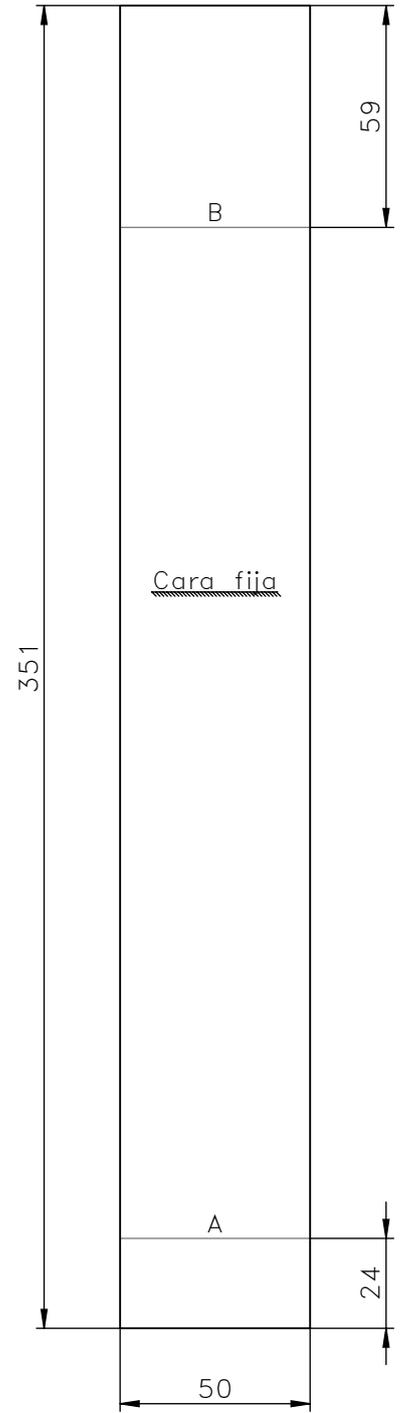
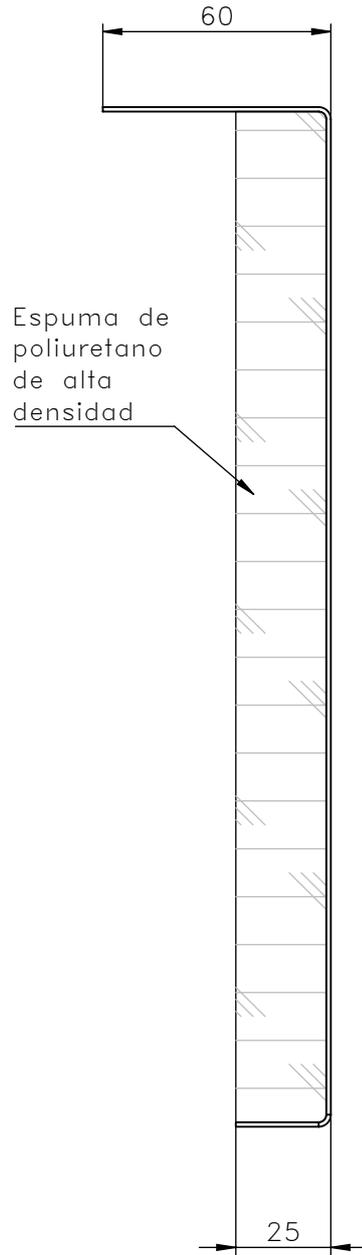
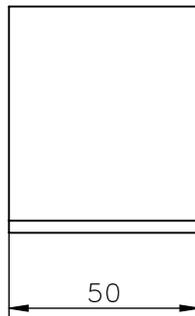
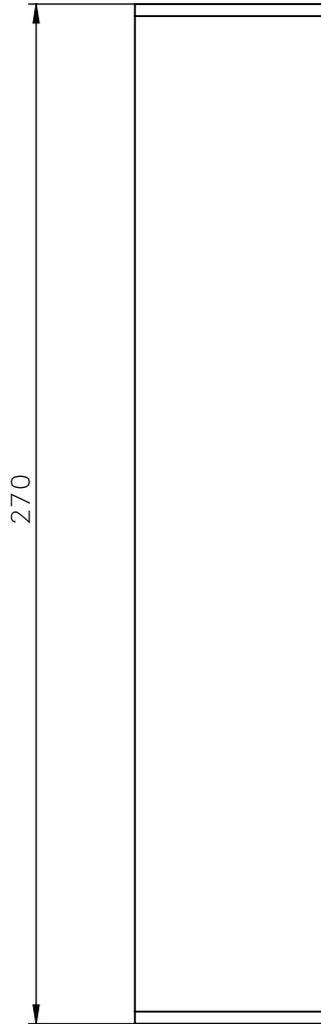


Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	2
B	HACIA ABAJO	90°	2

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:5	
	PARTE: AISLANTE - LATERAL 2 y 3				
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-603			TOLERANCIA: ±0.5	
	MATERIAL: ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 4 DE 8	
	TRATAMIENTO: -	DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO: -	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024			
CANTIDAD: 2 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024			

FICA

CIME



DESARROLLO  
ESCALA 1 : 5

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	2
B	HACIA ABAJO	90°	2



PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS				ESCALA: 1:2	
PARTE: AISLANTE - VERTICAL					
CÓDIGO: EQ-CIM2401-604				TOLERANCIA: ±0.5	
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 5 DE 8
TRATAMIENTO:	-	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	-	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

FICA

CIME

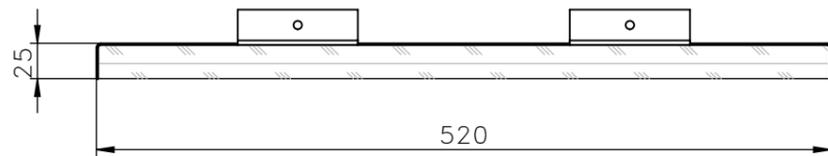
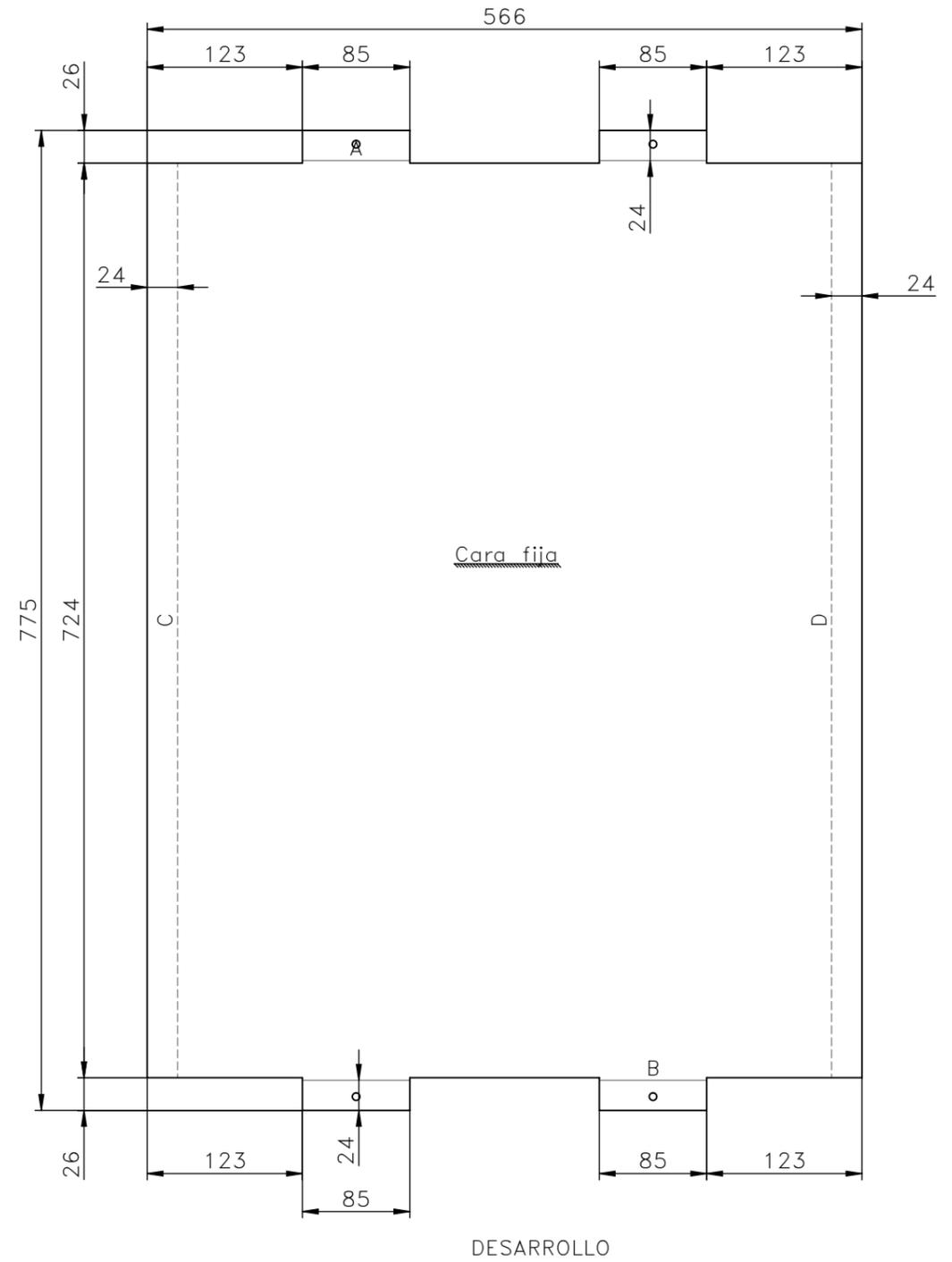
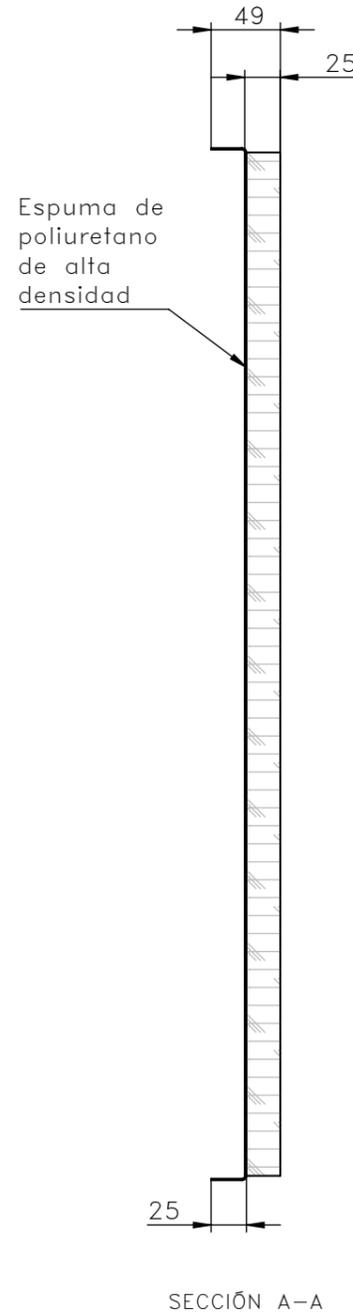
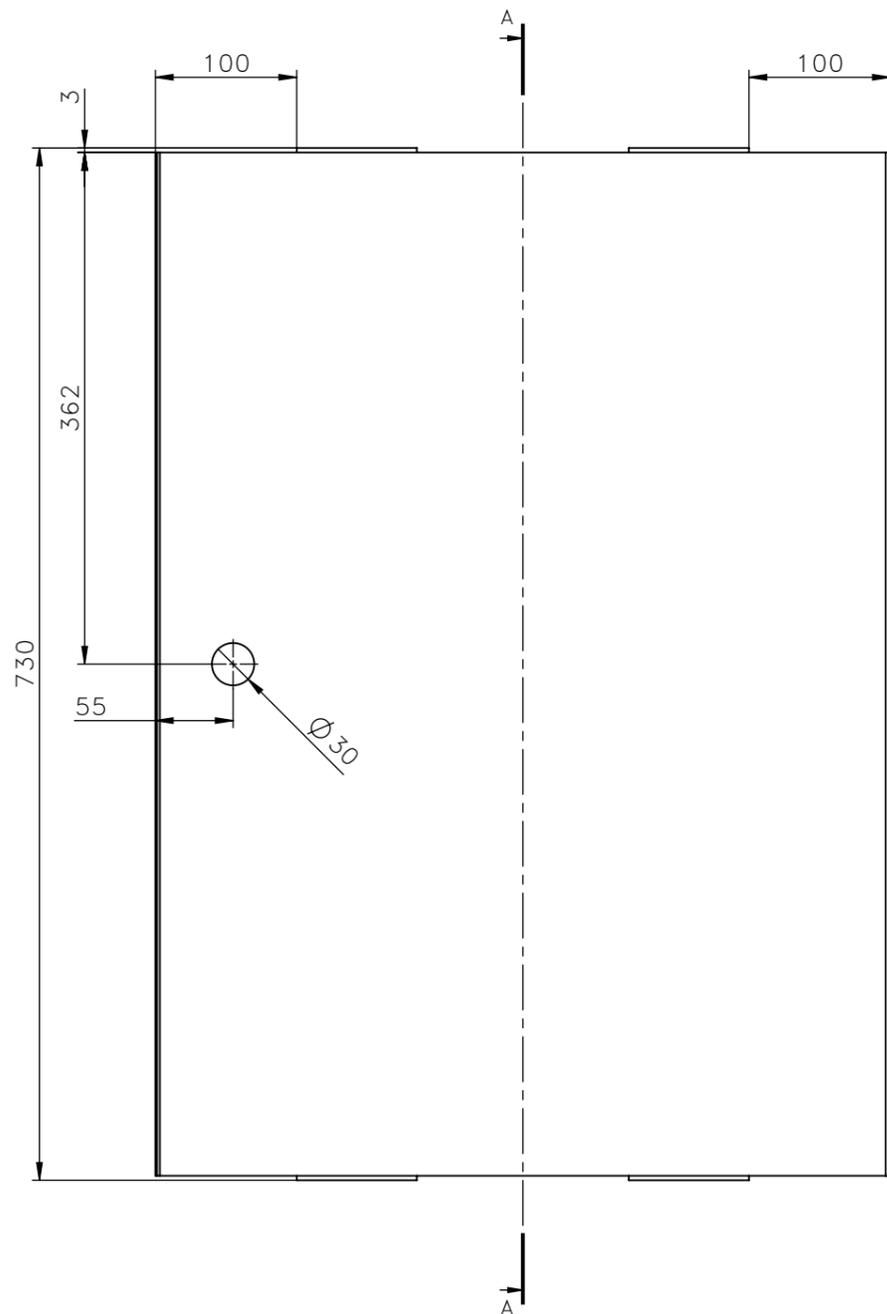


Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	2
B	HACIA ABAJO	90°	2
C	HACIA ARRIBA	90°	2
D	HACIA ARRIBA	90°	2

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:5		
	PARTE: AISLANTE - BASE CENTRAL			TOLERANCIA: ±0.5		
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-605			MATERIAL: ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024
	TRATAMIENTO: -			DIBUJÓ: H. Valencia	REVISÓ: V. Erazo	15/01/2024
	RECUBRIMIENTO: -			CANTIDAD: 1 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024

FICA

CIME

HOJA:  
6 DE 8

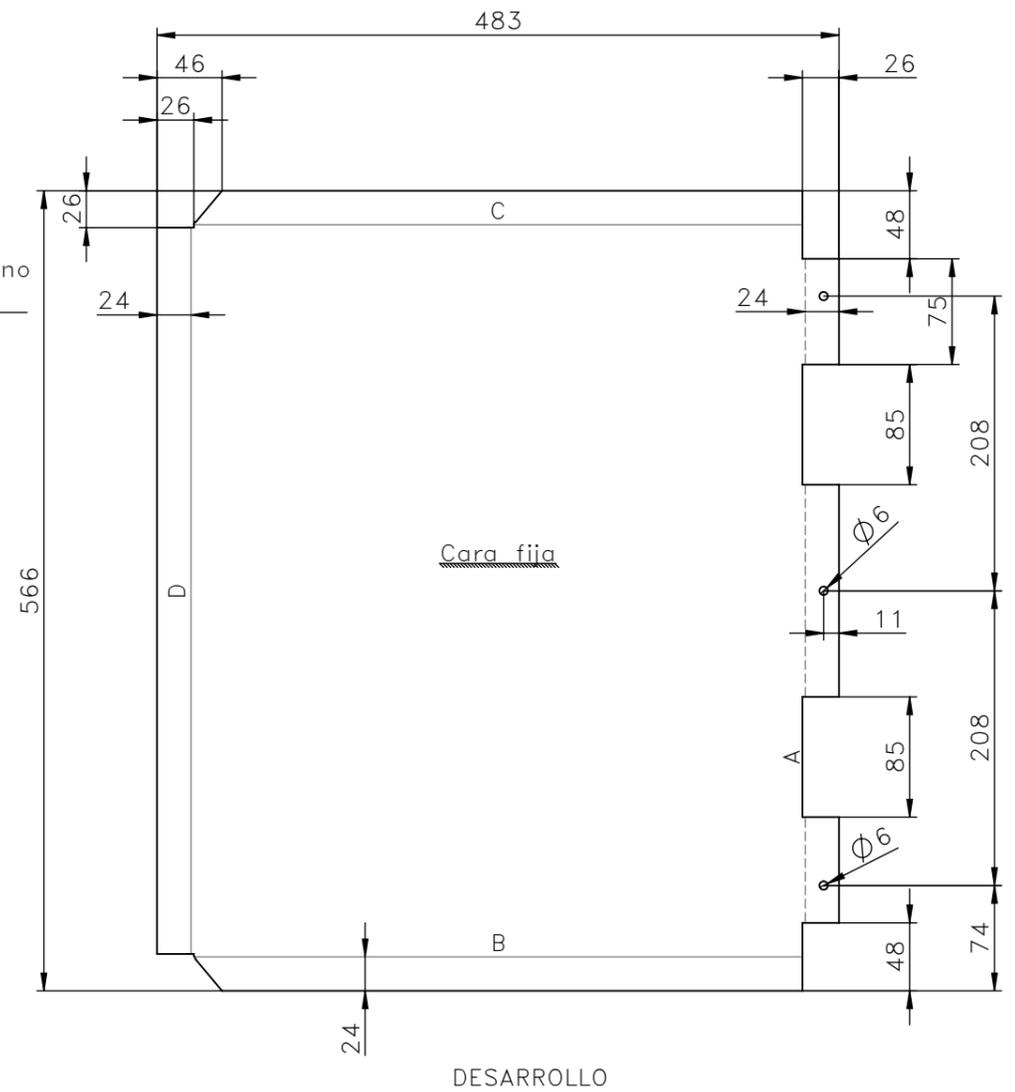
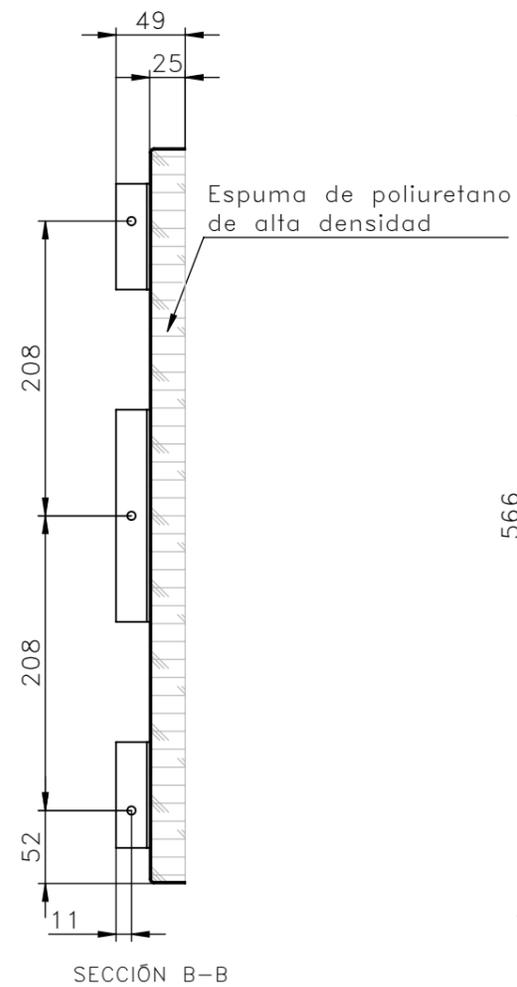
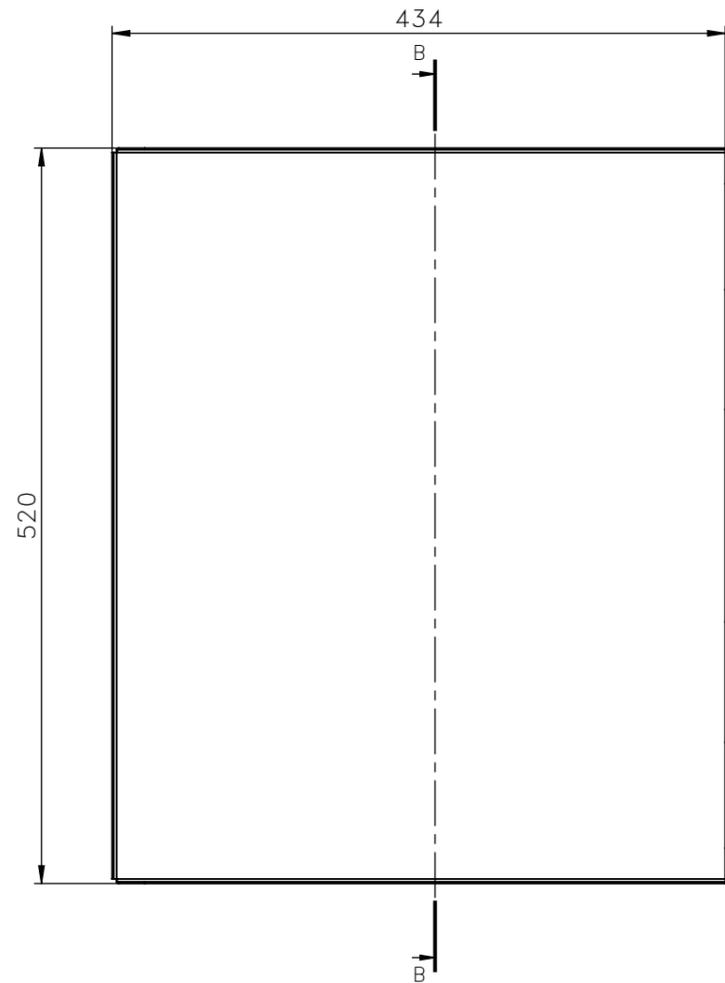


Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	2
B	HACIA ABAJO	90°	2
C	HACIA ABAJO	90°	2
D	HACIA ABAJO	90°	2

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:5		
	PARTE: AISLANTE - BASE LATERAL			TOLERANCIA: ±0.5		
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-606			MATERIAL: ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024
	TRATAMIENTO: -			DIBUJÓ: H. Valencia	REVISÓ: V. Erazo	15/01/2024
RECUBRIMIENTO: -			CANTIDAD: 2 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024	
FICA		CIME		7 DE 8		

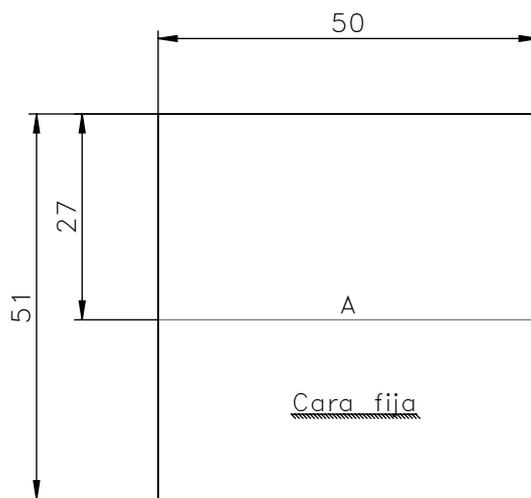
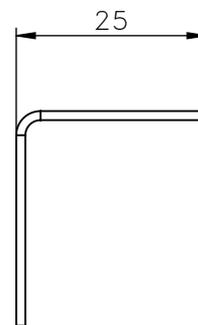
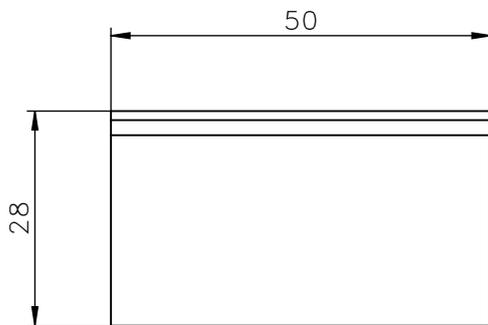
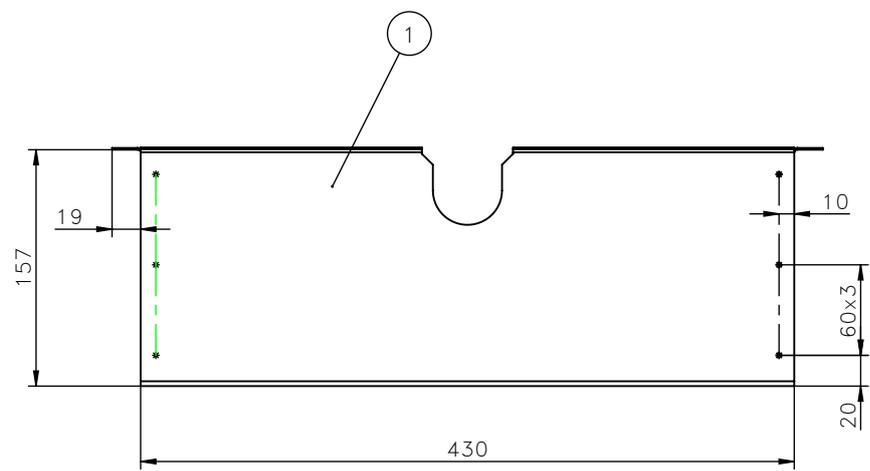
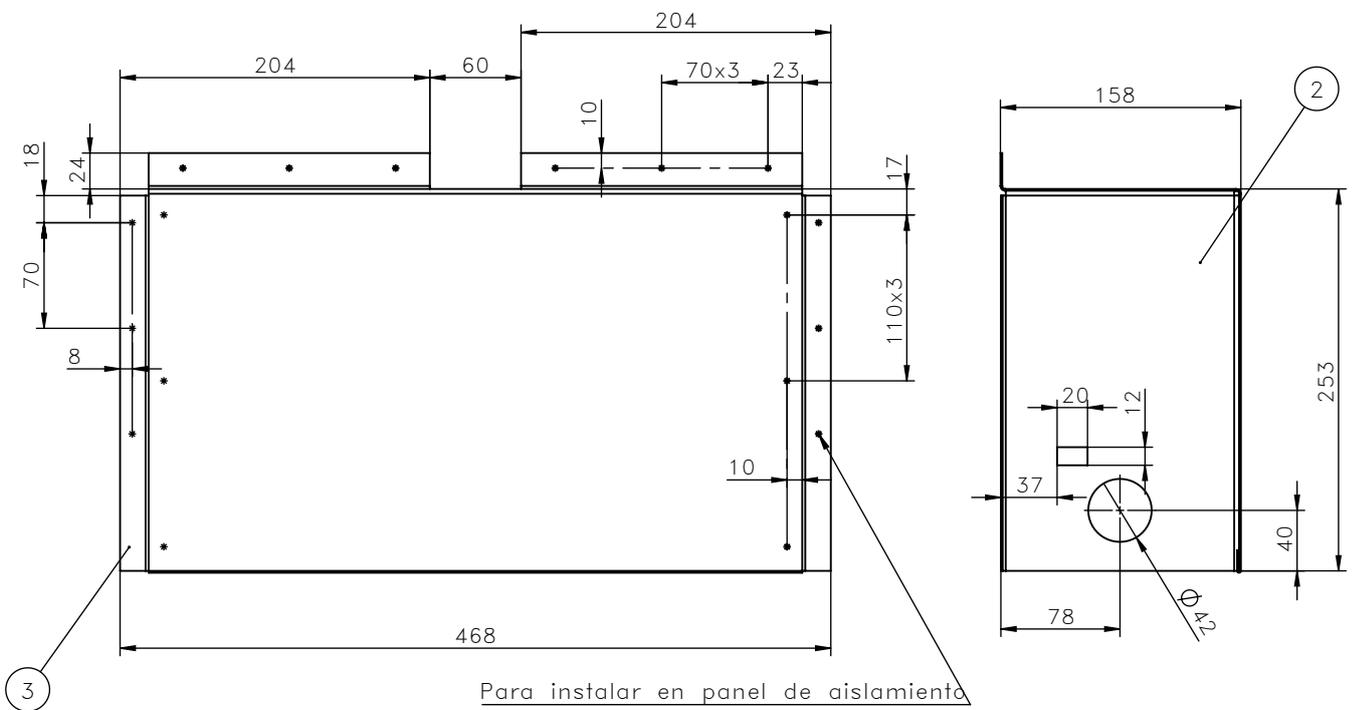


Tabla de pliegue

Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	2

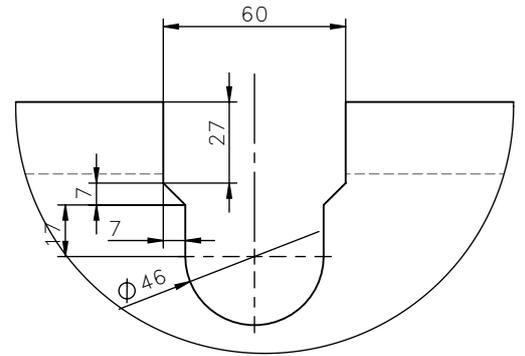
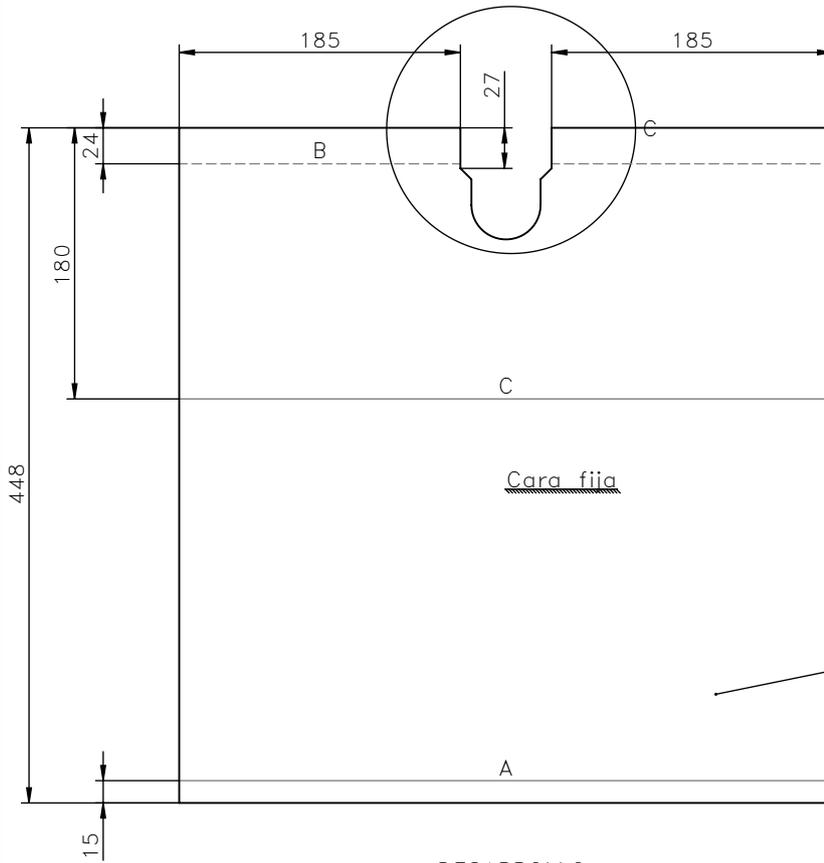
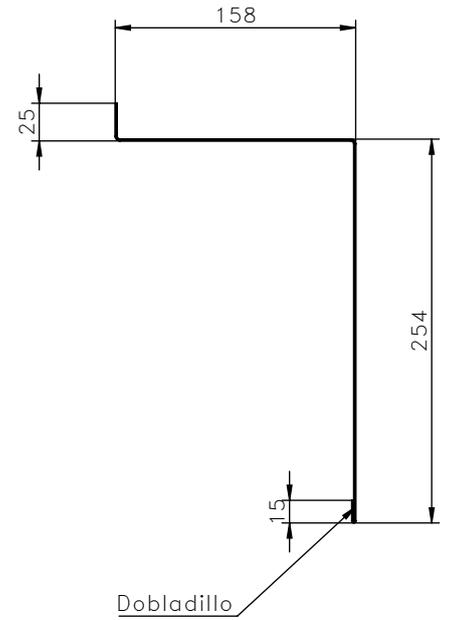
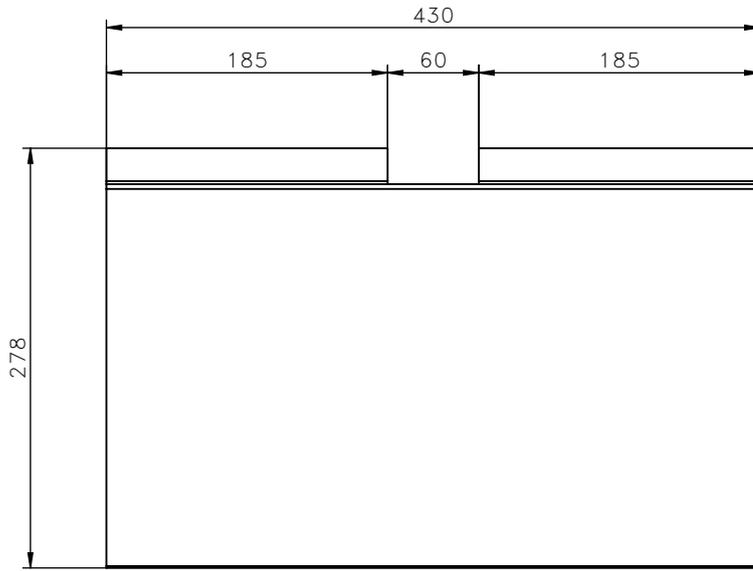
	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESOS			ESCALA: 1:1	
	PARTE: AISLANTE - TAPA INFERIOR				
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-607			TOLERANCIA: ±0.5	
	MATERIAL: ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO: H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 8 DE 8	
	TRATAMIENTO: -	DIBUJÓ: H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO: -	REVISÓ: V. Erazo	26/01/2024			
CANTIDAD: 2 u.	APROBÓ: V. Erazo	26/01/2024			
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>				





Notas:  
 - Las guardas se instalan con tornillos autorroscantes sobre paneles de aislamiento.  
 según plano EQ-CIM2401-001

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO			ESCALA: 1:5		
	PARTE: GUARDA IZQUIERDA					
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-008			TOLERANCIA: ±0.5		
	MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 2 DE 5
	TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
CANTIDAD:	1 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>					



DETALLE C  
ESCALA 2 : 5

Lámina de acero inoxidable AISI 316  
e=1.2mm

DESARROLLO

Tabla de pliegue

Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	180°	0.05
B	HACIA ABAJO	90°	2
C	HACIA ARRIBA	90°	2



PROYECTO:		ENCERADORA DE QUESO		ESCALA:	
PARTE:		GUARDA - CUERPO		1:5	
CÓDIGO:		EQ-CIM2401-701		TOLERANCIA: ±0.5	
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 3 DE 5
TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	1 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

FICA

CIME

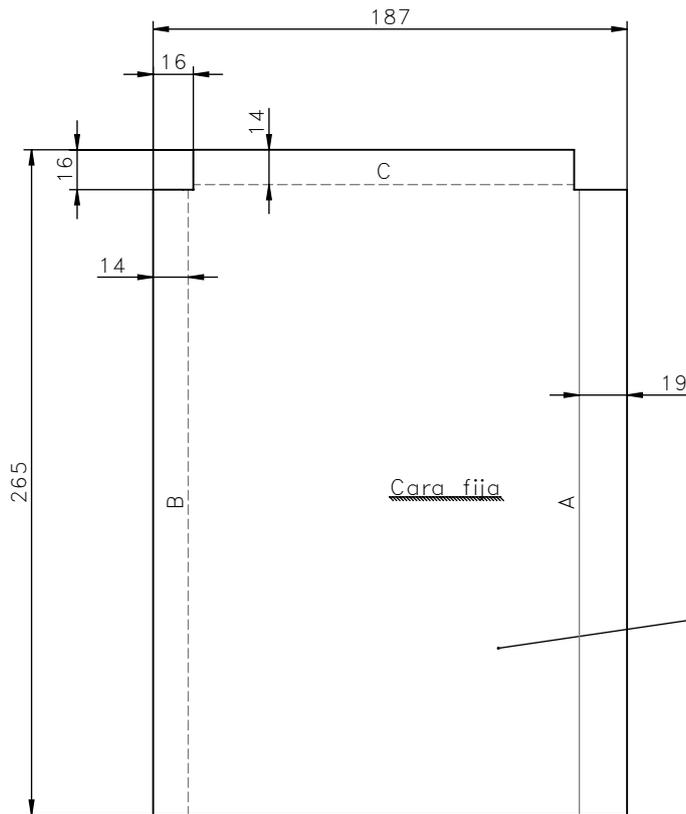
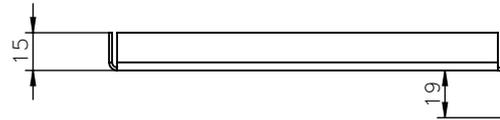
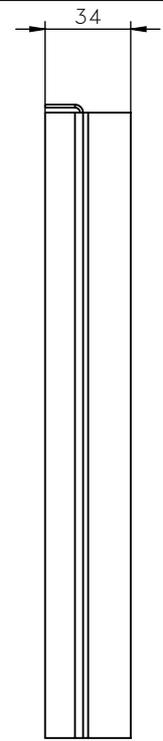
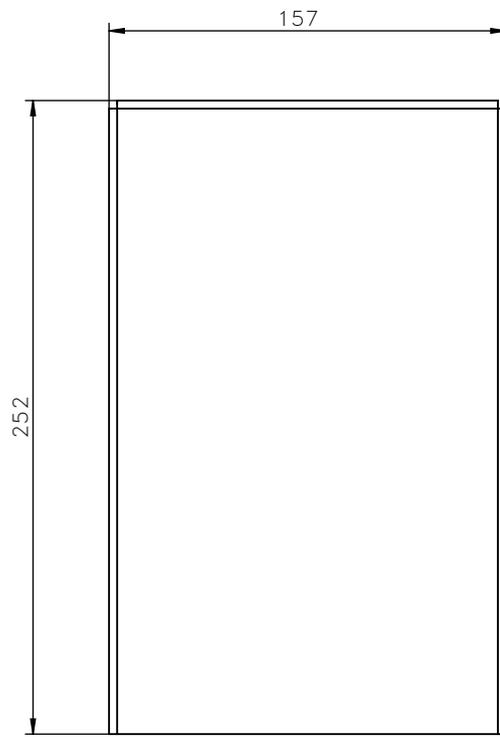


Lámina de acero inoxidable AISI 316  
e=1.2mm

Tabla de pliegue			
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ARRIBA	90°	2
B	HACIA ABAJO	90°	2
C	HACIA ABAJO	90°	2

DESARROLLO



PROYECTO:		ENCERADORA DE QUESO		ESCALA:	
PARTE:		GUARDA LATERAL DERECHA			
CÓDIGO:		EQ-CIM2401-702		TOLERANCIA: ±0.5	
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 4 DE 5
TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024	
CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024	

FICA

CIME

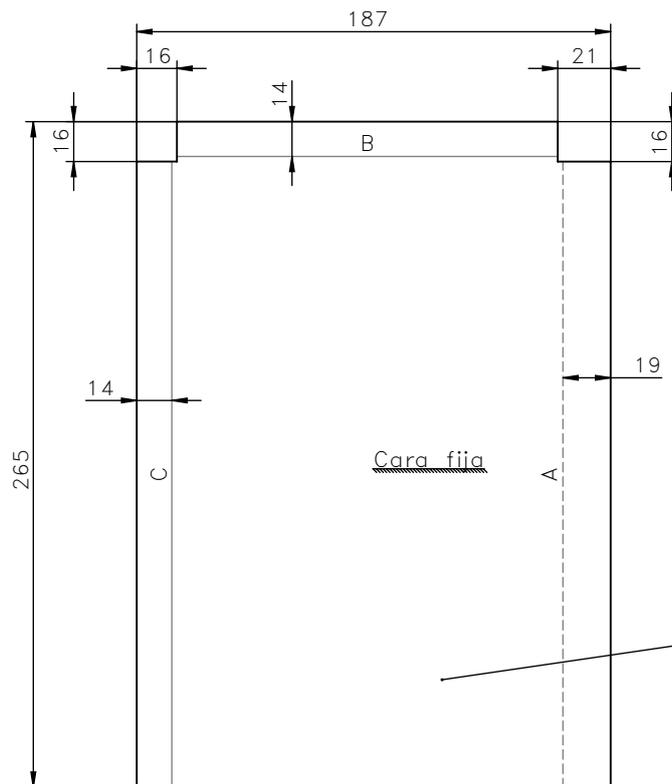
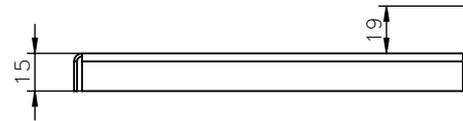
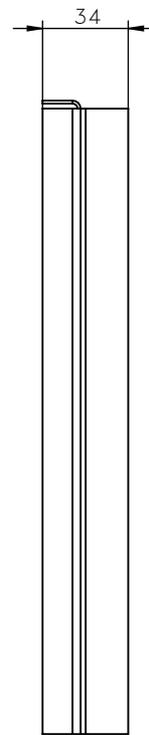
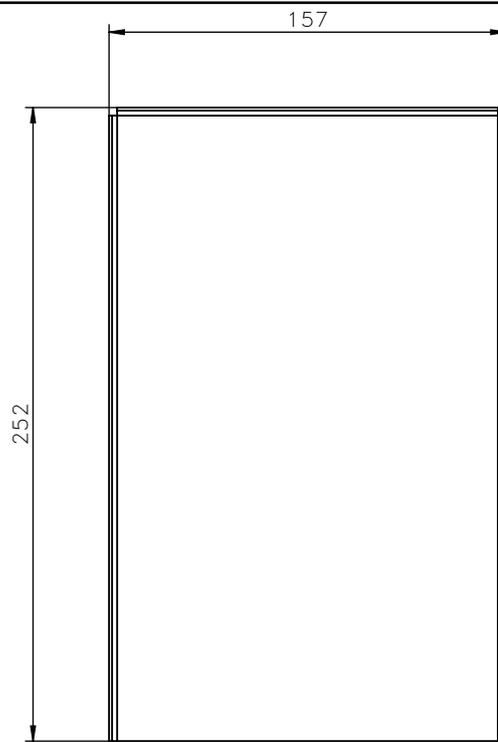


Lámina de acero inoxidable AISI 316  
e=1.2mm

DESARROLLO

Tabla de pliegue

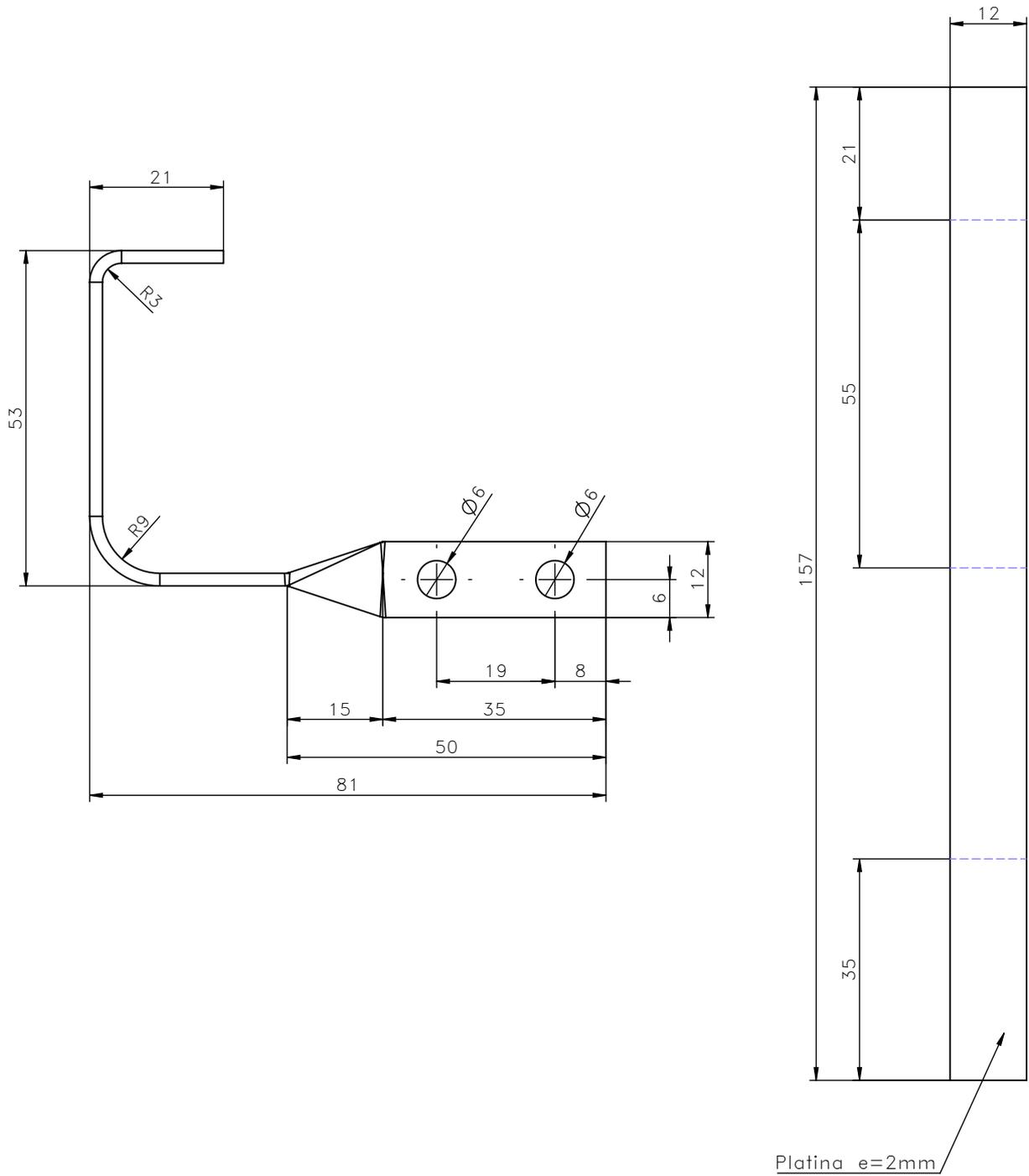
Etiqueta	Dirección	Ángulo	Radio interior
A	HACIA ABAJO	90°	2
B	HACIA ARRIBA	90°	2
C	HACIA ARRIBA	90°	2



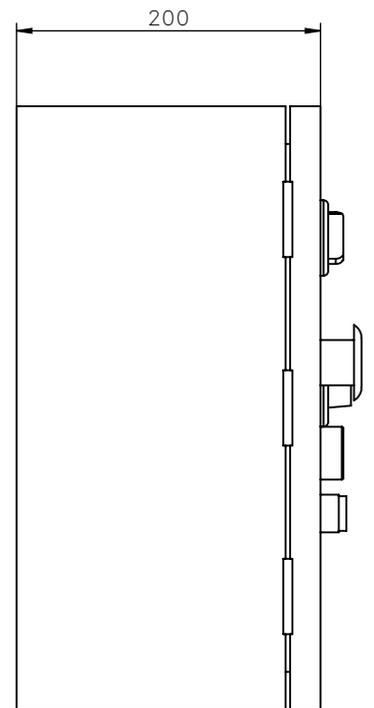
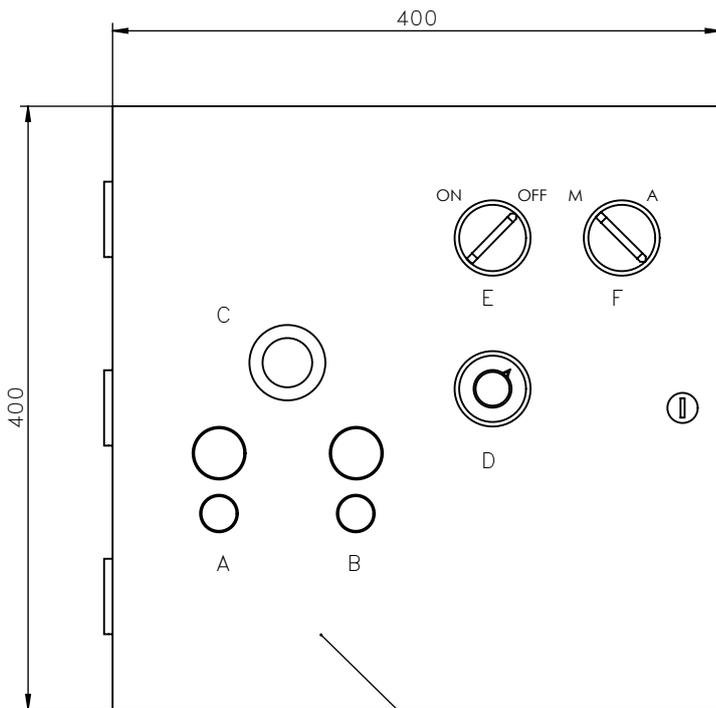
PROYECTO:		ENCERADORA DE QUESO		ESCALA:	1:5	
PARTE:		GUARDA LATERAL IZQUIERDA				
CÓDIGO:		EQ-CIM2401-703		TOLERANCIA: ±0.5		
MATERIAL:	ACERO INOX. AISI 316	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 5 DE 5	
TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024		
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024		

FICA

CIME



	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO				ESCALA: 1:1	
	PARTE: GANCHO					
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-009				TOLERANCIA: ±0.5	
	MATERIAL:	Acero Inox. AISI 304	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 10 DE 11
	TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
CANTIDAD:	2 u.	APROBÓ:	V. Erazo			
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>					



Gabinete IP66 en Acero Inoxidable

TABLERO	
A	Botón de arranque de ciclo, con luz piloto
B	Botón de paro de ciclo, con luz piloto
C	Paro de emergencia
D	Selector de temperatura de termostato
E	Encendido de calentadores
F	Selector manual/automático

	PROYECTO: ENCERADORA DE QUESO			ESCALA: 1:5		
	PARTE: TABLERO					
	CÓDIGO: EQ-CIM2401-010			TOLERANCIA: ±0.5		
	MATERIAL:	Acero Inox. AISI 304	DISEÑO:	H. Valencia	15/01/2024	HOJA: 11 DE 11
	TRATAMIENTO:	Ninguno	DIBUJÓ:	H. Valencia	15/01/2024	
RECUBRIMIENTO:	Ninguno	REVISÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
CANTIDAD:	1 u.	APROBÓ:	V. Erazo	26/01/2024		
<b>FICA</b>	<b>CIME</b>					