

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICA DE SAN  
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
EN CIENCIAS APLICADAS MECAELECTROELECTRONICAS**

**INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**MODALIDAD DEL TRABAJO MONOGRAFÍA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE PAPAS FRITAS  
BASADO EN PESO**

**POSTULANTE: Delina Murillo Torres**

“Trabajo presentado para obtener el título de licenciada en Ingeniería Mecatrónica, otorgado por la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca”

**SUCRE - BOLIVIA**

**2024**

## **CESIÓN DE DERECHOS**

Al presentar este trabajo como uno de los requisitos previos para la obtención del título de Licenciada en Ingeniería Mecatrónica y habiendo aprobado el Diplomado de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca titulado como: "Diseño Mecánico Industrial: CAD-CAE-CNC y CAM". Autorizo al Centro de Estudios de Postgrado e Investigación (CEPI) o a la biblioteca de la Universidad para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca los derechos de publicación de este trabajo.

Delina Murillo Torres

CI: 10401140

## **DEDICATORIA**

A mi padre Alberto y madre Juliana por el apoyo incondicional en mi educación y crecimiento profesional. Sin su apoyo y comprensión este logro no sería posible.

A mis hermanos Alvaro, Gabriel y Dilan por estar a mi lado impulsándome a alcanzar mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y a la vida por ponerme desafíos y oportunidades que me ayudan a crecer, por darme la fuerza para seguir adelante y culminar mis estudios.

A mis padres por su ayuda y apoyo incondicional que fueron mi mayor fortaleza para culminar mis estudios.

A mis hermanos por brindarme su apoyo.

A mis amigos y pareja, quienes estuvieron conmigo acompañándome en los momentos difíciles de este camino.

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier por su dedicación y compromiso en la enseñanza.

## RESUMEN

El trabajo está enfocado en el diseño de un sistema de dosificación de papas fritas basado en el peso. El estudio partió de un análisis de los requisitos y especificaciones de la empresa Pat-Frit, una productora de papas fritas local, con respecto a su capacidad de producción y a las características de operaciones. Actualmente, la empresa carece de una máquina dosificadora, lo que resulta en la separación manual del producto. En vista de esta situación, se identifica una necesidad de implementar una máquina dosificadora para optimizar el proceso de producción y mejorar la eficiencia operativa.

Para realizar este trabajo se tomaron en consideración datos recopilados de la empresa antes mencionada, con el fin de dar dimensiones al diseño y seleccionar los actuadores adecuados. El diseño fue realizado haciendo uso del software CAD AUTODESK INVENTOR tomando en cuenta materiales de fácil acceso en la ciudad de Sucre, con el objeto de dar factibilidad técnica y económica a la máquina. El sistema funciona de la siguiente manera: inicialmente, las papas fritas se almacenan en una tolva y son liberadas a través de un dámpер que las dirige hacia una cinta transportadora que las moviliza hasta llegar a una tolva de pesaje. En esta etapa, la cantidad de papas fritas se controla mediante una celda de carga integrada con una interfaz de control, lo que permite ajustar con precisión la cantidad deseada para la dosificación; finalmente, una vez realizada la dosificación se abre una compuerta que libera el producto para su posterior envasado.

Los resultados finales de un análisis de costos demostraron la viabilidad de implementación tanto técnica como económica en la ciudad de Sucre; ya que el costo final de fabricación es menor con respecto a las alternativas presentes en el medio local.

## ÍNDICE TEMÁTICO

CAPITULO I.....	9
INTRODUCCIÓN .....	9
1.1. ANTECEDENTES.....	10
1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	11
1.2.1. Formulación del problema .....	11
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.3.1. Justificación tecnológica .....	11
1.3.2. Justificación económica .....	12
1.3.3. Justificación social .....	12
1.4. METODOLOGÍA.....	12
1.4.1. Métodos.....	12
1.4.2. Técnicas e Instrumentos.....	13
1.5. OBJETIVOS .....	13
1.5.1. Objetivo general .....	13
1.5.2. Objetivos específicos.....	14
CAPÍTULO II.....	15
DESARROLLO .....	15
2.1. MARCO CONTEXTUAL.....	15
2.1.1. Requerimientos y exigencias de producción en la ciudad de Sucre .....	15
2.2. MARCO CONCEPTUAL .....	17
2.2.1. Papas fritas tipo chip.....	17
2.2.2. Elaboración de papas fritas.....	17
2.2.3. Equipos de dosificación .....	18
2.2.3.1. Máquinas dosificadoras volumétricas.....	19
2.2.3.2. Máquinas dosificadoras gravimétricas:.....	20
2.2.3.3. Máquinas dosificadoras de tornillo sinfín: .....	20
2.2.3.4. Máquinas dosificadoras por bombeo: .....	21
2.2.4. Arquitectura básica de una maquina dosificadora.....	22
2.2.5. Sistema de dosificación de la máquina .....	23
2.2.5.1. Sensor de peso.....	23
2.2.5.2. Válvula de dosificación.....	24
2.2.5.3. Sistema de transporte .....	25

2.2.6.	Sistema de control .....	27
2.2.7.	Elementos mecánicos.....	27
2.2.7.1.	Estructura de la dosificadora .....	27
2.2.7.2.	Tolva .....	27
2.2.8.	Elementos electrónicos.....	28
2.3.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO .....	28
2.3.1.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	28
2.4.	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO .....	29
2.5.	ELEMENTOS DE MÁQUINA .....	30
2.5.1.	Estructura de la maquina .....	30
2.5.2.	Diseño de tolvas .....	31
2.5.2.1.	Tolva de carga o almacenamiento.....	31
2.5.2.2.	Tolva de pesaje.....	32
2.5.3.	Sistema de transporte.....	32
2.5.3.1.	Selección de banda trasportadora.....	32
2.5.3.2.	Rodillos de transporte .....	33
2.5.3.3.	Selección de motor DC .....	35
2.5.4.	Sistema de pesado y dosificación .....	36
2.5.4.1.	Selección de celdas de carga.....	36
2.5.4.2.	Selección de cilindros neumáticos.....	37
2.5.5.	Dosificación .....	39
2.5.6.	Alimentación y sistema de control.....	42
2.5.6.1.	Alimentación .....	42
2.5.6.2.	Tarjeta Arduino UNO R3 .....	42
2.5.6.3.	Diseño de interfaz con el usuario .....	43
3.4.6.4	Circuito electrónico.....	45
CAPÍTULO III.....		47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		47
3.1. CONCLUSIONES .....		47
3.2. RECOMENDACIONES .....		47
BIBLIOGRAFÍA.....		48
ANEXOS.....		51

## ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

Tabla 2-1: Datos de los envases de papas fritas Pat-Frit .....	16
Tabla 2-2: Tabla comparativa de tipos de dosificadora.....	29
Tabla 2-3: Propiedades del acero estructural ASTM A36.....	30
Tabla 2-4: Propiedades del acero inoxidable AISI 304.....	31
Tabla 2-5: Especificaciones de la banda trasportadora .....	33
Tabla 2-6: Propiedades del aluminio 6063 .....	34
Tabla 2-7: Especificaciones técnicas del Motorreductor A58SW-31ZY .....	36
Tabla 2-8: Tabla de especificaciones de electroválvula 3/2.....	38
Tabla 2-9: Características de la fuente de alimentación .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Elaboración de papas fritas.....	18
Figura 2-2: Maquina dosificadora volumétrica.....	19
Figura 2-3: Maquina dosificadora gravimétrica.....	20
Figura 2-4: Maquina dosificadora de tornillo sin fin .....	21
Figura 2-5: Maquina dosificadora por bombeo .....	22
Figura 2-6: Acople flexible robusto D30L35 .....	35
Figura 2-7: Motorreductor A58SW-31ZY .....	36
Figura 2-8: Celda de carga de 20 kg de capacidad .....	37
Figura 2-9: Cilindros neumáticos AMSA (Derecha:16075 Izquierda:16025) .....	38
Figura 2-10: Sistema en reposo .....	40
Figura 2-11: Transporte y pesado de producto .....	40
Figura 2-12: Despache de producto .....	41
Figura 2-13: Placa Arduino UNO R3 con cable USB compatible .....	43
Figura 2-14: Esquema de la interfaz con el usuario .....	44
Figura 2-15: Esquema de la interfaz con el usuario .....	46

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

Debido a la evolución tecnológica, las empresas de alimentos deben estar a la vanguardia en este ámbito para mejorar sus sistemas. Esto les permite mantener su competitividad frente a sus competidores.

La dosificación precisa de papas fritas es una de las prioridades para asegurar la calidad del producto y optimizar los recursos utilizados en la elaboración de los mismos. La dosificación manual de papas fritas presenta variaciones en el peso, lo que puede ocasionar inconvenientes en el producto final, afectando su aspecto y calidad. Estos inconvenientes no solo influyen en la satisfacción del cliente, sino que también plantean problemas económicos para los productores, enfrentando gastos adicionales debido al desperdicio de materia prima y la falta de uniformidad en el envasado.

En respuesta a este problema, el diseño de sistemas de dosificación basados en peso ha surgido como una solución innovadora en la industria de alimentos. Estos sistemas, que se apoyan en tecnologías de sensores de peso y control automatizado, ofrecen la oportunidad de dosificar las papas fritas con precisión, reduciendo las variaciones de peso y garantizando una distribución homogénea durante el proceso de envasado.

El presente trabajo se centra en el desarrollo de un sistema de dosificación de papas fritas basado en el peso. Este sistema busca asegurar una dosificación precisa y uniforme, optimizando la producción.

## 1.1. ANTECEDENTES

Los esfuerzos constantes del ser humano por mejorar la industria alimentaria y cumplir con las demandas de los consumidores, llevan a las empresas a emplear soluciones innovadoras. Estas soluciones introducen nuevos métodos de control y diseño industrial para garantizar la precisión en la dosificación del producto, mantener estándares higiénicos adecuados y aumentar la capacidad de producción.

Según Gardner Business Media (2004)<sup>1</sup>, inicialmente se introdujeron dispositivos simples de dosificación en la industria, colocados sobre la garganta de la máquina. Sin embargo, estos diseños tenían imprecisiones debido a dificultades en la calibración y limpieza. Según Copyright Equipos y Laboratorio de Colombia (2011)<sup>2</sup>, hubo mejoras posteriores en estos dispositivos, como ajustes en el diseño, la precisión y limpieza; así como la incorporación de motores de corriente continua para controlar mejor la dosificación. A pesar de estos progresos, inconvenientes como la calibración inexacta y la sobredosificación permanecieron en estos los dispositivos.

Según Carlos Alberto Paz Mosquera, Jonathan García & Sebastián Gómez (2018)<sup>3</sup>, la introducción de dispositivos de dosificación gravimétricos solucionó muchos de estos problemas al medir rápidamente el peso de los productos, eliminando la necesidad de calibración y mejorando la precisión. Estos avances tecnológicos han hecho que los dispositivos gravimétricos sean accesibles y precisos para los procesadores. El avance hacia la automatización y el uso de tecnologías de sensores de peso ha permitido mejoras significativas en la dosificación de productos en la industria alimentaria. Sin embargo, la implementación de estos sistemas está en constante evolución

En la actualidad, en la ciudad de Sucre existen varias industrias que se dedican a la elaboración y venta de papas fritas. Las mismas, no cuentan con las tecnologías necesarias para su dosificación, por esta razón las empresas recurren a contratar personal para pesar el producto de forma manual, recurren a la importación de dosificadoras automáticas.

## **1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

La dosificación manual de papas fritas dificulta mantener la uniformidad en el peso de las porciones, lo que deriva en porciones desiguales y empaques irregulares. Por tanto, genera un aumento de residuos y pérdidas de materia prima, causando costos adicionales para las empresas alimentarias.

Además, la dosificación manual en producción a gran escala aparte de ser ineficaz, es ineficiente. La velocidad y precisión requeridas en las empresas industriales que tienen más capacidad de producción no pueden ser alcanzadas por métodos manuales tradicionales. El problema de las industrias alimenticias de nuestro medio es la limitación que tienen con respecto a las tecnologías de dosificación requeridas para satisfacer las demandas del mercado de papas fritas. Pese a que en el mercado internacional se cuenta con estas tecnologías, éstas no han sido adaptadas en nuestra región, debido a los altos costos de importación de maquinaria.

### **1.2.1. Formulación del problema**

¿Será factible diseñar una máquina dosificadora de papas fritas que se ajuste al peso del producto y a las características de producción locales, que además sea técnica y económicamente viable de implementar?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1. Justificación tecnológica**

El diseño de un sistema de dosificación de papas fritas basado en peso representa un avance tecnológico significativo para nuestro medio, ya que implementa tecnología de punta en su funcionamiento.

### **1.3.2. Justificación económica**

La implementación de la dosificadora reducirá los costos asociados con el exceso de producto y optimizará el uso de materia prima, además de agilizar la producción de papas fritas en la industria y mejorar considerablemente los ingresos.

### **1.3.3. Justificación social**

Al garantizar una dosificación precisa y uniforme, se mejora la calidad del producto final, lo que provoca una mayor satisfacción en el consumidor y fortalece la reputación de las empresas.

## **1.4. METODOLOGÍA**

### **1.4.1. Métodos.**

La elaboración del trabajo se desarrolla a través de un método combinado, centrándose en un repaso de las bibliografías especializadas. Los métodos utilizados son:

- **Identificación de Requisitos:** Se identificarán los principales requerimientos que debe cumplir la máquina en función a lo necesario en el medio local.
- **Análisis de sistemas existentes:** Se analizarán diseños existentes de dosificadoras con el propósito de identificar las características principales del diseño e incluirlas en el trabajo.
- **Diseño y modelado:** Se diseñará y modelará un prototipo de una máquina dosificadora de papas fritas utilizando el software CAD AUTODESK INVENTOR que permitirá un modelado preciso del prototipo.
- **Análisis de costos y factibilidad:** Se evaluará los costos de rentabilidad para determinar la viabilidad económica del proyecto.

#### **1.4.2. Técnicas e Instrumentos**

Los instrumentos principales para llevar a cabo la monografía incluyen:

- **Software CAD:** para el diseño del prototipo de la dosificadora se utilizará software de Diseño Asistido por Computadora (CAD), AUTODESK INVENTOR.
- **Software para el análisis de costos:** Como lo puede ser el Microsoft EXCEL, con el objetivo de determinar la viabilidad económica del proyecto.
- **IDE Arduino:** Se utilizará este Entorno de Desarrollo Integrado, como herramienta de programación para controlar y gestionar los dispositivos del proyecto.

### **1.5. OBJETIVOS**

#### **1.5.1. Objetivo general**

Diseñar una máquina dosificadora de papas fritas basado en el peso.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Realizar un análisis detallado de las necesidades y requerimientos que debe satisfacer el equipo en la ciudad de Sucre.
- Analizar tecnologías y metodologías utilizadas para la dosificación de producto basada en peso.
- Efectuar una investigación con el fin de recopilar información acerca del diseño de sistemas de dosificación similares.
- Diseñar un prototipo de la dosificadora de papas fritas basada en peso por medio del software CAD AUTODESK INVENTOR.
- Evaluar la factibilidad técnica del diseño para una posible implementación en la ciudad de Sucre.
- Determinar los costos de implementación de la dosificadora en la ciudad de Sucre, considerando los costos de adquisición de materiales y fabricación.

## CAPÍTULO II

### DESARROLLO

#### 2.1. MARCO CONTEXTUAL

##### 2.1.1. Requerimientos y exigencias de producción en la ciudad de Sucre

En las consultas realizadas por mi persona en la ciudad de Sucre, se verificó que hay 5 pequeñas y medianas empresas dedicadas a la industria de elaboración de papas fritas.

En el sector de las papas fritas, la automatización de los procesos de dosificación ha demostrado ser la clave para mejorar la eficiencia operativa del producto. Sin embargo, algunas empresas, como la que se toma en cuenta como referencia para realizar este trabajo Pat-Frit, aún no han implementado sistemas de dosificación automatizados en su línea de producción. Al no contar con la tecnología necesaria para el dosificado de papas fritas se tiene datos que indica que tardan 16 horas pesando 400 Kg en envases de 90 gramos, por cada operario encargado de separar por porciones las papas fritas.

En un estudio realizado por *Hall.Mamani, C. (2021)*<sup>4</sup>. de acuerdo a datos recopilados el año 2020, se producen aproximadamente 9,510.858 paquetes de papas fritas al año de entre 200 y 90 g para satisfacer una demanda de 185.075 personas, que representa el 37% de la población en Bolivia.

La producción diaria para cubrir estos números se muestra en la siguiente operación:

$$9510858 \frac{\text{paquetes}}{\text{año}} * \frac{1\text{año}}{365\text{días}} = 26057.15 \frac{\text{paquetes}}{\text{día}}$$

Este resultado demuestra la cantidad de paquetes de papas fritas de entre 200 y 90 g consumidos a nivel nacional durante el año 2020. Si consideramos que el consumo de la

ciudad de Sucre representa el 15% del total se tiene un consumo de aproximadamente 3900 paquetes diarios.

Pat-Frit es una empresa líder en la comercialización de papas fritas en la ciudad de Sucre. Según consultas realizadas a esta empresa, se tienen los siguientes datos de las papas fritas que producen:

- El tamaño promedio de una papa frita Pat-Frit oscila entre los 4 y 8 cm de longitud.
- La densidad medida de una papa frita es de  $0.07 \text{ g/cm}^3$  aproximadamente.
- El espesor aproximado es de 1 mm en crudo y alrededor de 1,5 a 2 mm después de fritarse.

De acuerdo a los datos de producción proporcionados por la empresa, en la actualidad se producen cerca de 1380 kg de papas fritas a la semana, que son comercializados tanto en la ciudad de Sucre como en Potosí a través de Supermercados y tiendas de barrio. Esta producción semanal se reparte en tandas de 460 kg diarios, trabajando solo 3 veces a la semana. Los paquetes disponibles en venta por parte de Pat-Frit se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 2-1:** Datos de los envases de papas fritas Pat-Frit.

<b>Peso neto (g)</b>	90	180	360
<b>Precio (Bs)</b>	5	10	20

**Fuente:** Empresa Pat-Frit

La producción diaria equivale alrededor de 1278 paquetes de 360 g o 5111 paquetes de 90 g.

La empresa tiene en sus instalaciones una dosificadora de papas fritas inoperante por problemas con la puesta en marcha y el mantenimiento, debido a que la máquina es importada. El diseño propuesto en este trabajo, pretende utilizar los datos manejados por esta empresa con el fin de determinar la implementación del equipo en el medio local.

La empresa Pat-Frit planea implementar un paquete aún más pequeño que el de 90 g, por un costo de alrededor de 1 Bs; el contenido tendría 17g aproximadamente. Por el momento no tienen intenciones de crear un paquete con un peso superior al de los 360 g.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Papas fritas tipo chip**

Las papas fritas de bolsa se han convertido en uno de los snacks más populares a nivel mundial en la actualidad. Disponibles en una amplia variedad de sabores, formas, texturas y calidades.

Este producto se elabora a partir de papas frescas que son lavadas, peladas, cortadas y posteriormente fritas en aceite o grasa comestible. Una vez obtenidas, las papas fritas se envasan en recipientes con cierre hermético, asegurando así su frescura y calidad durante su almacenamiento y transporte. (Ministerio de Agricultura, 2013)<sup>5</sup>

### **2.2.2. Elaboración de papas fritas**

El proceso de elaboración de papas fritas parte de papas crudas que se someten a un proceso: primero, se lavan para eliminar impurezas, luego se pelan y rebanan para darles la forma deseada. Posteriormente se sumergen en aceite a 200 °C con el objetivo de freírlas hasta alcanzar su característico color dorado y textura crujiente. Una vez fritas, las papas se escurren y se dosifican en porciones según el envase seleccionado, para envasarlo en recipientes herméticos, lo que preserva su frescura y calidad a lo largo del almacenamiento y transporte, garantizando así una experiencia culinaria para los consumidores.



**Figura 2-1:** Elaboración de papas fritas.

Fuente: [https://www.tsunghsing.com.tw/es/product/potato\\_chips\\_production\\_line.html](https://www.tsunghsing.com.tw/es/product/potato_chips_production_line.html)

### 2.2.3. Equipos de dosificación

El proceso de dosificación se define como la distribución precisa de un material en cantidades específicas y en secuencias temporales definidas. Para satisfacer esta necesidad tecnológica, se desarrollan una variedad de sistemas que permiten medir y pesar las cantidades que se deben dosificar con exactitud. (S.L., 2023)<sup>6</sup>

En cuanto a la industria alimentaria, estos equipos están diseñados para garantizar que se entregue la cantidad correcta del determinado alimento en el momento adecuado durante el proceso de producción. Ya sea a través de máquinas dosificadoras volumétricas que miden el volumen, máquinas dosificadoras gravimétricas que pesan el producto, sistemas

de dosificación de tornillo sinfín que transportan y dosifican el alimento, o sistemas de dosificación por bombeo que proporcionan un flujo controlado. Cada uno de estos métodos tiene como objetivo cumplir con los requisitos de dosificación de manera precisa y eficiente.

#### 2.2.3.1. Máquinas dosificadoras volumétricas

Estas dosifican los ingredientes según su volumen. Emplean sistemas como vasos dosificadores, cilindros, paletas o discos giratorios para medir y dispensar una cantidad fija de producto en cada ciclo. Son adecuadas para productos que no necesitan una dosificación extremadamente precisa y tienen características de fluidez consistentes. *Direct industry (2024)*<sup>7</sup>



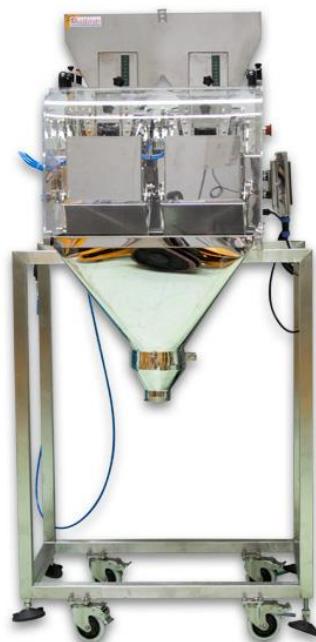
**Figura 2-2: Maquina dosificadora volumétrica**

**Fuente:**<https://www.grupospan.es/pesadoras-y-dosificadores/dosificador-volumetrico>

### 2.2.3.2. **Máquinas dosificadoras gravimétricas:**

Estas dosifican los alimentos según su peso. Utilizan sistemas de pesaje altamente precisos que registran la cantidad de producto dosificada y la comparan con un valor determinado por el usuario. Son ideales cuando se necesita una dosificación extremadamente precisa, especialmente para ingredientes sensibles o con fluctuaciones en la densidad.

**Figura 2-3:** Maquina dosificadora gravimétrica



**Fuente:** <https://andexport.com/producto/dosificadora-gravimetrica-lineal-doble-balanza>

### 2.2.3.3. **Máquinas dosificadoras de tornillo sinfín:**

Se basan en un tornillo giratorio para dosificar los alimentos. El tornillo recoge el producto y lo transporta a través de una tubería, donde se controla la velocidad y la rotación para dosificar la cantidad deseada de manera precisa. Son eficientes para productos granulares, en polvo o viscosos, y se usan mucho en la industria alimentaria para dosificar harinas, especias y azúcar, entre otros.



**Figura 2-4:** Maquina dosificadora de tornillo sin fin  
**Fuente:** <https://mirpack.es/producto/dosificador-sinfin>

#### 2.2.3.4. **Máquinas dosificadoras por bombeo:**

Utiliza bombas de precisión para dosificar los productos. Estas bombas proporcionan un flujo controlado y constante, permitiendo una dosificación precisa en líneas de producción de alta velocidad. Se emplean ampliamente en la industria láctea, bebidas y en aplicaciones donde se requiere un control de flujo preciso. (D, 2023)<sup>8</sup>.



**Figura 2-5:** Maquina dosificadora por bombeo

**Fuente:** <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-dosificadora>

Cada tipo de máquina dosificadora tiene sus ventajas y se elige según las necesidades específicas de la industria y del proceso de producción.

#### 2.2.4. Arquitectura básica de una maquina dosificadora.

La arquitectura básica de una máquina dosificadora de papas fritas tiene componentes básicos como: Un sistema de dosificación, un sistema de control, elementos mecánicos y electrónicos para el manejo y procesamiento del producto.

- **Proceso de dosificación:** Incluye elementos como celdas de carga (para medir el peso), válvulas dosificadoras, sistemas de transporte (cintas transportadoras o sistemas de alimentación), y dispositivos para regular el flujo de papas fritas.
- **Elementos mecánicos:** Estos incluyen estructuras de soporte, sistemas de sujeción para las celdas de carga, mecanismos para el movimiento de las válvulas dosificadoras, y otros componentes mecánicos para garantizar un funcionamiento preciso de la máquina.
- **Sistema de control:** Consiste en una unidad de control (posiblemente un microcontrolador como Arduino o PLC) que supervisa y coordina las operaciones de dosificación, incluyendo la lectura de datos de las celdas de carga, el control de las válvulas dosificadoras y el movimiento de la cinta transportadora.
- **Elementos electrónicos:** Pueden incluir sensores adicionales para detectar obstrucciones o problemas en la línea de producción, sistemas de seguridad y dispositivos de comunicación para la integración con otros equipos o sistemas de la planta. (Groover, 2013)<sup>9</sup>

Para la elaboración de este trabajo, se determinó que una dosificadora tipo gravimétrica sería la más adecuada, dado que el peso del producto es crucial para una dosificación

precisa y efectiva. Los elementos que componen la máquina dosificadora de papas fritas son los siguientes:

- **Sensor de peso (celda de carga tipo viga):** Este sensor permitirá medir con precisión el peso de las porciones de papas fritas durante el proceso de dosificación.
- **Actuador válvula neumática y cilindro neumático:** Estos componentes se utilizarán para controlar la apertura y cierre de la válvula que dosificará las papas fritas en función del peso medido por el sensor.
- **Cinta transportadora:** La cinta transportadora se encargará de mover las papas fritas desde el punto de carga hasta la zona de dosificación, asegurando un flujo continuo y uniforme del producto.
- **Sistema de control:** El sistema de control basado en Arduino gestionará y coordinará todas las operaciones de la dosificadora. Arduino. (s. f.). Arduino Software (IDE)<sup>10</sup>. Controlará el funcionamiento del sensor de peso, el actuador de la válvula neumática, el cilindro neumático y la cinta transportadora, garantizando una dosificación precisa y eficiente de las papas fritas.

#### **2.2.5. Sistema de dosificación de la máquina**

Para poder realizar este proceso se tienen los siguientes elementos principales:

- Celda de carga.
- Válvula de dosificación.
- Sistema de transporte de papas fritas.

##### **2.2.5.1. Sensor de peso**

Una celda de carga es un dispositivo utilizado para medir la fuerza o la carga aplicada en ella a través de la deformación de materiales extensiométricos, comúnmente conocidos como galgas. Estas galgas extensiométricas son sensores de deformación que cambian su

resistencia eléctrica cuando se someten a tensiones mecánicas. (Gutiérrez Hinestroza, 2017)<sup>11</sup>.

Las celdas de carga de tipo viga funcionan como voladizos simples que se flexionan ligeramente cuando se someten a una carga. Se fijan en un extremo y se dejan libres en el otro, actuando de manera similar a un trampolín. Este principio de flexión permite que las celdas de carga midan con precisión la fuerza o el peso aplicado sobre ellas, convirtiendo esta deformación en una señal eléctrica que puede ser interpretada y utilizada para diversas aplicaciones de medición de peso y fuerza. (Flintec, 2023)<sup>12</sup>

#### **2.2.5.2. Válvula de dosificación**

La válvula de dosificación es el dispositivo encargado de regular el flujo del material que se dosifica. Puede ser controlada manualmente o de manera automática a través de un sistema de control. La precisión y la capacidad de control de las válvulas son críticas para asegurar que se dosifiquen las cantidades correctas en el momento adecuado. (Groover, 2013)<sup>13</sup>

Una válvula neumática es un dispositivo que controla el flujo de aire comprimido en sistemas neumáticos mediante la regulación de la presión y dirección del flujo. Estas válvulas son fundamentales en la automatización industrial, permitiendo el control preciso de actuadores como cilindros y otros componentes neumáticos en maquinarias y procesos industriales. (Smith, 2020)<sup>14</sup>.

Para seleccionar una válvula neumática se debe considerar los siguientes aspectos:

- **Número de vías:** Se refiere al número de orificios controlados en la válvula, excluyendo los de pilotaje. Pueden ser 2, 3, 4, 5 o más vías, siendo el mínimo indispensable de 2 vías.
- **Posiciones:** Indica el número de posiciones estables del elemento de distribución. Las válvulas pueden tener 2, 3, 4 o más posiciones, siendo el mínimo indispensable de 2 posiciones.
- **Caudal:** Representa el volumen de fluido que pasa por un elemento en una determinada unidad de tiempo.
- **Sistemas de accionamiento:** Determina el papel de la válvula en la cadena de mando de un equipo neumático. Puede ser empleada como emisor de señal, órgano de control o de regulación.

Según (micro automacion , 2023)<sup>15</sup> Las válvulas se designan en función del número de vías y posiciones:

- 2/2: Dos vías, dos posiciones.
- 5/2: Cinco vías, dos posiciones.
- 3/2: Tres vías, dos posiciones.
- 4/3: Cuatro vías, tres posiciones.

#### 2.2.5.3. Sistema de transporte

Los sistemas de transporte industrial son esenciales para el movimiento de materiales de un punto a otro, facilitan el traslado seguro y rápido de mercancías; reduciendo el tiempo y la mano de obra necesarios para su manejo. (Cablevey, 2023)<sup>16</sup>

El sistema de transporte de la dosificadora funciona a base de una banda transportadora que sigue una trayectoria horizontal. Consta de los siguientes elementos:

- **Cinta o banda:** Puede estar hechas de diversos materiales, como tela engomada o derivados del caucho, así como plásticos de poliéster, PVC, poliamida, acetal, entre otros. En su estructura, la banda puede tener diferentes capas y revestimientos según la aplicación que tenga; como resistencia al fuego, aceites, productos químicos, tensión y deslizamiento. Pueden transportar desde materiales abrasivos hasta productos delicados como frutas. Las cintas pueden variar en anchura, grosor y capacidad de carga, su superficie puede ser rugosa o tener relieves para evitar resbalones y así permitir traslados con diferentes ángulos de inclinación.
- **Rodillos o tambores:** La transmisión de una cinta transportadora de banda se logra mediante tambores, poleas o rodillos. Estos elementos, al girar, hacen avanzar la cinta por fricción (transmisión de banda) o por la acción de piñones y bandas dentadas (transmisión de cadena). En un esquema general, el movimiento se genera en el tambor o rodillo motriz, al cual se acopla el motor.
- **Motor:** El motor de una cinta transportadora puede ubicarse en el cabezal o frontal, así como en posición central. La potencia y características del motor varían según el tipo de cinta transportadora y su aplicación. La elección del motor adecuado es fundamental para garantizar un rendimiento óptimo y una operación eficiente para la cinta transportadora en el contexto específico de su uso.
- **Estructura:** La estructura de los bastidores sobre los que se monta y desplaza la banda transportadora generalmente está hecha de metal, como acero pintado, cincado o acero inoxidable. Esta estructura puede variar en longitud, altura y forma, incluso permitiendo cintas en curva. Los bastidores pueden incorporar guías de deslizamiento, carriles laterales o guías de plástico para acompañar a la cinta en su recorrido. Todos los elementos principales de la cinta y los accesorios se montan sobre esta estructura. Es importante que la estructura sea resistente y proporcione fiabilidad y durabilidad al sistema, permitiendo su óptimo funcionamiento en diversas condiciones ambientales, como humedad, temperatura, oxidación y golpes accidentales.

## **2.2.6. Sistema de control**

El sistema de control de una máquina se ocupa de gestionar las distintas tareas que llevan a cabo los sensores y los actuadores, se trata de un conjunto de dispositivos o elementos interconectados que se utilizan para regular, dirigir o manipular el comportamiento de otros sistemas o procesos para lograr un objetivo deseado. Entre los tipos de sistemas de control se puede destacar el sistema de control realimentado, que se basa en la reducción de perturbaciones para el sistema por medio del uso de la diferencia entre la entrada del sistema y la salida, esto con el objetivo de minimizar los errores al momento de predecir como actuará el mencionado sistema. (Ogata K., 2010)<sup>17</sup>.

## **2.2.7. Elementos mecánicos**

### **2.2.7.1. Estructura de la dosificadora**

Una estructura consiste en una serie de partes interconectadas destinadas a soportar cargas, como edificios, puentes, torres, tanques y maquinaria. El proceso de crear cualquier estructura implica planificación, análisis, diseño y construcción. Al diseñar una estructura para un uso específico es crucial seleccionar una forma estructural que sea segura, estéticamente atractiva y rentable. A menudo se requieren varios estudios independientes de diferentes soluciones antes de decidir la forma final, ya sea un arco, una armadura o un marco. Una vez tomada esta decisión, junto con las dimensiones de los miembros, se procede a la fase de construcción. (hibbeler, págs. 2-8)<sup>18</sup>.

### **2.2.7.2. Tolva**

Una tolva es un dispositivo similar a un embudo utilizado para el depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros. A menudo se monta sobre un chasis que facilita su transporte. Por lo general, tiene forma cónica y sus paredes son inclinadas, lo que permite la carga por la parte superior y la descarga por la inferior. Son ampliamente utilizadas en áreas como agricultura, construcción de vías férreas, instalaciones industriales y minería; pueden construirse de hormigón o chapa de acero, con fondo plano o inclinado.

La extracción del producto puede realizarse mediante un alimentador o por gravedad, y la carga puede hacerse directamente sobre la tolva o mediante una cinta transportadora.

Existen varios tipos o clases de tolvas, entre ellos:

- **Tolvas con dosificador volumétrico:** Se acumula alimento en la tolva central, la cual cuenta con conductos para distribuir el producto en diferentes lugares simultáneamente, siendo adecuadas para alimentos sólidos homogéneos como granos.
- **Tolvas con dosificador de tornillo sin fin:** cuentan con un tornillo sin fin ajustable en función del tipo de alimento a dosificar, especialmente útiles para alimentos en polvo.
- **Tolvas con dosificador de pistón:** empleadas para suministros de alimentos líquidos y semilíquidos.
- **Tolvas patrocinadoras:** fabricadas en acero inoxidable con puntas redondeadas y un sistema de dosificación mediante guillotinas controladas por un motor reductor.

#### **2.2.8. Elementos electrónicos**

Estos sistemas están formados por diversos componentes, los cuales se ensamblan de forma organizada para poder conseguir la acción necesaria sobre el flujo de los electrones y obtener un resultado determinado.

### **2.3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

#### **2.3.1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Tomando en cuenta los datos mencionados en el apartado 2.1. se tienen las siguientes consideraciones:

- La producción diaria de papas fritas es de 460 kg, por lo que esta es la cantidad de producto que se puede embazar a lo largo de una jornada.
- La cantidad de papas fritas mencionada luego es distribuida en los distintos envases de acuerdo al peso, poniendo como tope un paquete de 500 g.
- La empresa dispone de una embazadora para la distribución por lo que la dosificación debe acoplarse a esta máquina.

## 2.4. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

**Tabla 2-2:** Tabla comparativa de tipos de dosificadoras.

	Dosificador volumétrica	Dosificador gravimétrica	Dosificador de tornillo sin fin	Dosificador por bombeo
Costos	4	5	3	3
Facilidad de limpieza	5	5	3	4
Precisión	2	5	4	4
Volumen de producción	4	3	4	5
Ingredientes líquidos Y aplicaciones que requiere flujo preciso	1	0	0	5
Ingredientes que no requieren una dosificación precisa como grano, arroz, fideo.	5	5	5	0
Ingredientes granulares como polvos, harinas, especias y azúcar	5	5	5	0
Ingredientes sensibles con fluctuación de densidad como snacks	3	5	0	0
Total	<b>29</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>21</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Considerando la tabla comparativa se concluye que la dosificadora optima esta aplicación es la dosificadora gravimétrica.

De acuerdo a lo citado en el apartado anterior, se puede concluir que los parámetros clave para el diseño del sistema de dosificación basado en peso, son:

- La cantidad de papas fritas producidas en una jornada diaria.
- La cantidad máxima de peso por paquete que es de 360 g, el diseño esta realizado tomando en cuenta un margen de hasta 500g.

En este sentido es que el prototipo de diseño debe cumplir con la dosificación de la cantidad de producto diaria, pesando las diferentes cantidades que requiera el operador hasta un máximo de 500g.

## 2.5. ELEMENTOS DE MÁQUINA

### 2.5.1. Estructura de la máquina

La estructura de la dosificadora debe ser capaz de sostener el peso de todos los elementos de la máquina, así como ser capaz de amortiguar perturbaciones consecuentes al movimiento de algunos elementos como la cinta transportadora o el producto en sí mismo. Tomando en cuenta estas consideraciones el material más óptimo a utilizar es el acero estructural formado en un perfil compacto.

Con esto en mente y analizando la disponibilidad de material en la ciudad de Sucre, es que el acero seleccionado para la estructura es el ASTM A36 con un perfil de tubo cuadrado cuyas dimensiones son: 30x30x2 y tiene las siguientes características:

**Tabla 2-3:** Propiedades del acero estructural ASTM A36

Resistencia a la tensión $S_u$	Resistencia a la fluencia $S_y$	Resistencia a la fatiga $S_n$	% de elongación	Dureza Brinell
400 MPa	250 MPa	200 MPa	21	120 - 162

**Fuente:** Diseño de Elementos de Máquinas. Robert L. Mott

La elección de estos perfiles está basada en el hecho de que la estructura no estará sometida a esfuerzos considerables; se debe colocar encima de una mesa u otra estructura más grande para acoplarse a la máquina empacadora.

### 2.5.2. Diseño de tolvas

Las distintas tolvas de la máquina son hechas a partir de planchas de acero inoxidable, con un espesor de 1.5 mm. El acero seleccionado es el AISI 304, cuyas propiedades pueden observarse en la siguiente tabla:

**Tabla 2-4:** Propiedades del acero inoxidable AISI 304

Resistencia a la tensión $S_u$	Resistencia a la fluencia $S_y$	Resistencia a la fatiga $S_n$	% de elongación	Dureza Brinell
586 MPa	241 MPa	200 MPa	60	160 - 190

**Fuente:** Diseño de Elementos de Máquinas. Robert L. Mott

#### 2.5.2.1. Tolva de carga o almacenamiento

Para el diseño de la tolva el principal factor a tomar en cuenta es el volumen del producto a procesar. Como se mencionó previamente, la cantidad de papas fritas diarias a tomar en cuenta es de 460 kg, por lo que se debe diseñar este componente en función a una fracción de este valor.

La densidad promedio de una papa frita Pat-Frit, es de  $0.07 \text{ g/cm}^3$ , para los 460 kg se tiene un volumen diario a procesar de  $6.53 \text{ m}^3$ . Este resultado es una cantidad demasiado grande para colocar en una tolva, entonces es necesario manejar un porcentaje de este valor para el diseño de la tolva de almacenamiento o carga. Con el fin de mantener reducido el tamaño de la tolva, se manejó solo un 1% del valor mencionado, lo que resulta en  $65300 \text{ cm}^3$ .

La geometría seleccionada para la tolva es la más utilizada para estas aplicaciones, la pirámide truncada. Para vaciar el producto, se hace uso de un sistema basado en una compuerta conectada a un cilindro neumático que permite el control de la apertura y cierre según convenga. Esta compuerta esta realizada a partir del mismo material, sus dimensiones pueden encontrarse en el Anexo B.

### **2.5.2.2. Tolva de pesaje**

Para la tolva de pesaje, se tiene un proceso de diseño análogo al mencionado anteriormente. El volumen a tomar en cuenta en este caso es el volumen máximo establecido a pesar, es decir 500 g.

Entonces, el volumen de producto a controlar mediante la tolva de pesaje es de 7150 cm<sup>3</sup> aproximadamente. La geometría de este elemento difiere de la tolva de carga con el fin de poder realizar la descarga de producto por medio del desplazamiento de la base, que a su vez funciona como una compuerta.

Se tiene una tercera tolva en el sistema, pero esta no requiere de un particular diseño ya que solo sirve para facilitar el despache del producto hacia la fase de embazado. Las dimensiones y forma de esta tolva se encuentran en el Anexo B.

### **2.5.3. Sistema de transporte**

El sistema de transporte de papas fritas consiste en una cinta transportadora enlazada a dos rodillos de aluminio recubiertos de caucho, uno motriz y otro arrastrado. El avance de la cinta es controlado mediante un motorreductor.

Los elementos principales del sistema de transporte se detallan en los siguientes apartados.

#### **2.5.3.1. Selección de banda transportadora**

Para la selección de la banda transportadora adecuada, se tienen en cuenta las siguientes especificaciones.

- La aplicación para la cual será utilizada. En este caso, tratándose del transporte de alimentos, es fundamental seleccionar una banda fabricada con materiales seguros y aptos para el contacto con alimentos.
- La distancia que la banda debe cubrir en su recorrido. Se determinó que la distancia de transporte requerida es de 568 mm, desde la tolva de almacenaje hasta la tolva de pesaje.
- La velocidad necesaria para el transporte eficiente de los alimentos. Para este trabajo específico, se fijó una velocidad de 100 mm/s.
- Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, es el mantenimiento de la banda. Es imprescindible que la banda seleccionada sea fácil de limpiar, garantizando la higiene y seguridad alimentaria en todo momento.

Teniendo en cuenta todos estos factores se determinó que la mejor opción es una banda trasportadora DFPB2 que consta con siguientes especificaciones:

**Tabla 2-5:** Especificaciones de la banda trasportadora

<b>BANDA TRASPORTADORA DFPB2</b>	
<b>D E L / F L E X azul</b>	
Material	Políuretano
Color	Azul
Cara inferior	Lisa
Cara superior	Lisa
Espesor de banda trasportadora	2 mm
Anchura máxima	1000 mm
Peso	2500 g
Calidad	Alimentaria

**Fuente:** Mafdel. Catálogo de bandas transportadoras termosoldables [Catálogo].

### 2.5.3.2. Rodillos de transporte

En cuanto a los rodillos de transporte, se considera el ancho de la banda trasportadora y la velocidad a la que se debe desplazar. Por lo tanto, los rodillos utilizados para esta aplicación tienen un ancho de 200 mm y un diámetro de 20 mm en la sección de contacto con la banda.

El material seleccionado para los rodillos es el aluminio 6063 debido a que ofrece ventajas significativas en términos de reducción de peso, resistencia a la corrosión y durabilidad adecuada para aplicaciones de transporte industrial. Además, su disponibilidad económica y fácil maquinado lo convierten en una buena opción para la fabricación de rodillos para un sistema de movimiento basado en cinta transportadora.

Las características del material se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 2-6:** Propiedades del aluminio 6063

<b>Propiedades físicas del aluminio 6063</b>	
Densidad	2700 kg/m <sup>3</sup>
Punto de fusión	600° C
Módulo de elasticidad	68,3 GPa
Resistencia eléctrica	0,035x10 <sup>-6</sup> Ω.m
Conductividad térmica	200 W/m*K
Expansión térmica	23,5 x10 <sup>-6</sup> /K
Coeficiente de Poisson	0,33
Dureza Brinell	25-73 HB (Según temple)

**Fuente:** Delmetal. (s.f.). Especificaciones técnicas del aluminio 6063

Los rodillos de transporte funcionan como ejes, consecuentemente se requieren de rodamientos para su rotación el diámetro en las secciones de los extremos de los rodillos es de 10 mm y el rodamiento seleccionado del catálogo electrónico de SKF es el 6000 SKF. Catalogo)<sup>19</sup>.

Uno de los rodillos funciona como eje motriz, mientras que el otro funciona como eje conducido o arrastrado. El rodillo motriz se acopla a un motor DC y un reductor que permite el giro controlado del sistema; el acople utilizado para esta labor es de tipo flexible robusto y se muestra en la siguiente imagen:



**Figura 2-6:** Acople flexible robusto D30L35

**Fuente:** <https://tienda.sawers.com.bo/d30l35-acople-robusto>

#### 2.5.3.3. Selección de motor DC

El motor DC acoplado al rodillo motriz debe suministrar el par necesario para mover todo el sistema de la cinta transportadora a la velocidad fijada (100 mm/seg) es por eso que se opta por la selección de un motor acoplado a un reductor de engranajes que pueda disminuir la velocidad de rotación del motor a la vez que aumenta el torque a la salida del eje.

El motorreductor disponible en la ciudad de Sucre con un par suficiente y a un precio accesible es el modelo A58SW-31ZY que puede verse en la figura 3-3.



**Figura 2-7:** Motorreductor A58SW-31ZY

**Fuente:** <https://www.amazon.com/-/es/Bringsmart-A58SW31ZY-engranaje-helicoidal-autobloqueo/dp/B07F8WDFZV?th=1>

Las especificaciones técnicas del motor se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 2-7:** Especificaciones técnicas del Motorreductor A58SW-31ZY

Descripción	Valor
Voltaje de entrada	12 V
Velocidad de rotación	80 RPM
Corriente sin carga	350 mA
Corriente de trabajo	1,6 A
Par motor	6,2 kg.cm

**Fuente:** <https://tienda.sawers.com.bo/motorreductor-a58sw31zy-12v-260rpm->

El motor cuenta con múltiples soportes para su correcta inserción en el sistema, pero dichos no se encuentran disponibles, por lo que se optó por un diseño de autoría propia cuyas dimensiones se encuentran en el Anexo B.

#### 2.5.4. Sistema de pesado y dosificación

##### 2.5.4.1. Selección de celdas de carga

Para la correcta selección de la celda de carga que mide el peso de las papas fritas en la dosificadora, es necesario tener en cuenta todos los elementos acoplados al sistema de pesado. El sistema consiste en la tolva de pesaje, como recipiente para el producto; el acople de la celda y la tolva, un cilindro neumático y la compuerta de salida. Entonces, la celda de carga deberá ser capaz de resistir el peso del producto (establecido en un máximo de 500 g) y también el peso de todos estos elementos.

Anteponiendo la factibilidad técnica y económica de una futura implementación del proyecto es que la selección de la celda también está determinada por la disponibilidad de productos en nuestro medio. Es así que finalmente la celda seleccionada tiene una **capacidad de 20 kg**, la cual puede apreciarse a continuación, tanto como sus características:



**Figura 2-8:** Celda de carga de 20 kg de capacidad

**Fuente:** <https://tienda.sawers.com.bo/celula-de-carga-20kg?search=celula%20de%20carga>

Las características más importantes de la celda de acuerdo a lo proporcionado por la empresa SAWERS (Sawers. Srl.)<sup>20</sup> son:

- Capacidad nominal: 20 kg
- Precisión: 0.02% FS
- Salida de cero: 0.05% FS
- Sobre carga de seguridad: 150%
- Salida a 4 cables (puente de Wheatstone)
- Peso 30 g.

#### 2.5.4.2. Selección de cilindros neumáticos

Para este apartado se consideran específicamente las características técnicas proporcionadas en el catálogo de Airtac. Se utilizan dos cilindros neumáticos de simple efecto, uno para el control de la apertura y cierre de la compuerta de la tolva de carga y el otro es utilizado con el mismo propósito en la tolva de pesaje Airtac. (s.f.)<sup>21</sup>.

Los cilindros elegidos tienen un diámetro de 16 mm; el correspondiente a la tolva de carga tiene una carrera de 75 mm, mientras que el segundo posee una carrera de 25 mm. Estas

dimensiones son suficientes para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema, permitiendo el movimiento lineal necesario para abrir y cerrar las compuertas de ambas tolvas con precisión y eficiencia. (Catalogo AIRTAC)<sup>22</sup>



**Figura 2-9:** Cilindros neumáticos AMSA (Derecha:16075 Izquierdo:16025)

**Fuente:** <https://www.amazon.com/-/es/MA16X25SCA-neum%C3%A1tico-inoxidable-integrado-MA16x30S-CA/dp/B0C36TTZCH>

Al tratarse de dispositivos neumáticos estos requieren de electroválvulas para su accionamiento, así como de un sistema de alimentación de aire. Las electroválvulas adecuadas para esta aplicación son del tipo 3/2, las especificaciones se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 2-8:** Tabla de especificaciones de electroválvula 3/2

Descripción	Valor y unidad
Código	A16300
Voltaje	12V
Potencia	2.5 W
Presión de trabajo	21 a 114 PSI
Tiempo de respuesta	0.05 segundos
Temperatura de trabajo	-5°C a 60°C ~ 23°F a 140°F

**Fuente:** <https://saenz-si.com/images/pdf/airtac/AIRTAC-CATALOGO.pdf>

El sistema de alimentación de aire consta de un filtro, regulador y lubricador (FRL) de  $\frac{1}{4}$  in que sirve para garantizar la entrada de aire limpio al sistema neumático; sin embargo, el elemento más importante es el que proporciona el suministro de aire.

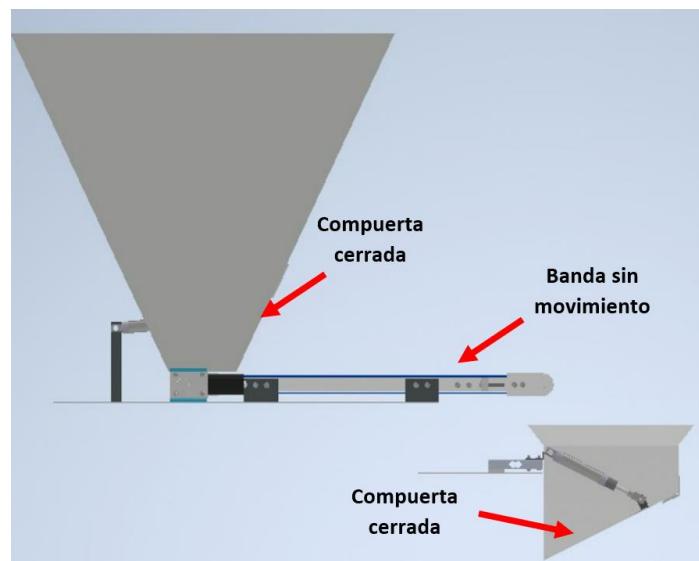
El suministro de aire común para este tipo de aplicaciones industriales, son las compresoras de aire. Para este caso particular, la compresora seleccionada suministra 6 bares de presión que pueden ser regulados según convenga con el sistema FRL.

#### **2.5.5. Dosificación**

La dosificación del producto se realiza por medio de la apertura y cierre de las compuertas en las diferentes tolvas. Este proceso es controlado por el usuario a través de un sistema que funciona de la siguiente manera:

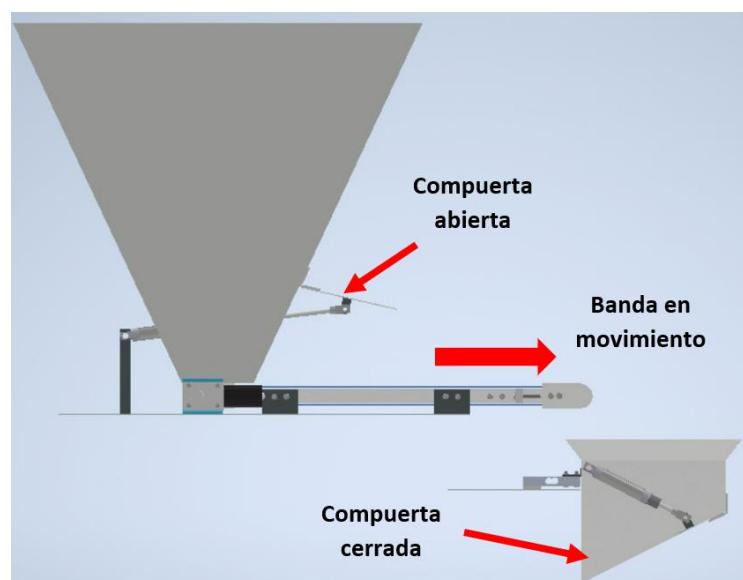
La tolva de carga se encuentra llena de producto, la compuerta de esta tolva se abre y libera una cantidad determinada de papas fritas, dichas se trasladan por medio de la cinta transportadora hacia la tolva de pesaje cuya compuerta se encuentra cerrada; dicha compuerta se mantiene así hasta llegar al peso determinado por el usuario y posteriormente se abre para dejar caer el producto ya dosificado hacia la tolva de despache. La medición del peso se realiza haciendo uso de una celda de carga conectada a un microcontrolador, que compara el valor medido con el valor dado por el usuario en función a la cantidad que desea dosificar en un rango de 90 a 500 g.

El funcionamiento de la máquina se puede ver en las siguientes imágenes:



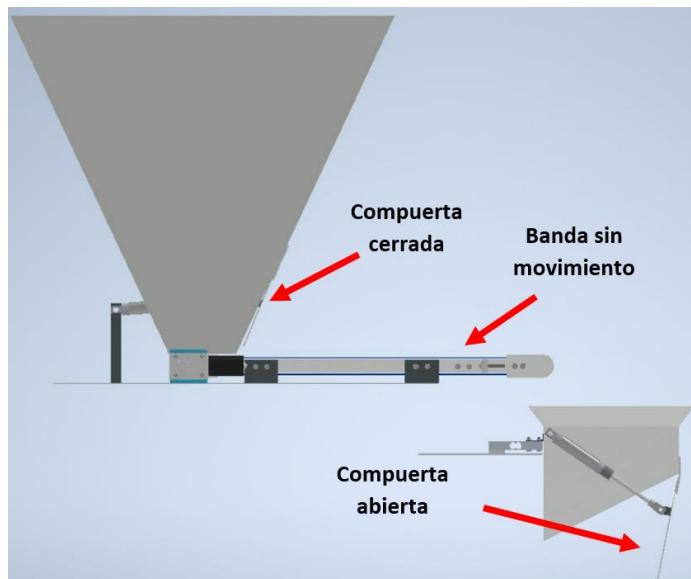
**Figura 2-10:** Sistema en reposo

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 2-11:** Transporte y pesado de producto

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 2-12:** Despache de producto

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 2-10 se pude observar el sistema en reposo previo al encendido de la máquina, antes de comenzar se debe asegurar el suministro constante de producto a la tolva de carga. Una vez entra en funcionamiento la máquina, se abre la compuerta de la tolva de carga controlada por el cilindro neumático 16075, al mismo tiempo que el motorreductor inicia el desplazamiento de la banda transportadora, tal y como se observa en la figura 2-11.

El movimiento de la banda permite que el producto vaya cayendo hacia la tolva de pesaje, la cual se encuentra conectada a la celda de carga, que mide el peso de las papas fritas hasta llegar al valor determinado para la dosificación, en ese momento la cinta transportadora se detiene y la compuerta de la tolva de carga se cierra; pasado un momento se abre la compuerta de la tolva de pesaje para liberar el producto ya pesado, para pasar finalmente a su fase de embazado, así como se muestra en la figura 2-12.

## 2.5.6. Alimentación y sistema de control

### 2.5.6.1. Alimentación

El sistema de control es alimentado por una fuente DC encargada de suministrar energía al microcontrolador, a las electroválvulas y al motorreductor. Las características de la fuente se citan a continuación:

**Tabla 2-9:** Características de la fuente de alimentación

Descripción	Valor y unidad
Voltaje de entrada	220 VAC
Voltaje de salida	12V DC
Intensidad de corriente	3,2 A
Potencia	38 W
Dimensiones	101x78x37 mm
Peso	180 g

Fuente: <https://tienda.sawers.com.bo/fuente-switching-12v-32a-40w?keyword=Fuente%2012v>

### 2.5.6.2. Tarjeta Arduino UNO R3

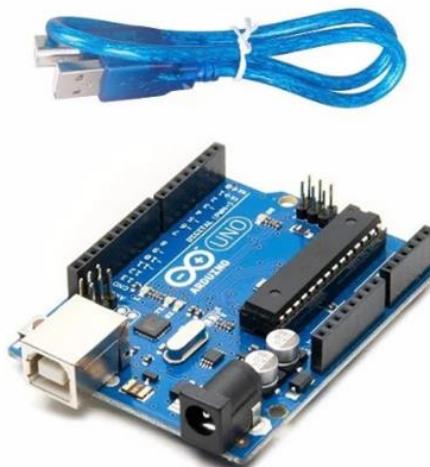
Las placas Arduino son tarjetas electrónicas que basan su funcionamiento en microcontroladores que pueden ser programados con el fin de realizar una tarea específica. El microcontrolador más común en tarjetas Arduino es de la serie ATmega, se trata de un microcontrolador ampliamente utilizado en proyectos de electrónica debido a su bajo costo y su conjunto de características. Con una arquitectura de 8 bits y una amplia gama de periféricos integrado, interfaces de comunicación y temporizadores, el ATmega328P es capaz de gestionar eficientemente tareas de control y procesamiento de datos en distintas aplicaciones. El uso del microcontrolador ATmega en conjunto con la plataforma Arduino y la placa UNO R3 ofrece una solución accesible y versátil para controlar la máquina.

La integración con la plataforma Arduino proporciona un entorno de desarrollo amigable y fácil de usar, que permite programar el microcontrolador de manera rápida y sencilla utilizando un lenguaje de programación basado en C/C++. Además, la placa UNO R3 ofrece una serie de características adicionales, como pines de entrada/salidas adicionales, un

puerto USB para la comunicación con el ordenador y una amplia comunidad de usuarios y recursos de soporte.

Entre las características principales de la tarjeta Arduino se destacan las siguientes:

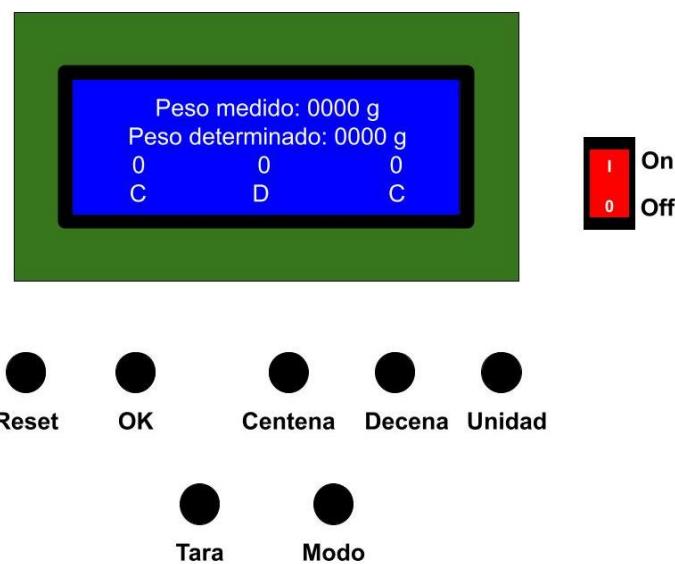
- Voltaje de funcionamiento: 5V (USB) y 6 a 12 V (Por medio del PIN de entrada Vin).
- 14 pines digitales de entrada y salida, de los cuales 6 son de tipo PWM.
- 6 pines de entrada analógicos.
- Características de las memorias: Flash de 32 KB, RAM de 2 KB y EEPROM de 1 KB.
- Frecuencia de reloj de 16 MHz.
- Tiene un peso de aproximadamente 25 g.



**Figura 2-13:** Placa Arduino UNO R3 con cable USB compatible  
**Fuente:** <https://ingeniotics.com.mx/product/placa-arduino-uno-r3-generica/>

#### 2.5.6.3. Diseño de interfaz con el usuario

Para que el sistema pueda funcionar, el operador debe ingresar el peso de producto a ser dosificado, para ello se dispone de un sistema de pulsadores y una pantalla LCD para establecer la cantidad de producto en gramos; dicha cantidad se almacena y luego se compara con los valores que lee la celda de carga.



**Figura 2-14:** Esquema de la interfaz con el usuario  
**Fuente:** Elaboración propia

En primera instancia se tiene un interruptor para el encendido y apagado del equipo, se dispone de 7 pulsadores que cumplen las siguientes funciones:

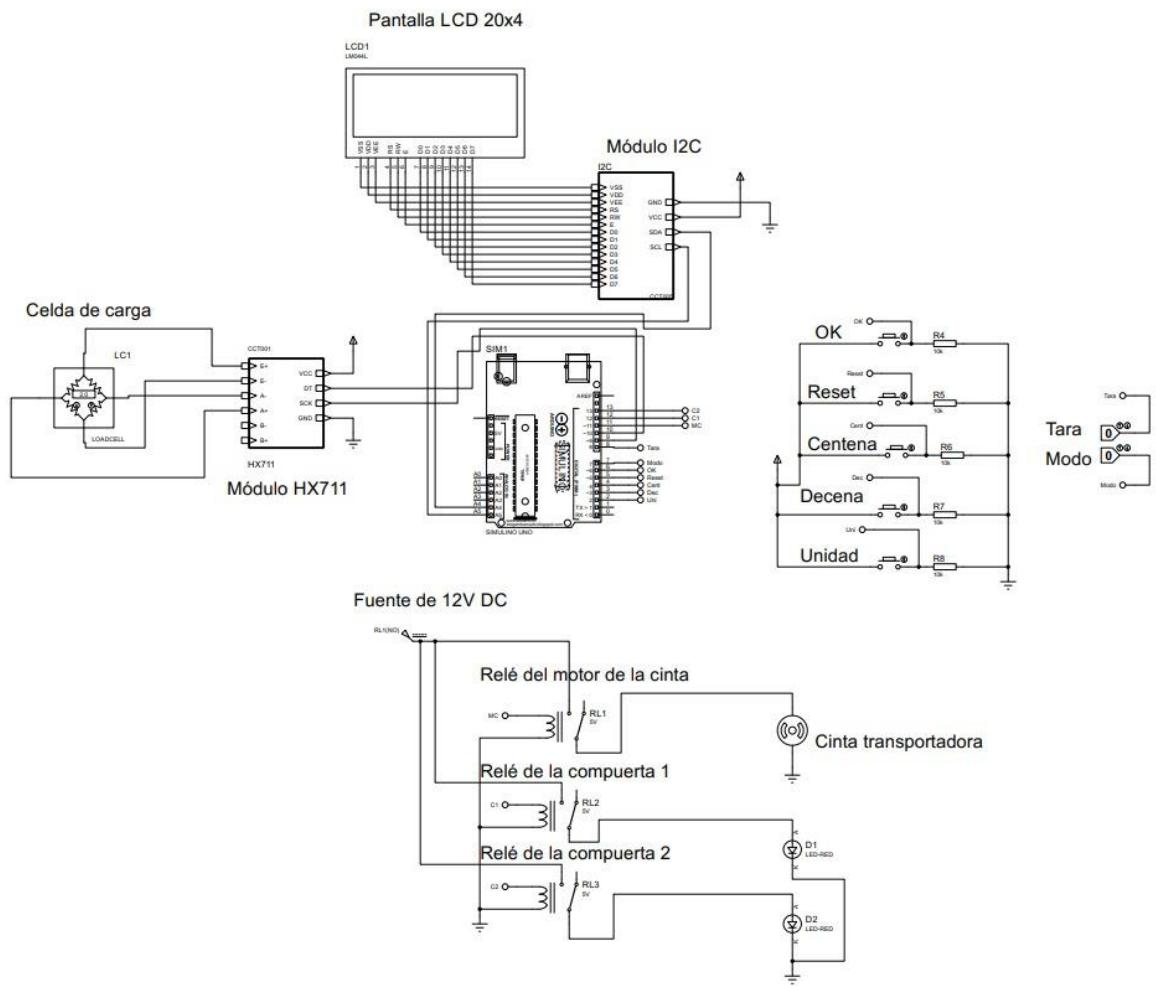
- Reset: Sirve para reiniciar todos los valores dados por el usuario a 0.
- Unidad: Permite cambiar los valores en las unidades de 0 a 9.
- Decena: Permite cambiar los valores en las decenas de 0 a 9.
- Centena: Permite cambiar los valores en las centenas de 0 a 9.
- OK: Una vez establecido el valor del peso a dosificar, se presiona este pulsador para establecerlo como “Peso determinado” y realizar la comparación con el peso medido por la celda de carga.
- Tara: Este pulsador funciona para “tarar” el sistema de pesado, es decir poner a 0 el valor de referencia de medición de la celda dado un peso adicional que no quiera ser considerado en el proceso. Por ejemplo, se debe tarar el peso de la tolva de pesaje, la compuerta, el cilindro, etc.
- Modo: Funciona como botón de selección al momento de realizar la calibración del sistema.

#### 3.4.6.4 Circuito electrónico

De acuerdo a lo visto en los apartados anteriores, se tiene un circuito electrónico compuesto por los siguientes elementos:

- La tarjeta Arduino UNO R3
- El módulo HX711 que conecta con la celda de carga
- La pantalla LCD 20x4
- Módulo I2C para la comunicación con la pantalla
- Pulsadores
- Módulos relé
- Resistores de varios valores

El circuito puede apreciarse en la siguiente imagen:



**Figura 2-15:** Esquema de la interfaz con el usuario

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO III

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1. CONCLUSIONES

- Se logró concretar el diseño y modelado de la dosificadora gravimétrica de papas fritas.
- Se realizó un análisis de las necesidades a cumplir para el equipo de acuerdo a lo requerido por la empresa Pat-Frit en la ciudad de Sucre.
- Se recopiló información acerca del diseño de sistemas de dosificación similares al planteado de acuerdo a las necesidades del medio local.
- Se efectuó un análisis de las tecnologías y componentes utilizados en el diseño de dosificadoras similares con el fin de adoptar aquellos de fácil acceso en la ciudad de Sucre.
- Se modeló un prototipo de la dosificadora de papas fritas basada en pesopor medio del software CAD AUTODESK INVENTOR considerando los parámetros establecidos.
- Se determinaron los costos de implementación del equipo llegando a la conclusión de que es factible de implementar económicoamente en la ciudad de Sucre.

#### 3.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere construir el prototipo con el fin de determinar las capacidades reales de la máquina, así como sus deficiencias, con el objetivo de mejorar el diseño.

- Se recomienda implementar un sistema que permita variar la velocidad de avance de la cinta transportadora, a fin de ajustar la velocidad según las necesidades de los operadores.
- Se recomienda diseñar un sistema de alimentación para el llenado de la tolva de almacenamiento con el fin de mantener un suministro de papas fritas constante.
- Se recomienda realizar inspecciones visuales de los cables de interconexión antes de iniciar un proceso.
- Se recomienda efectuar inspecciones visuales de las mangueras y racores neumáticos con el fin de encontrar fugas antes y durante el proceso de trabajo de la máquina.
- Se recomienda incluir un plan de mantenimiento para los distintos elementos de la dosificadora.

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Gardner (2004), banco de conocimiento Mezcla y dosificación.*  
<https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/historia-de-la-balanza>
2. *Carlos López Pérez (2014), Optimización de sistemas de envasado con tolvas intermedias.*
3. *Carlos Alberto Paz Mosquera, Jonathan García & Sebastián Gómez (2018), acondicionamiento y automatización de la maquina empacadora de papas fritas de la empresa comestibles deli papitas.*
4. *Hall.Mamani, C. (2021). Informe papas fritas.*
5. *Ministerio de Agricultura, P. y. (2013). Patatas fritas tipo «chips». condimentos y apeditivos, 601-602.*
6. *S.L., C. T. (2023). Obtenido de <https://www.chumillastechnology.com/blog/en-que-consiste-el-proceso-de-dosificacion/>*

7. Direct industry (2024). *Dosificadora Gravimétrica*. <https://guide.directindustry.com/es/que-dosificador-elegir/#:~:text=Los%20dosificadores%20gravim%C3%A9tricos%20ayudan%20a,una%20dosificaci%C3%B3n%20de%20alta%20precisi%C3%B3n.>
8. D, A. I. (2023). <https://asesoresimasd.com/que-es-una-maquina-dosificadora-y-para-que-sirve/>.
9. Groover, d. (2013). *Automatización, sistemas de producción y fabricación integrada por computadora*. Educación Pearson.
10. y 22. Arduino. (s. f.). *Arduino Software (IDE)*. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/software>
11. 11. Gutiérrez Hinestrosa, M. &. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control*. Ecuador.
12. Flintec. (2023). Celula de carga de viga. Obtenido de <https://www.flintec.com/es/sensores-de-peso/celulas-de-carga/c%C3%B3mo- funciona-una-celda-de-carga-de-viga>
13. Groover, d. (2013). *Automatización, sistemas de producción y fabricación integrada por computadora*. Educación Pearson.
14. Smith, J. K. (2020). *Principles of Pneumatic Control Valves*. *Journal of Automation Engineering*.
15. Micro automación (2023) Obtenido de <https://ar.microautomacion.com/es/definicion-valvula- neumatica/#:~:text=Las%20v%C3%A1lvulas%20neum%C3%A1ticas%20son%20los,el%20caudal%20de%20aire%20comprimido.>
16. Cablevey. (2023). informe sobre el estado del transporte. Obtenido de <https://cablevey.com/es/para-que-son-utilizados-los-sistemas-de-transporte-industrial/#:~:text=Los%20sistemas%20de%20transporte%20industrial%20son%20cruciales%20para%20el%20movimiento,para%20el%20manejo%20de%20materiales.>
17. Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (5ta ed.). Pearson.
18. hibbeler. (s.f.). *Analisis estructural*. Pearson Prentice
19. SKF. Catalogo. *Deep Groove ball bearings – 6000 serie*.

20. Sawers (s. f.). Célula de carga 20kg

<https://tienda.sawers.com.bo/celula-de-carga-20kg-?search=celula%20de%20carga>

21. Airtac. (s.f.). Catálogo de productos Airtac [Catálogo]. Recuperado de <https://saenz-si.com/images/pdf/airtac/AIRTAC-CATALOGO.pdf>

22. Airtac ( Automatizacion neumática industrial) [Catálogo].

## ANEXOS

### Anexo A. Características técnicas del equipo

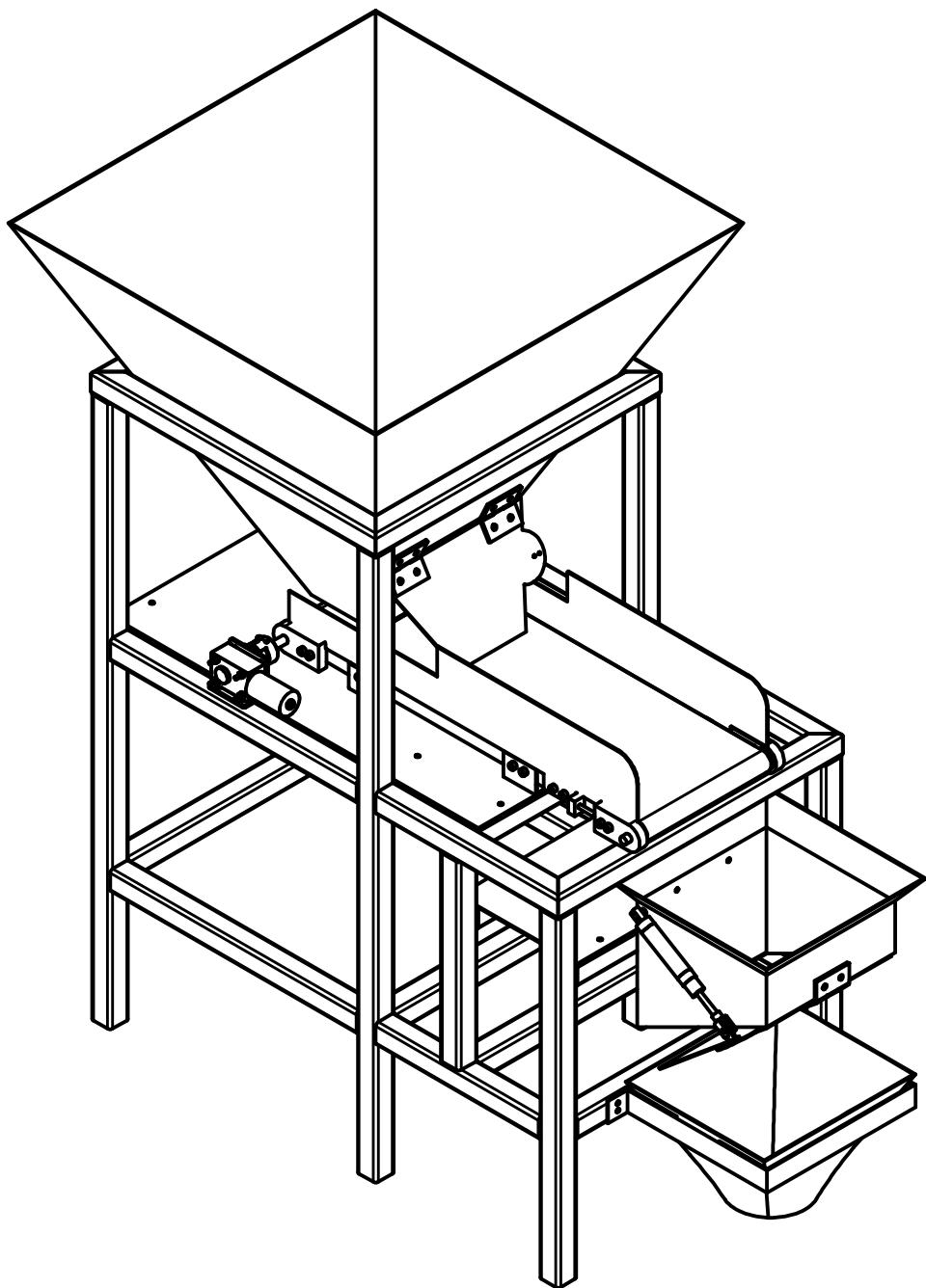
Las características del equipo se encuentran en la siguiente tabla

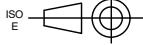
**Tabla A-1: Características generales de la dosificadora**

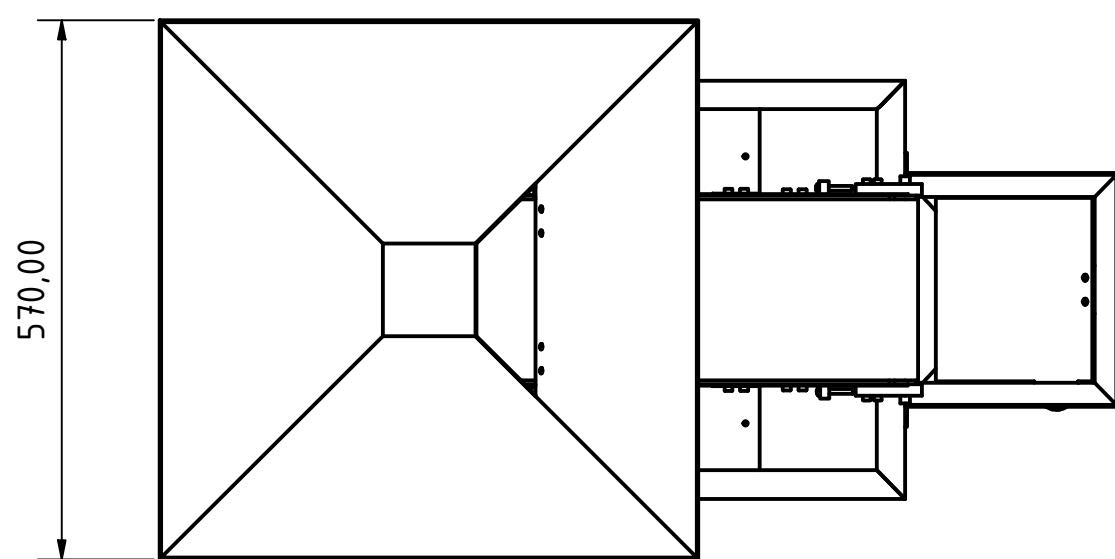
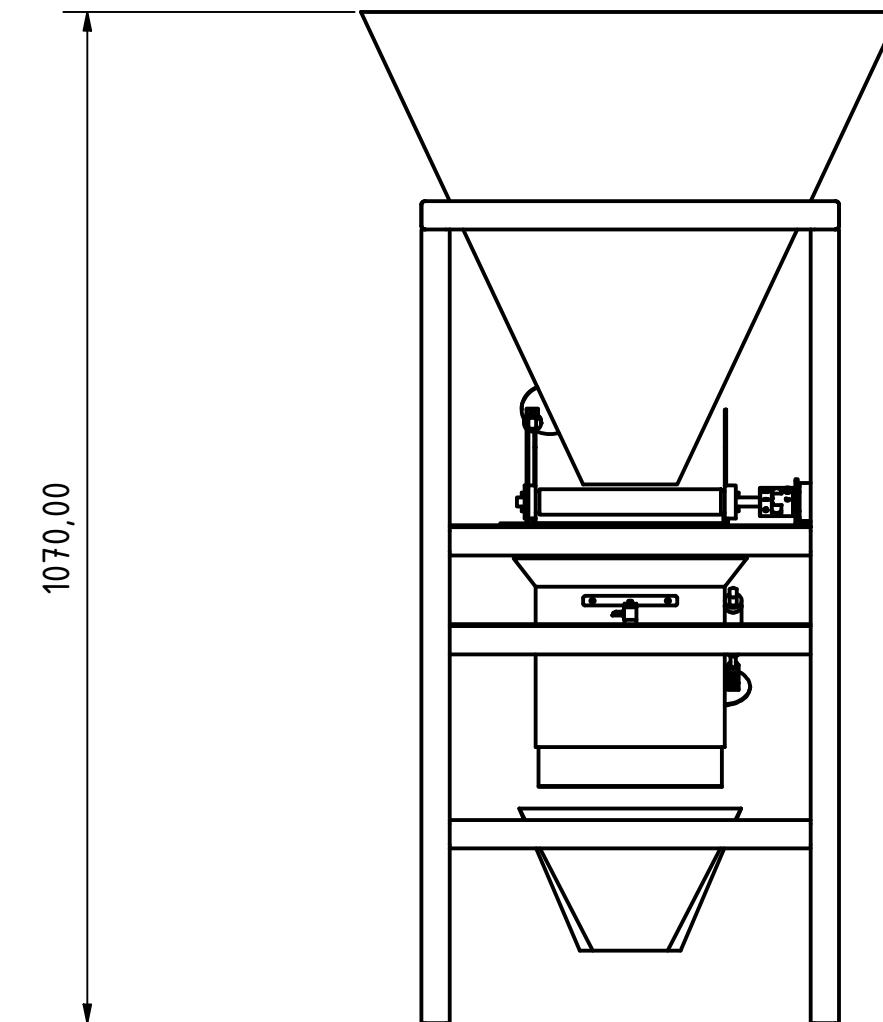
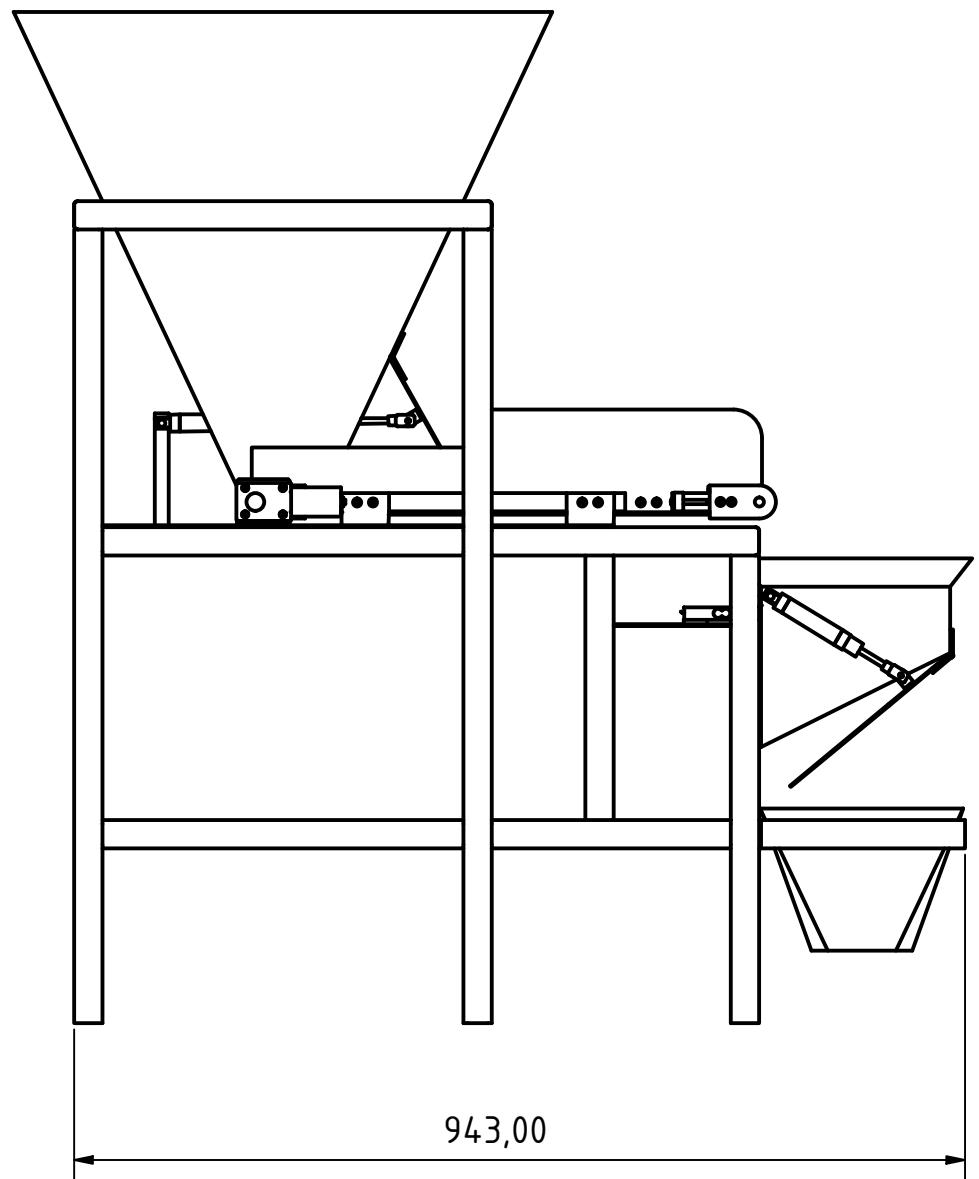
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
Dimensiones de la máquina	570 x 943 x 1070 mm
Dosificación regulable según el formato de envase	90 g, 180 g y 360 g
Características de la fuente de alimentación	Suministro 220 VAC /50 Hz Voltaje de salida 12V
Potencia nominal	38 W
Características del Motorreductor	12V a 80 RPM Torque= 6,2 kgcm
Productos a transportar	Papas fritas, semillas y snacks en general
Velocidad de movimiento de la cinta	100 mm/seg

**Fuente:** Elaboración propia

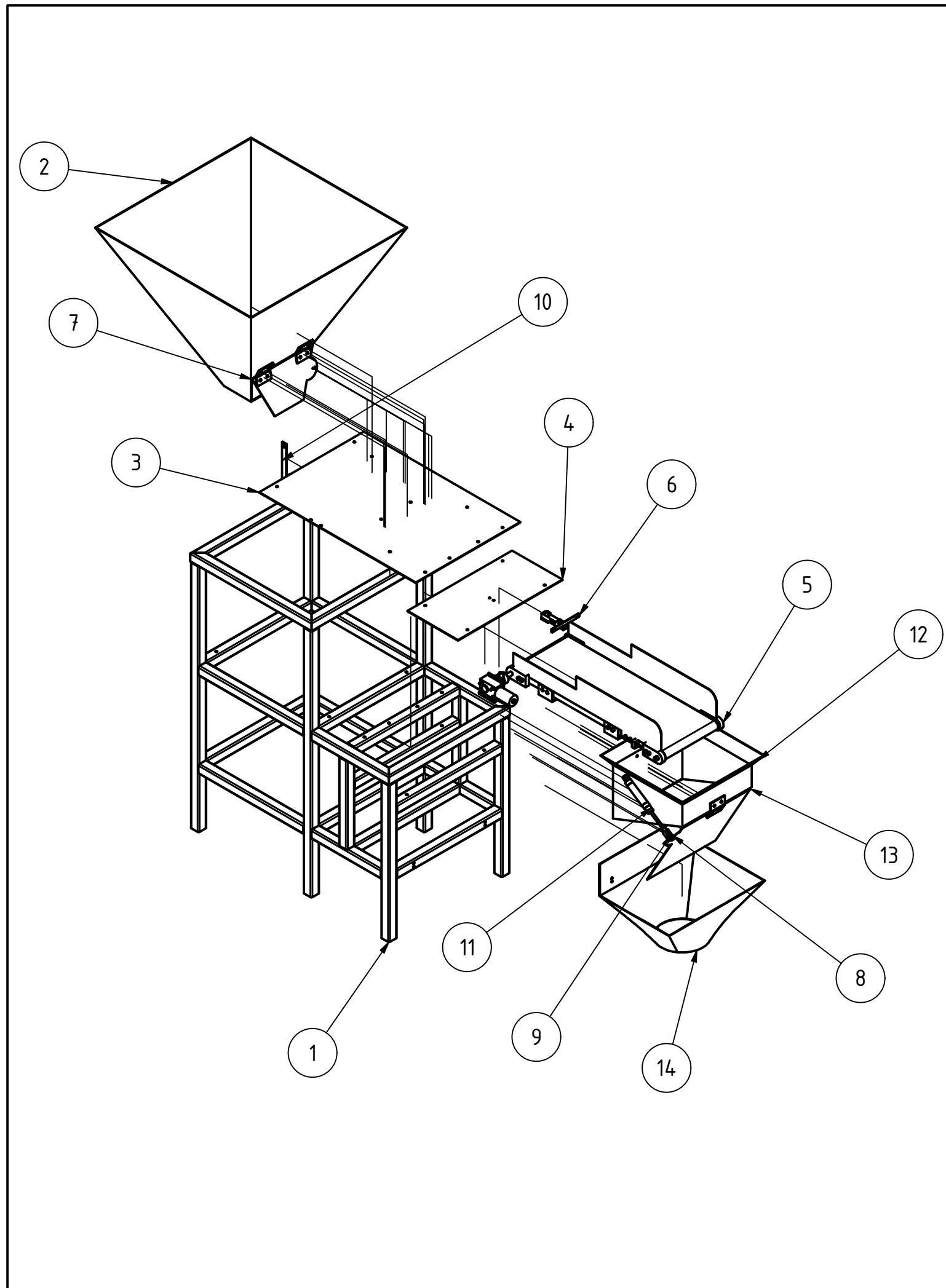
**Anexo B. Planos.**



Dib. Rev. Apr.	Fecha 29/03/24	Nombre Murillo Torres	Dosificadora de papas vista isométrica	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS www.ficam.edu.co		
Escala 1:8   Toler. Rug.	Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso					
Nro. de plano 1 de 29						



Dib.	Fecha	Nombre	Vistas de la dosificadora
Rev.		Murillo Torres	
Apr.			
Escala	1:8		
ISO			
Toler.			
Rug.			
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso			Nro. de plano 2 de 29



LISTA DE PIEZAS			
Nro. de Pieza	Cantidad	Elemento	Descripción
1	1	Estructura de la dosificadora	Perfiles de acero ASTM A36
2	1	Tolva de almacenamiento	Acero inoxidable AISI 304
3	1	Plancha base para la cinta transportadora	Acero AISI 1020
4	1	Plancha base para la celda de carga	Acero AISI 1020
5	1	Ensamble de la cinta transportadora	Ensamble con los componentes que conforman el sistema de transporte
6	1	Celda de carga	Componentes del sistema de pesado
7	1	Compuerta de la tolva de almacenamiento	Acero inoxidable AISI 304
8	2	Horquilla hembra	Conexión del vástago de los cilindros con las compuertas
9	2	Horquilla macho	Conexión con las horquillas hembra y las compuertas
10	1	Soporte para el cilindro 16075	Acopla el cilindro de la tolva de almacenamiento con la estructura
11	1	Cilindro 16050	Cilindro neumático
12	1	Tolva de pesaje	Acero inoxidable AISI 304
13	1	Compuerta de la tolva de pesaje	Acero inoxidable AISI 304
14	1	Tolva de despache	Acero inoxidable AISI 304

Dib.	Fecha	Nombre
Rev.		Murillo Torres
Apr.		

Despiece general de la máquina

Escala  
1:12

ISO

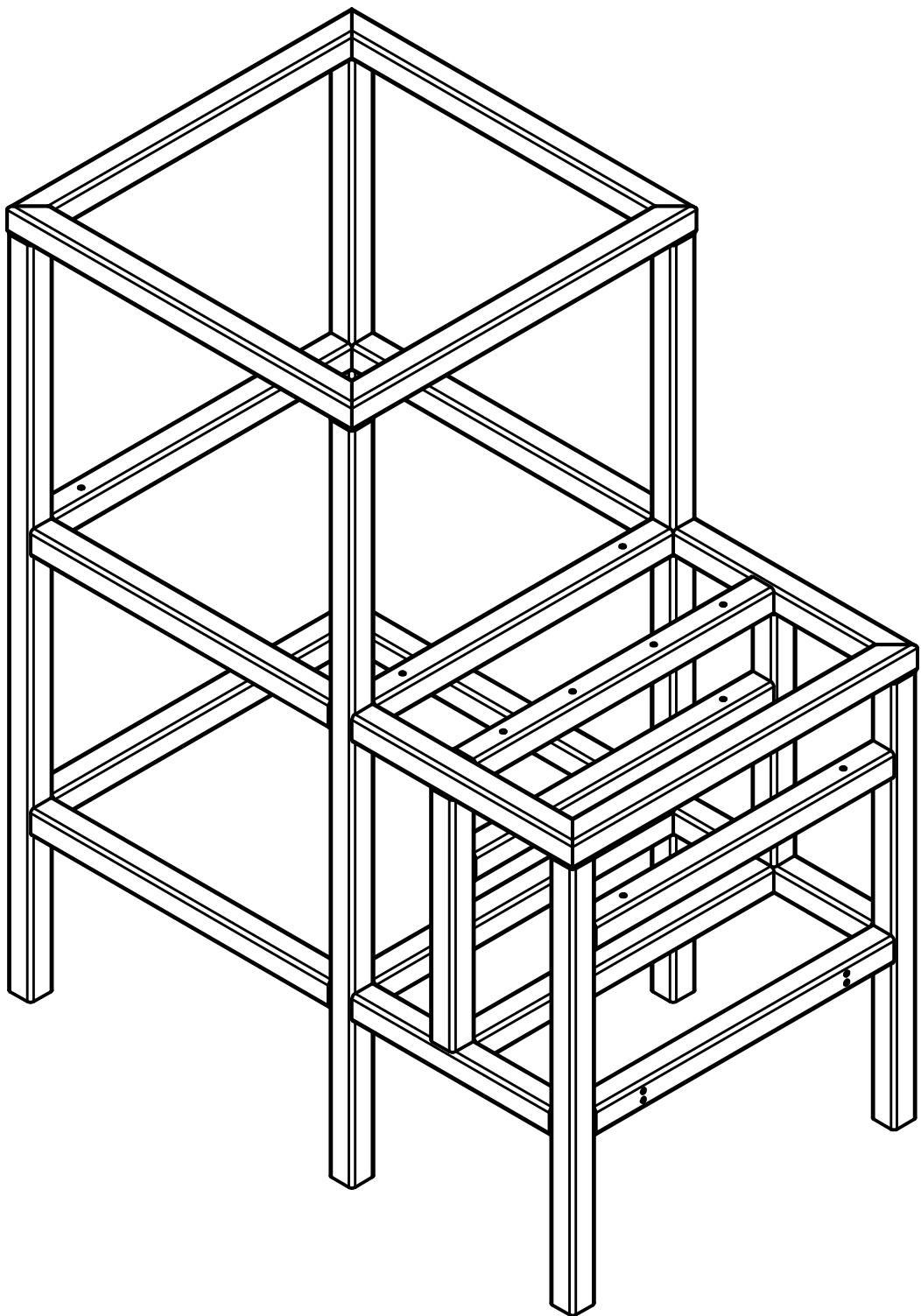
Toler.

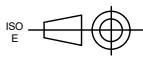
Rug.

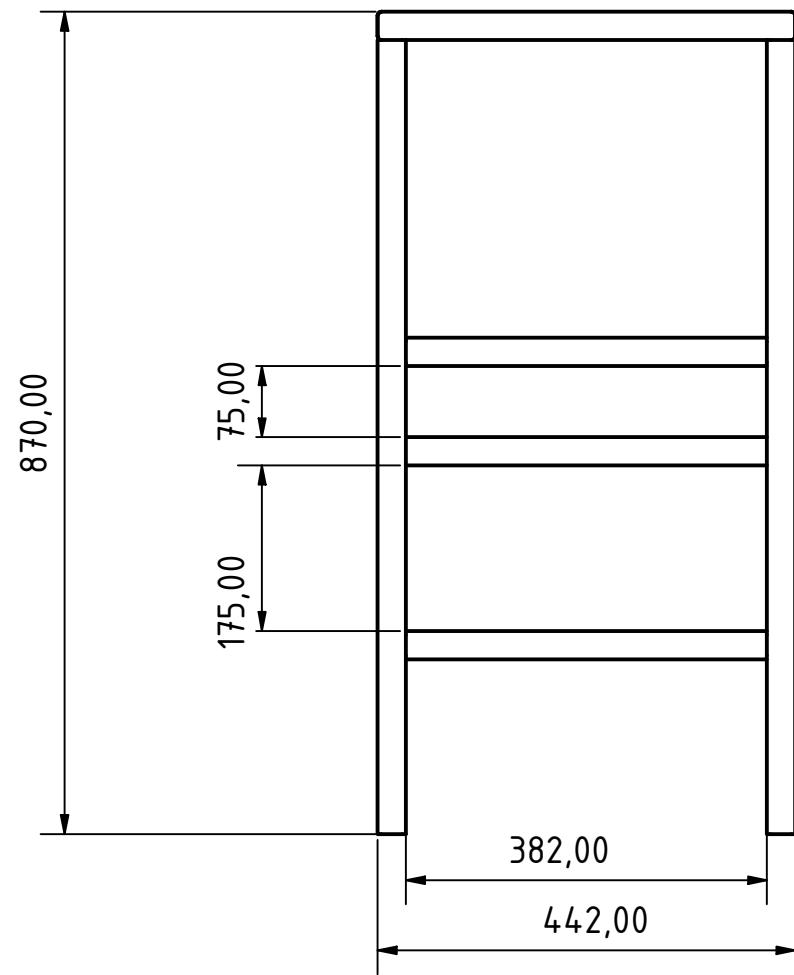
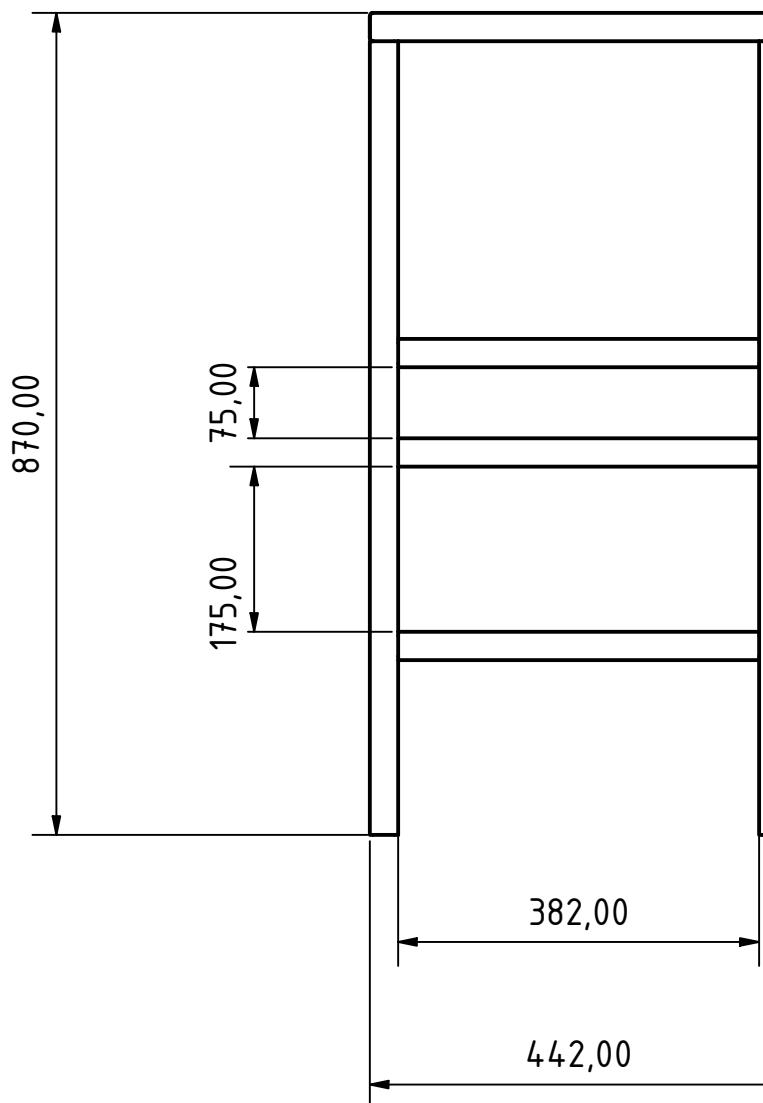
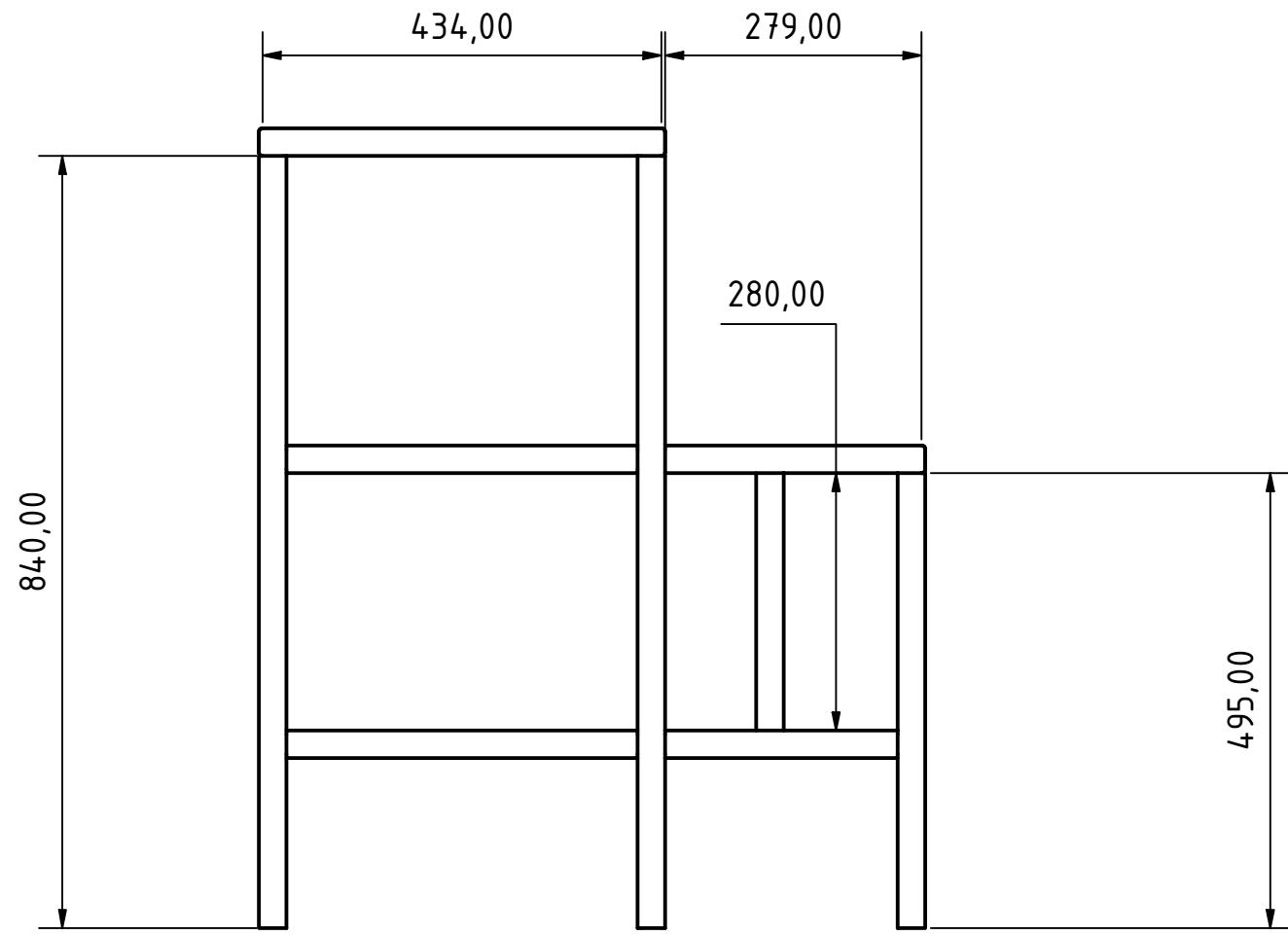
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso

Nro. de plano 3 de 29

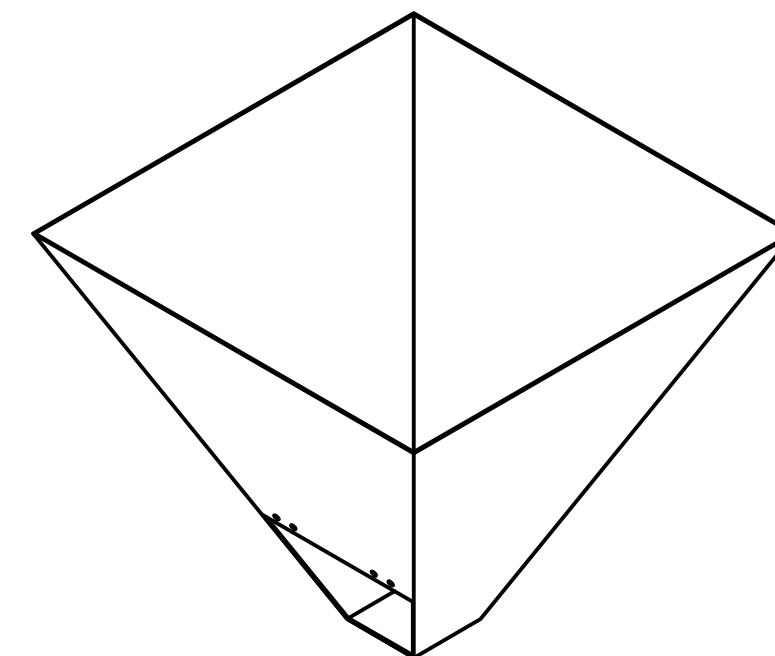
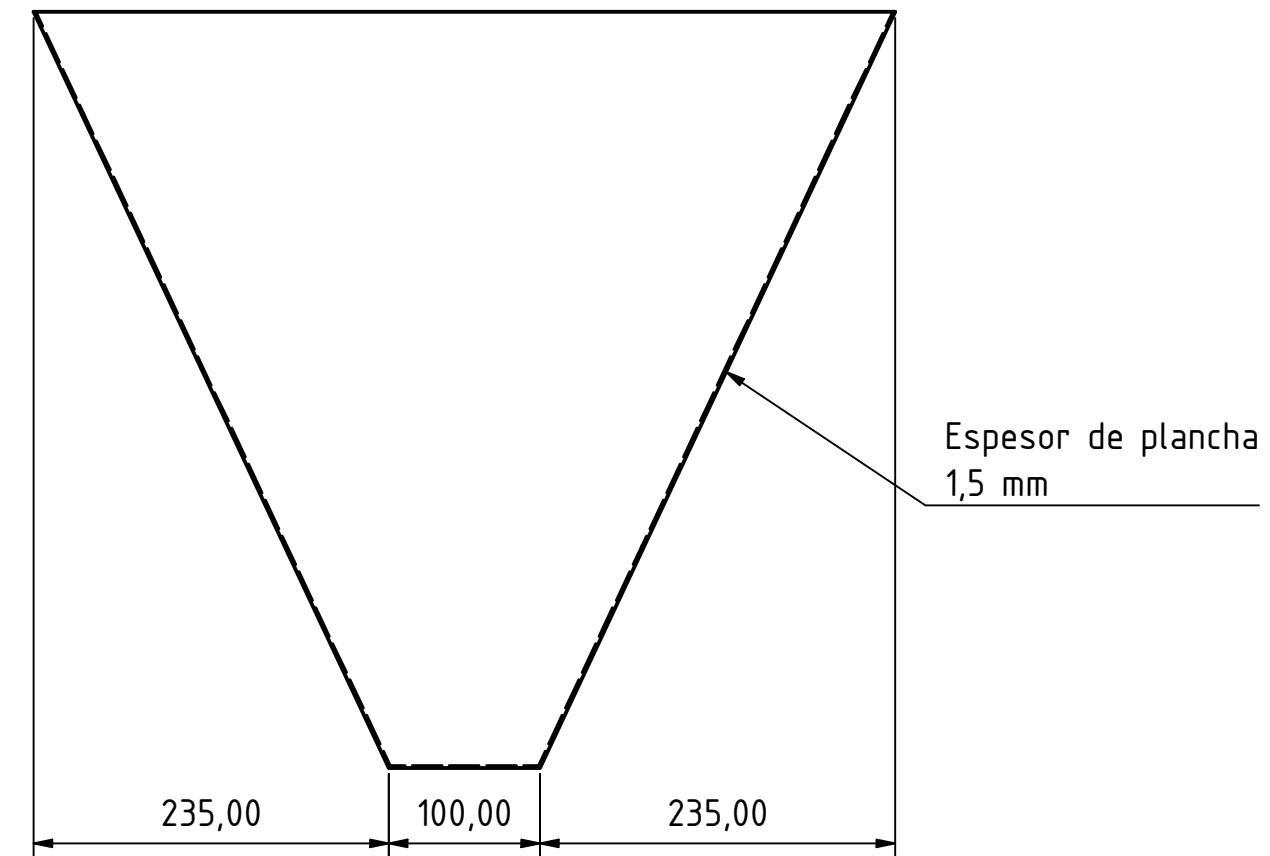
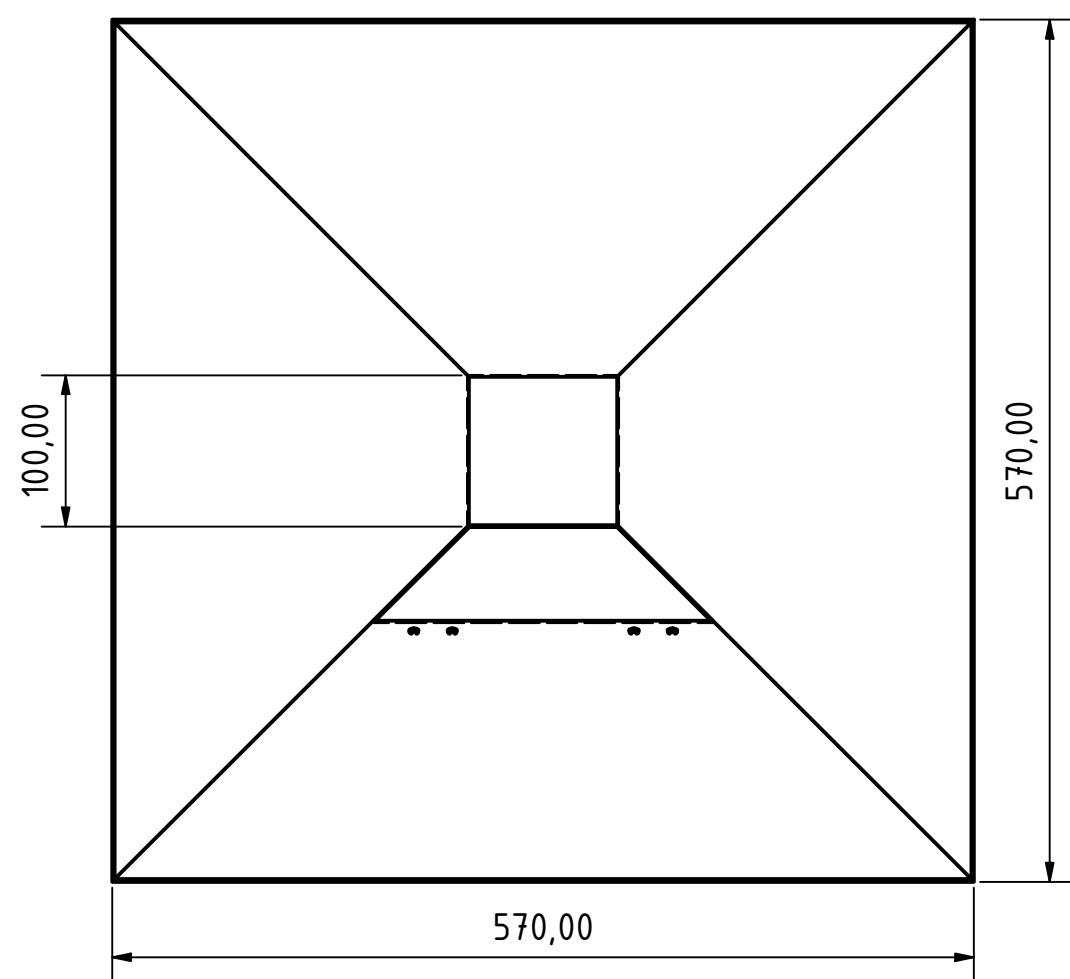
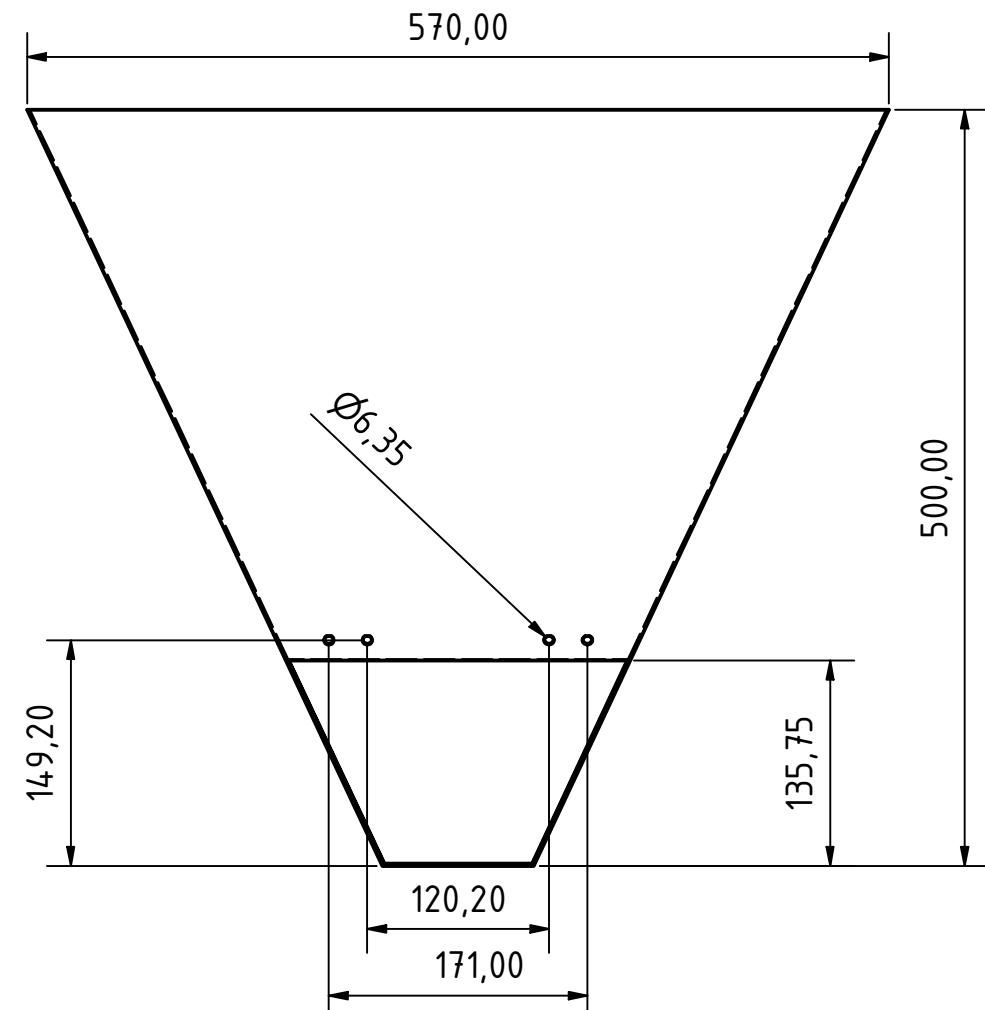
FACULTAD DE INGENIERIA  
Y CIENCIAS APLICADAS  
MECA - ELECTRONICAS  
UMARX

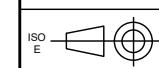


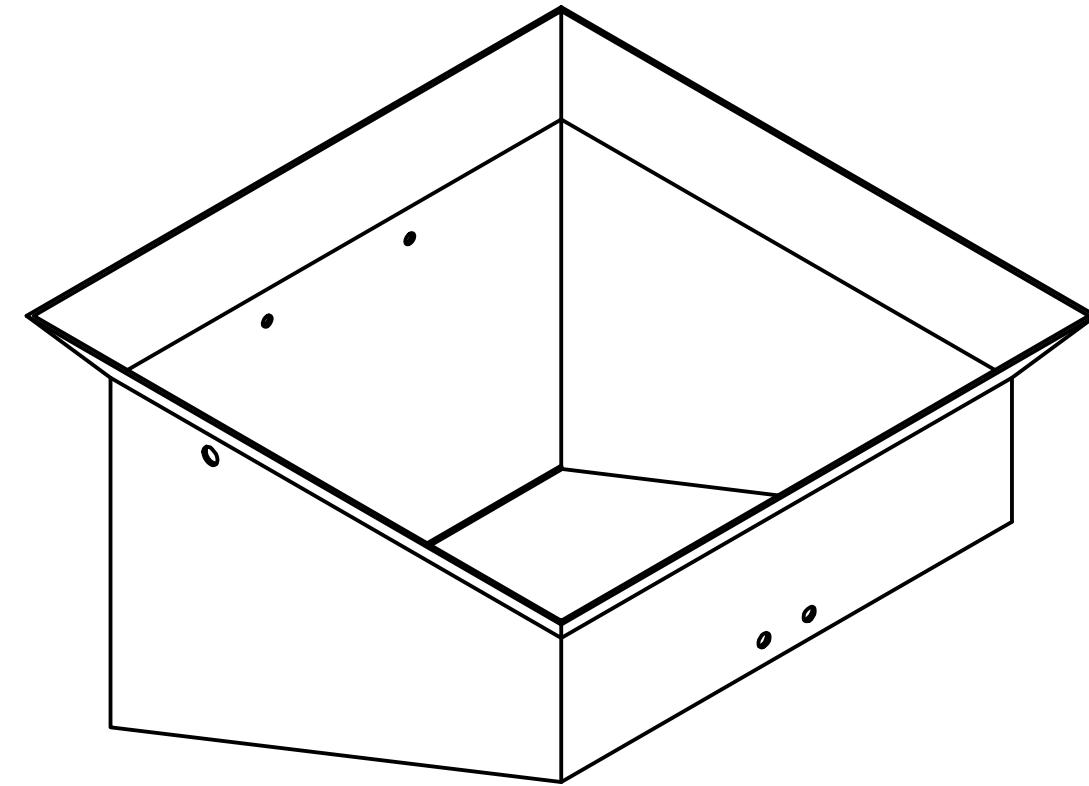
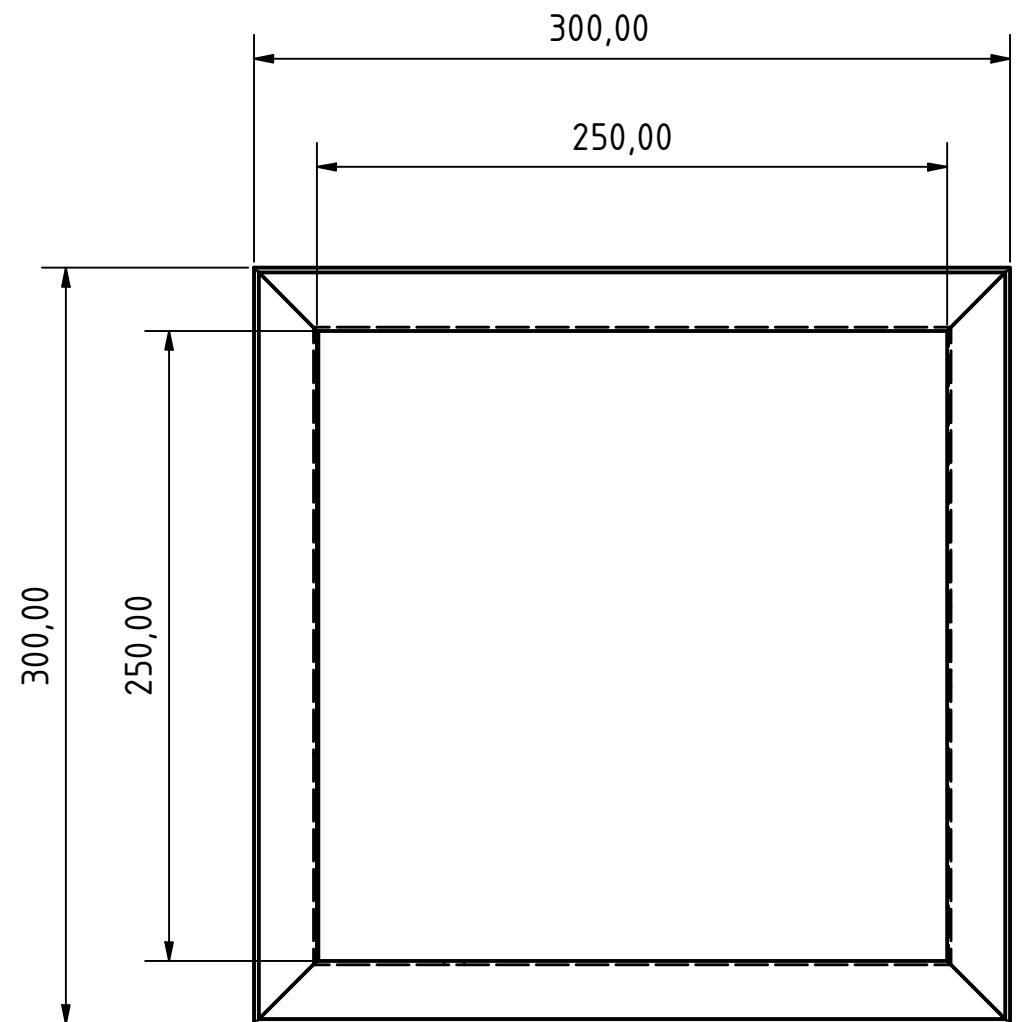
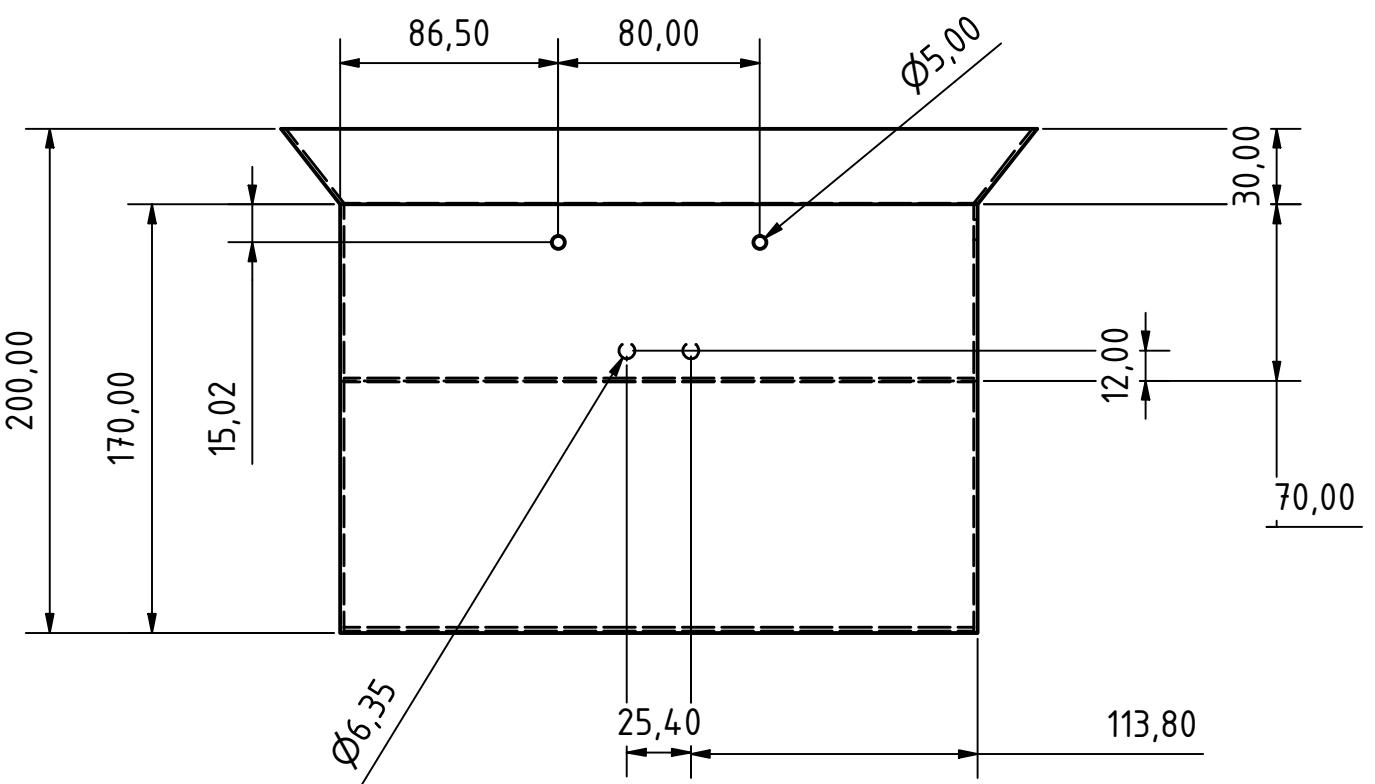
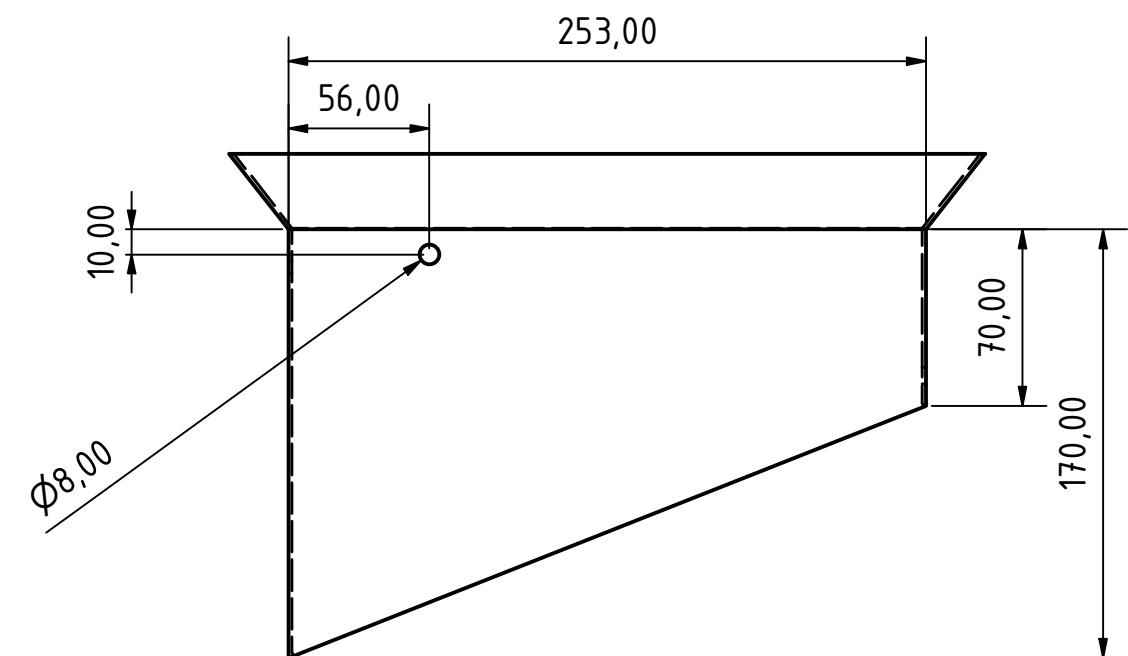
Dib.	Fecha	Nombre	Estructura de la máquina	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS Meca - Electronica U.M.N.P.G.I.X.CN	
	29/03/24	Murillo Torres			
Escala 1:6	Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso				
					
Toler.				Nro. de plano 4 de 29	
Rug.					



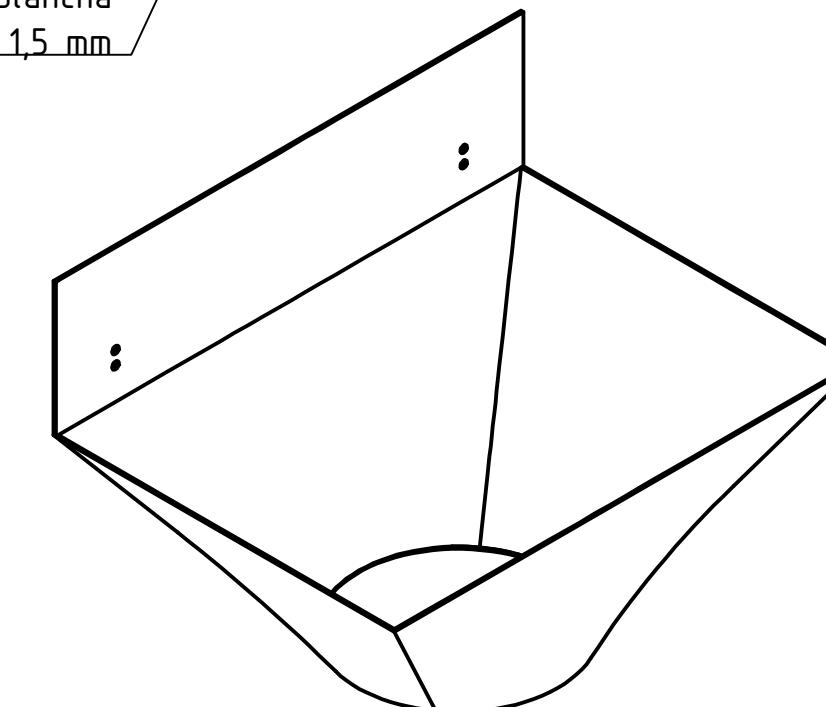
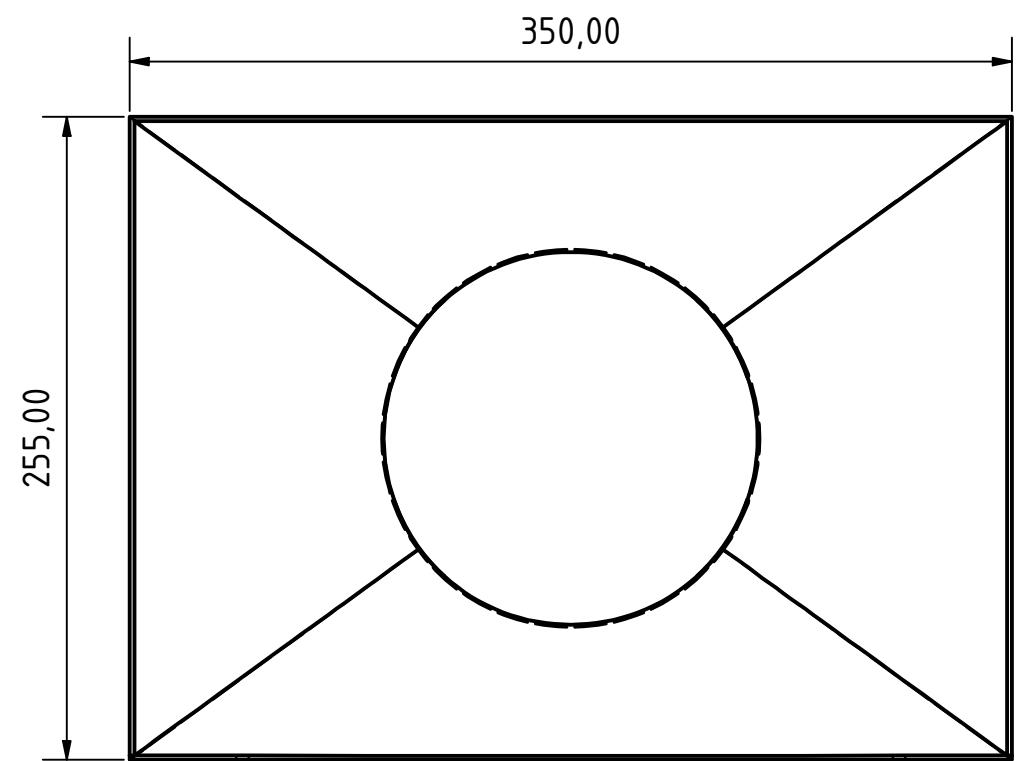
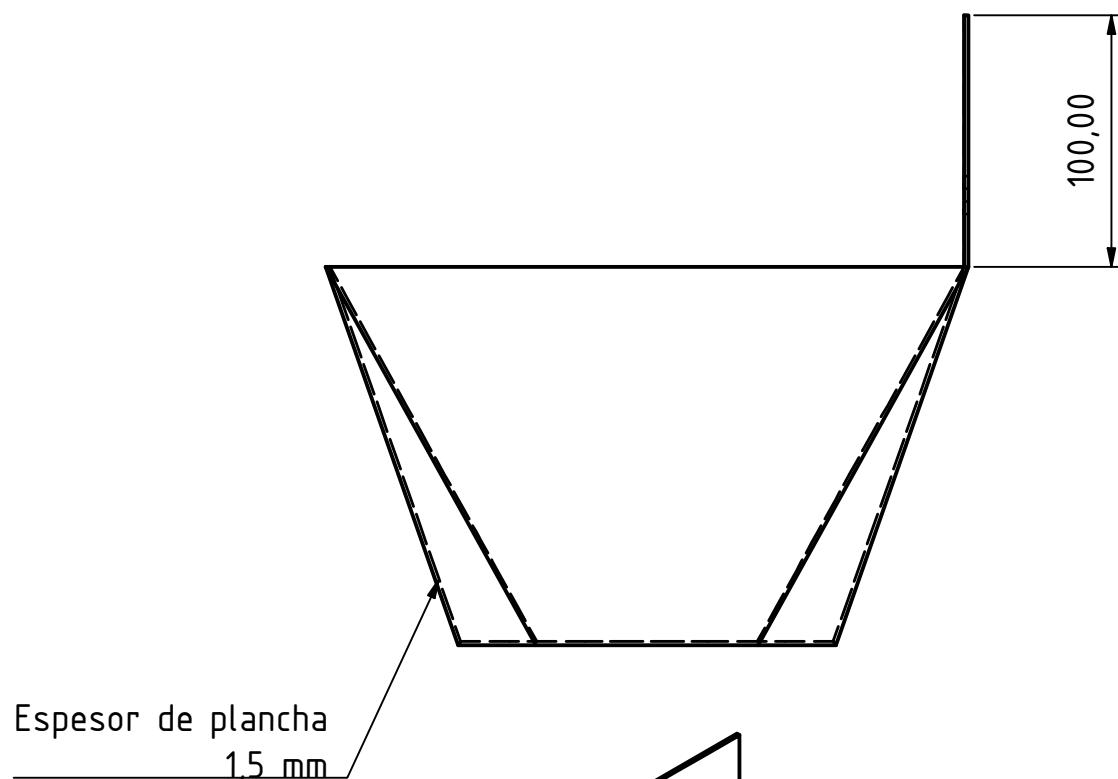
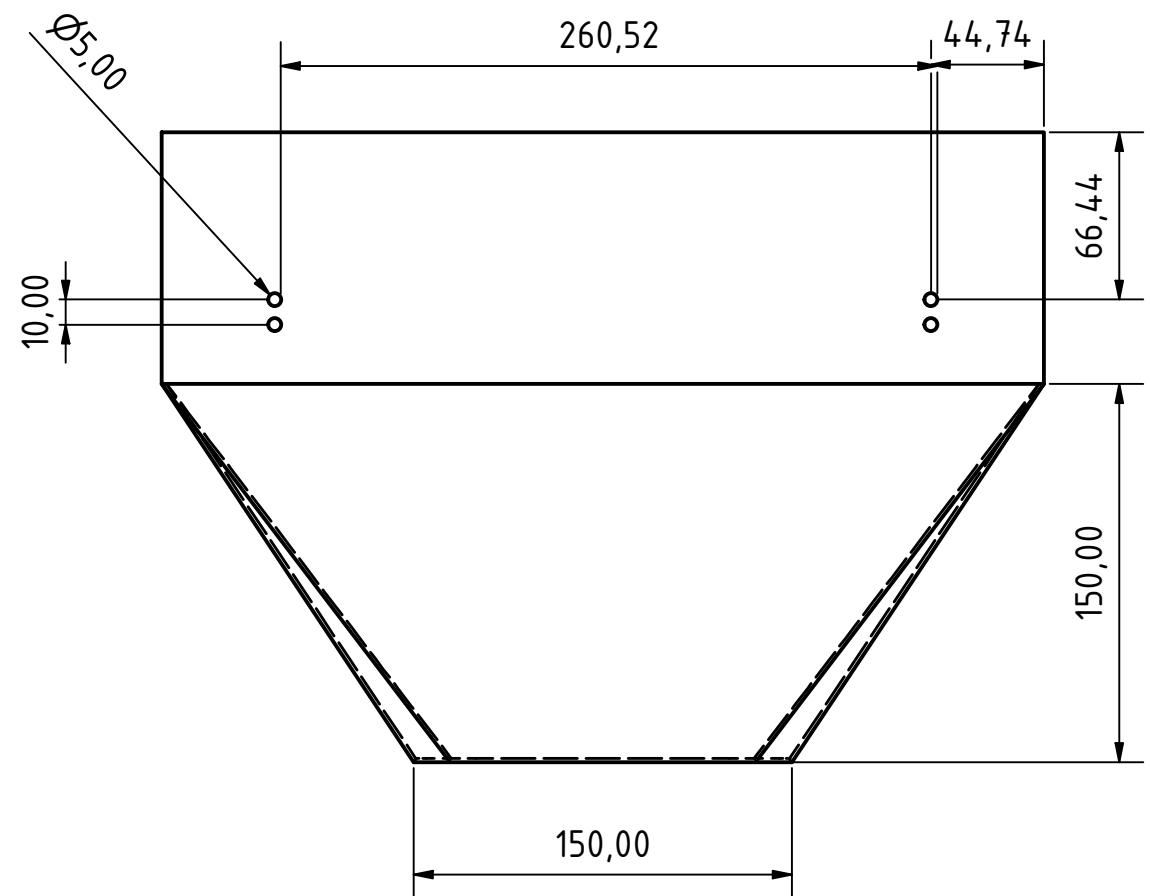
Estructura de la máquina	Fecha	Nombre	FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.R.P.U.N.C.H
	Dib.	Murillo Torres	
	Rev.		
	Apr.		
Escala 1:8 			
Toler.			
Rug.			
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso			Nro. de plano 5 de 29

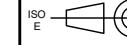


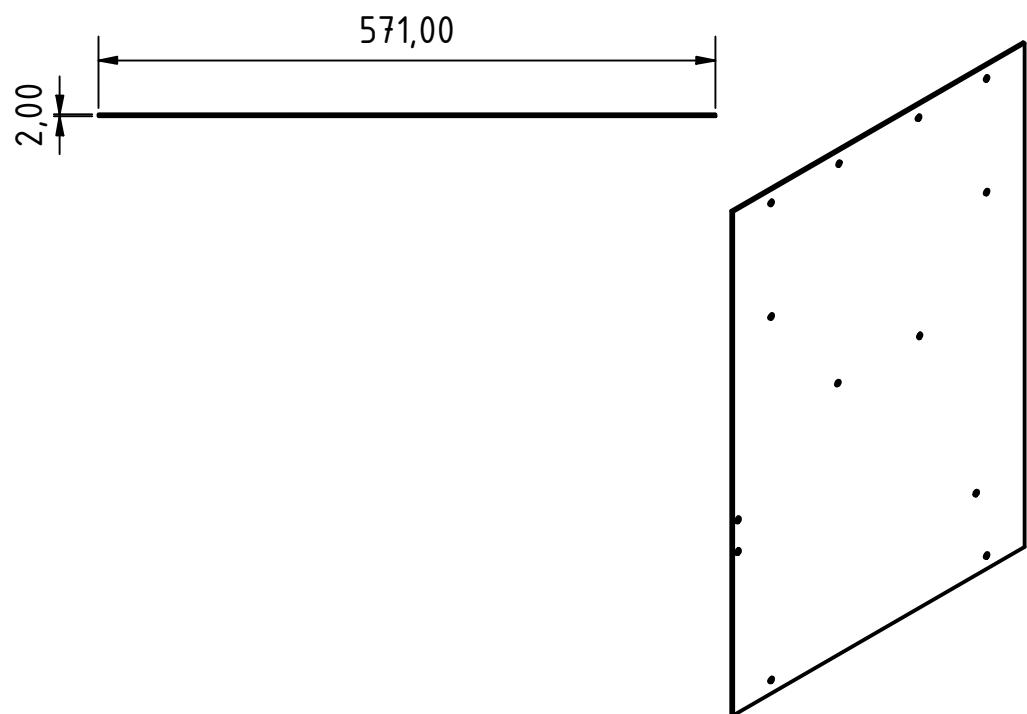
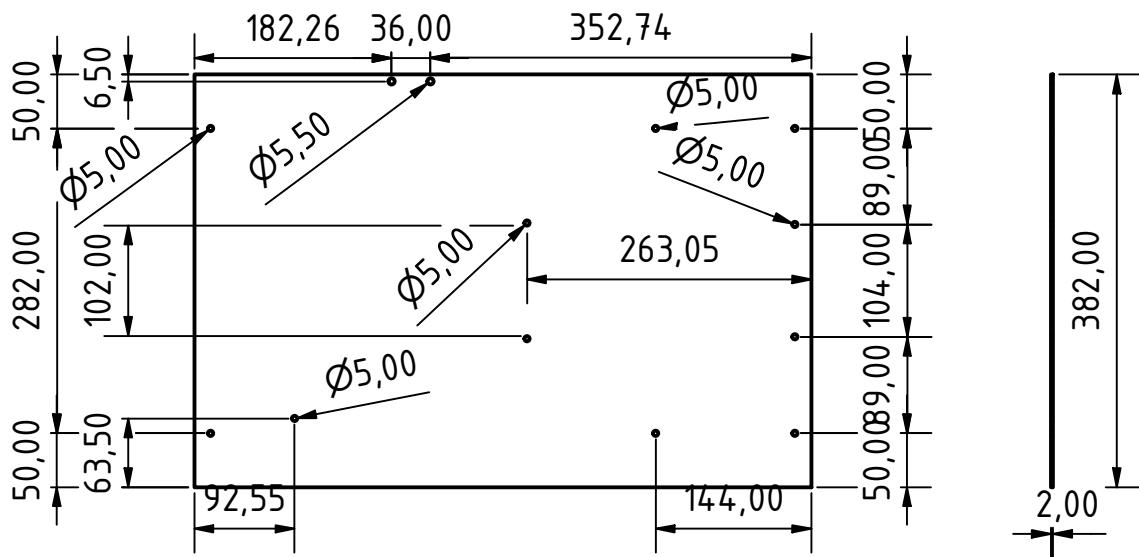
Dib.	Fecha	Nombre	Tolva de carga	 <small>FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.R.P.R.N.CN</small>	
Rev.					
Apr.					
Escala	1:5				
			Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso		
Toler.			Nro. de plano 6 de 29		
Rug.					



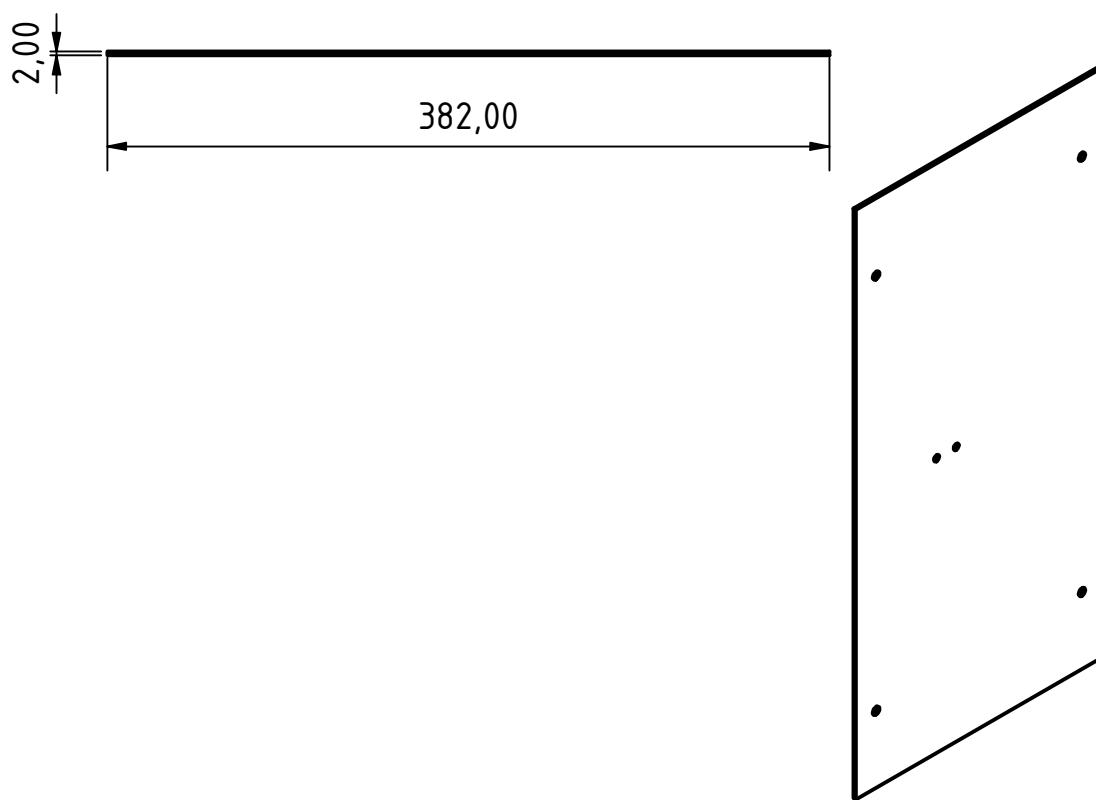
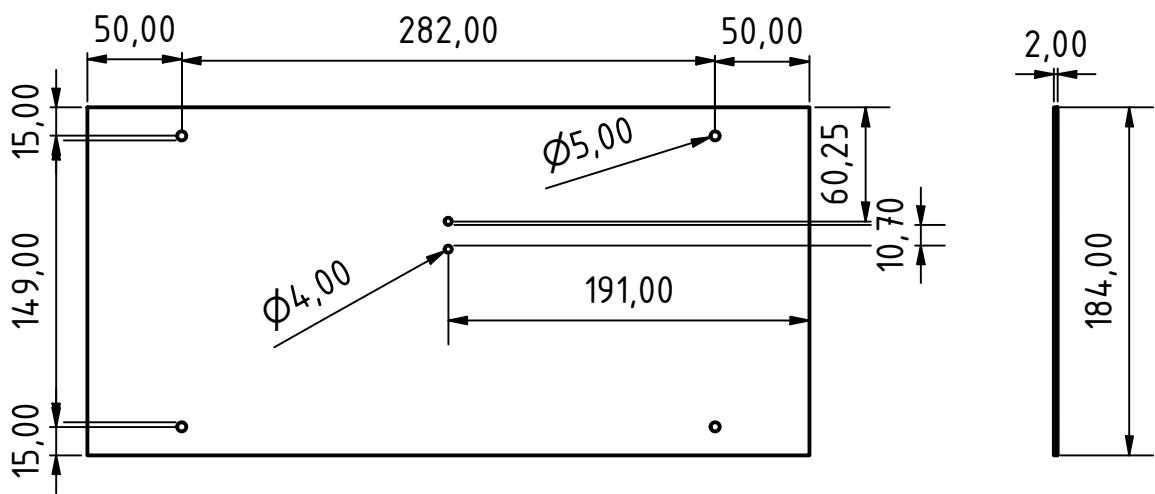
Dib.	Fecha	Nombre	Tolva de Pesaje
Rev.		Murillo Torres	
Apr.			
Escala	1:3		
ISO			 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.R.P.R.N.CN
Toler.			Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso
Rug.			
Nro. de plano 7 de 29			

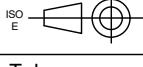


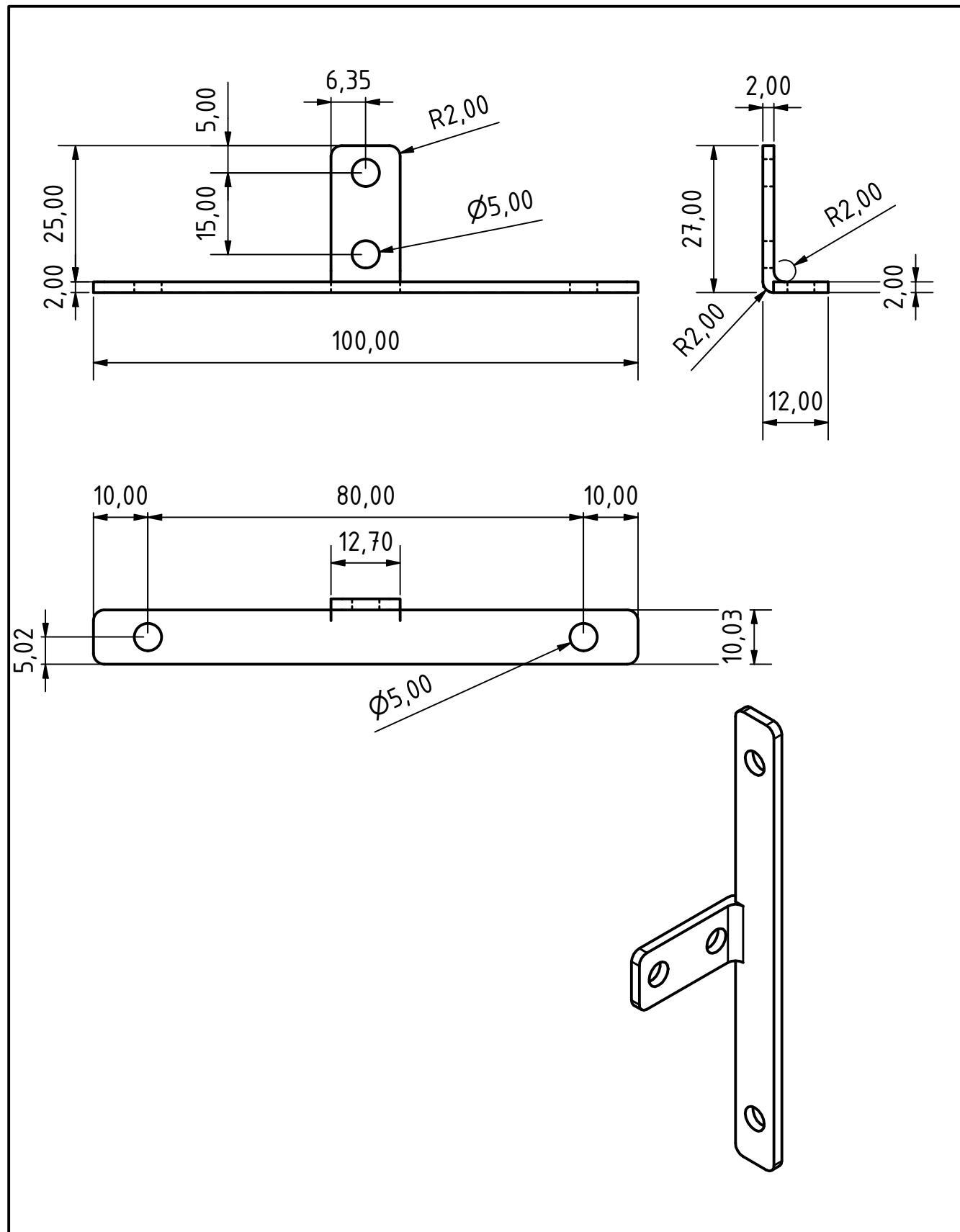
Dib.	Fecha	Nombre	Tolva de salida de producto	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECANICA - ELECTRONICA U.M.R.P.R.N.CN
Rev.				
Apr.				
Escala	1:3			
ISO				
Toler.				
Rug.				
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso				
Nro. de plano 8 de 29				



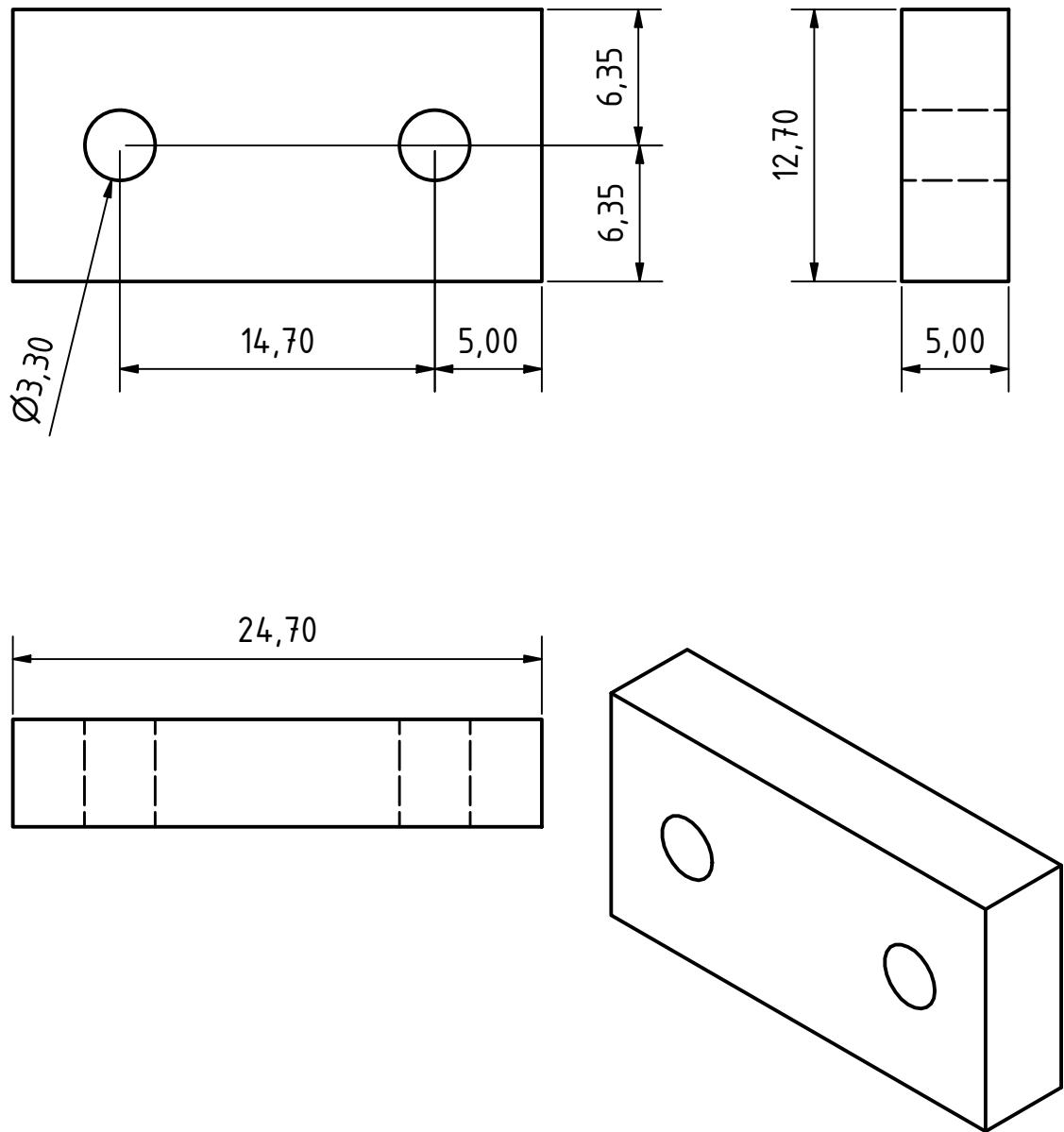
Dib. Rev. Apr.  Escala 1:7  ISO  Toler. Rug.	Fecha Nombre Murillo Torres  Plancha base para la cinta transportadora	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MENSAJERIA Y LOGISTICA M.M.P.S.F.X.CH
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso		Nro. de plano 9 de 29



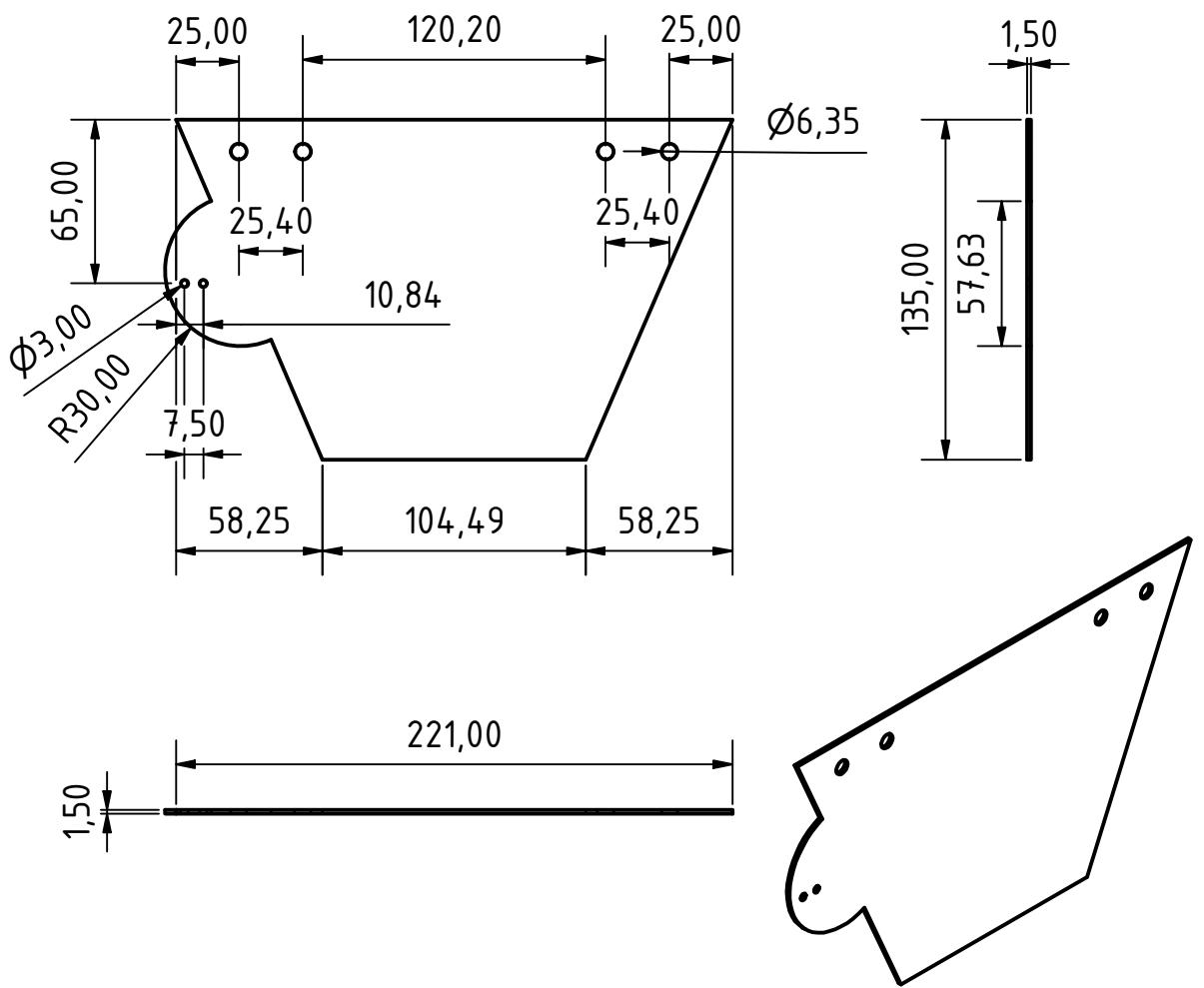
Dib. Rev. Apr.	Fecha	Nombre	Plancha base para la celda de carga	 <small>FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS www.ficoma.edu.co</small>	
		Murillo Torres			
	Escala 1:4				
 Toler. Rug.	<p><b>Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso</b></p>			Nro. de plano 10 de 29	

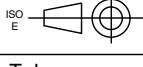


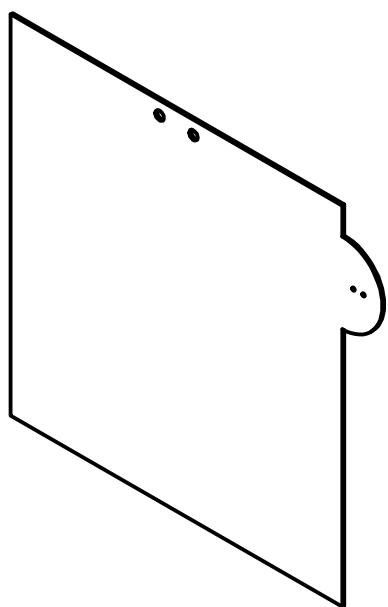
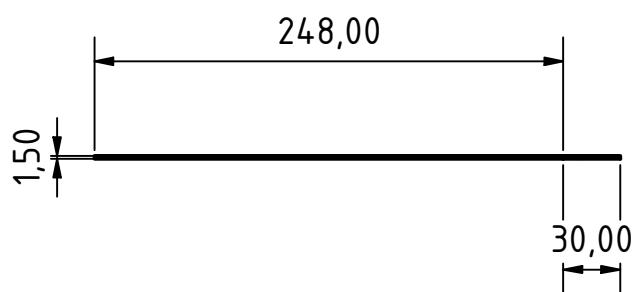
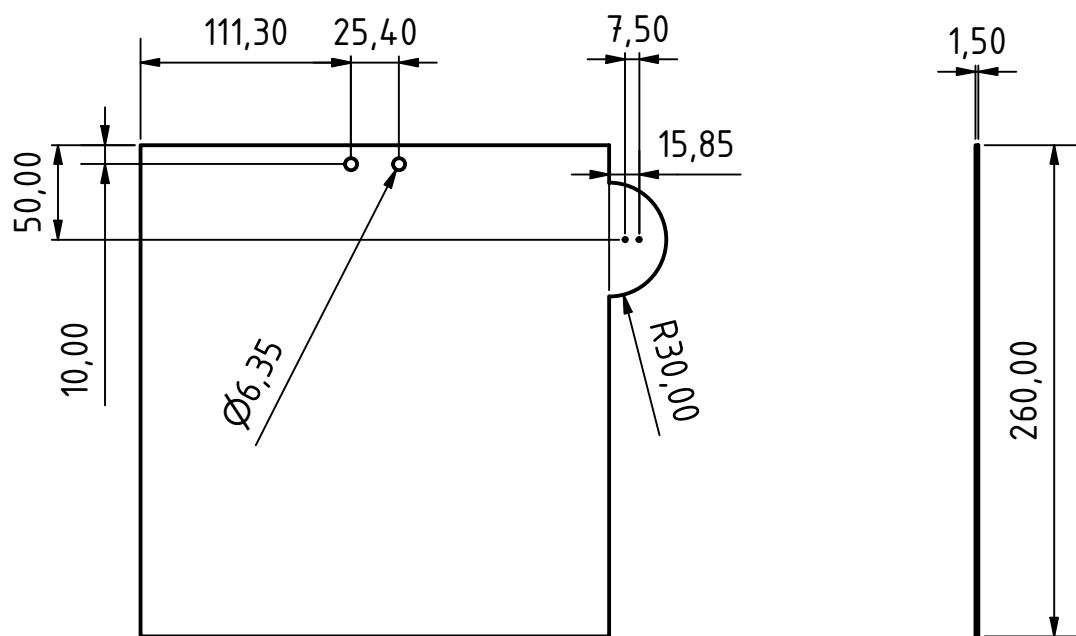
Dib. Rev. Apr.  Escala 1:1  ISO  Toler. Rug.	Fecha Nombre Murillo Torres  Acople: Tolva de pesaje - Celda de carga	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MENA - ELECTRONICA UMN.P.G.E.C.H
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso		Nro. de plano 11 de 29

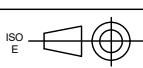


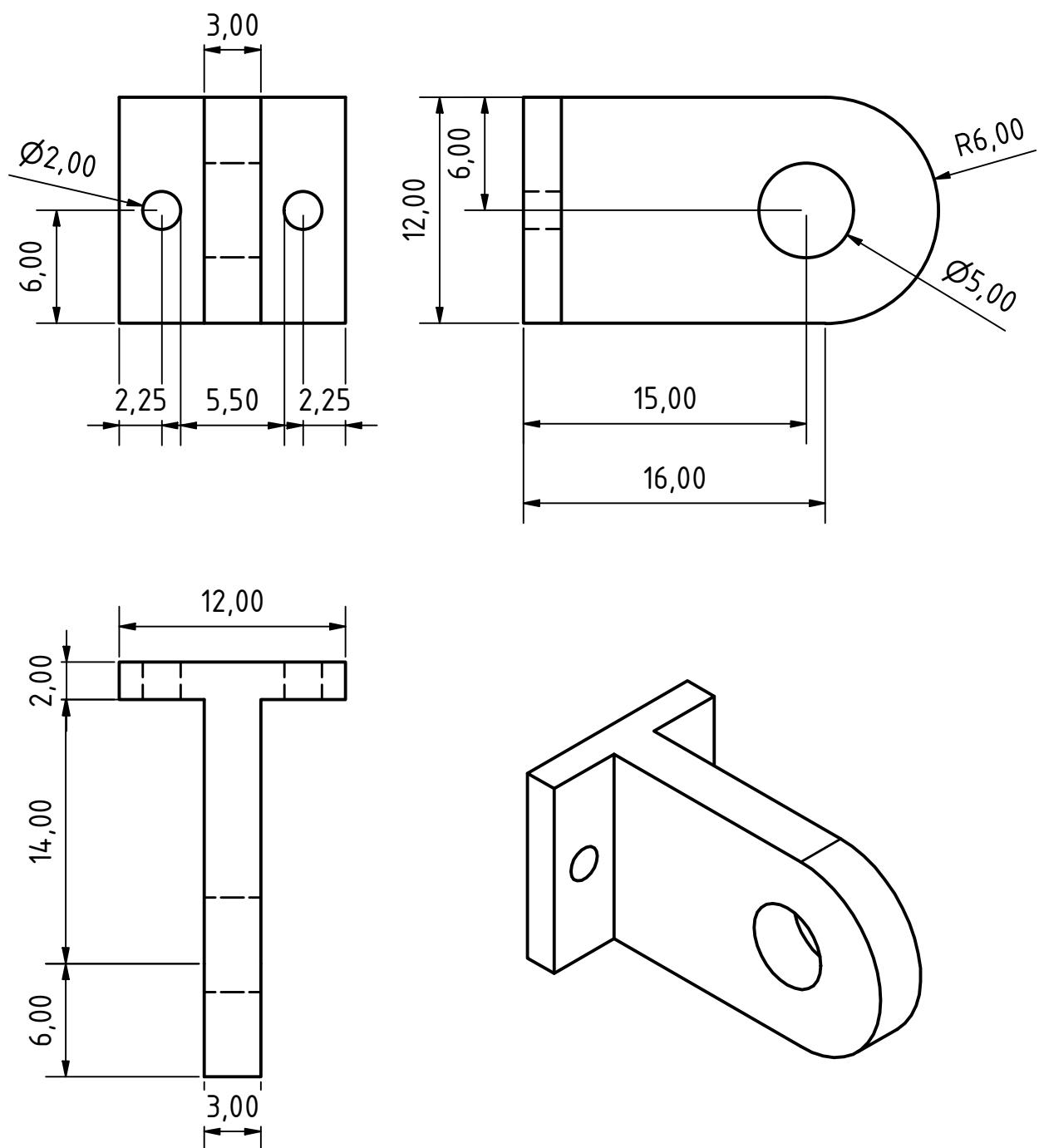
	Fecha	Nombre	Base celda de carga	 <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>Y CIENCIAS APLICADAS</b> <b>MESA - ELECTRONICA</b> <small>UNIVERSIDAD NACIONAL DE MARACAIBO</small>		
Dib.		Murillo Torres				
Rev.						
Apr.						
Escala 3:1	<b>Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso</b>					
Toler.						
Rug.						
Nro. de plano 12 de 29						



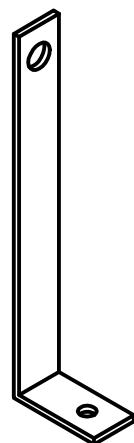
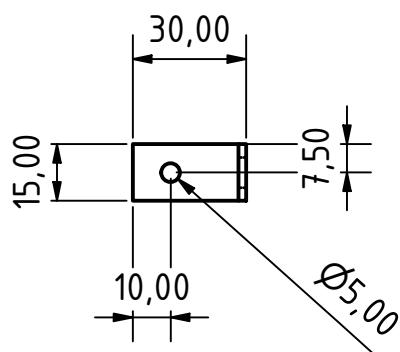
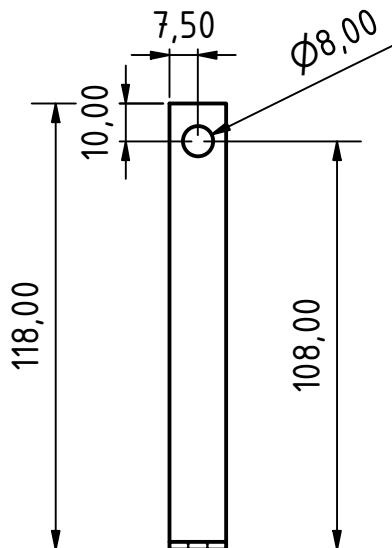
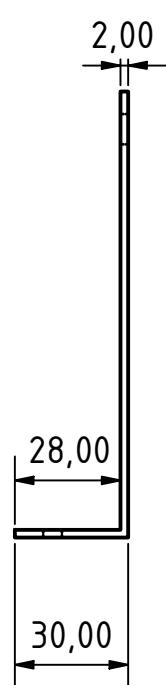
Dib.	Fecha	Nombre	Compuerta para la tolva de carga	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECANICA- ELECTRONICAS U.M.R.P.S.I.X.C.H		
	Rev.	Murillo Torres				
	Apr.					
	Escala	1:3				
	ISO					
Toler.		Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso				
Rug.		Nro. de plano 13 de 29				



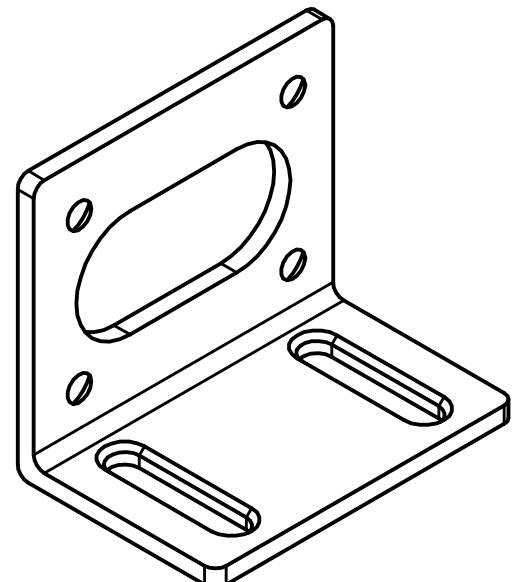
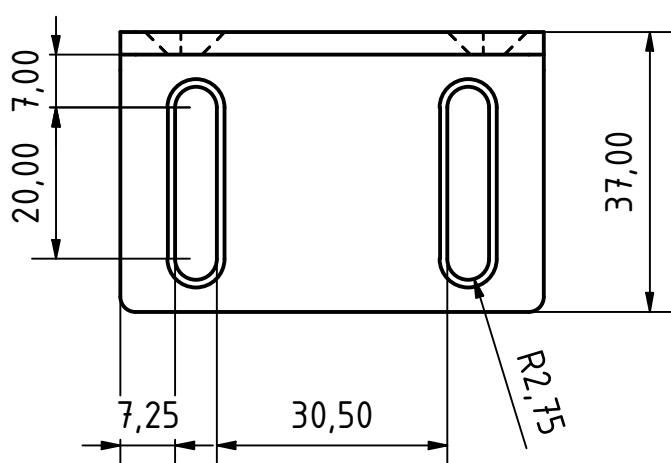
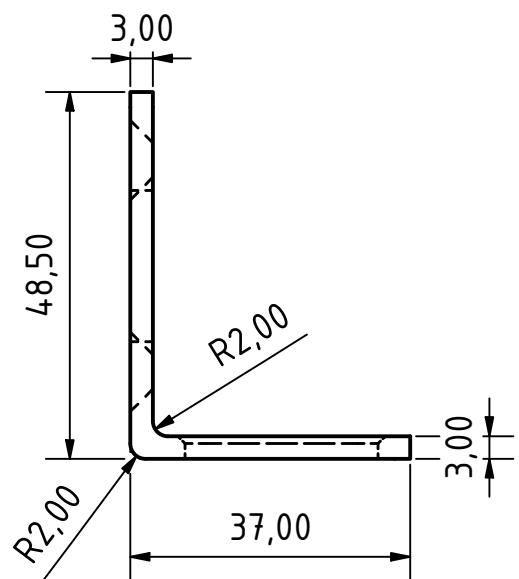
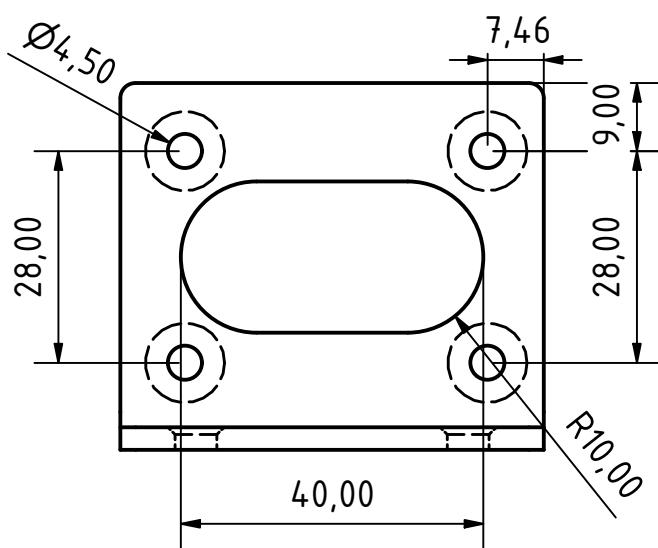
Dib. Rev. Apr. Escala 1:4  Toler. Rug.	Fecha Nombre Murillo Torres  Compuerta para la tolva de pesaje  Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECANICA - ELECTRONICAS U.M.R.P.S.I.X.C.H
		Nro. de plano 14 de 29

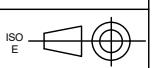


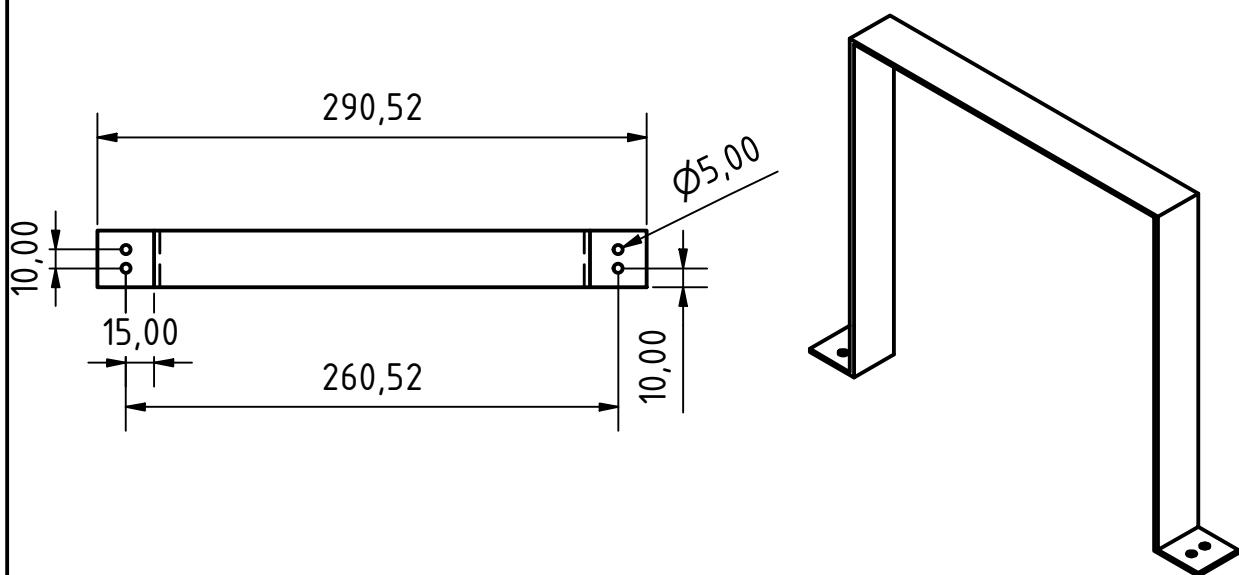
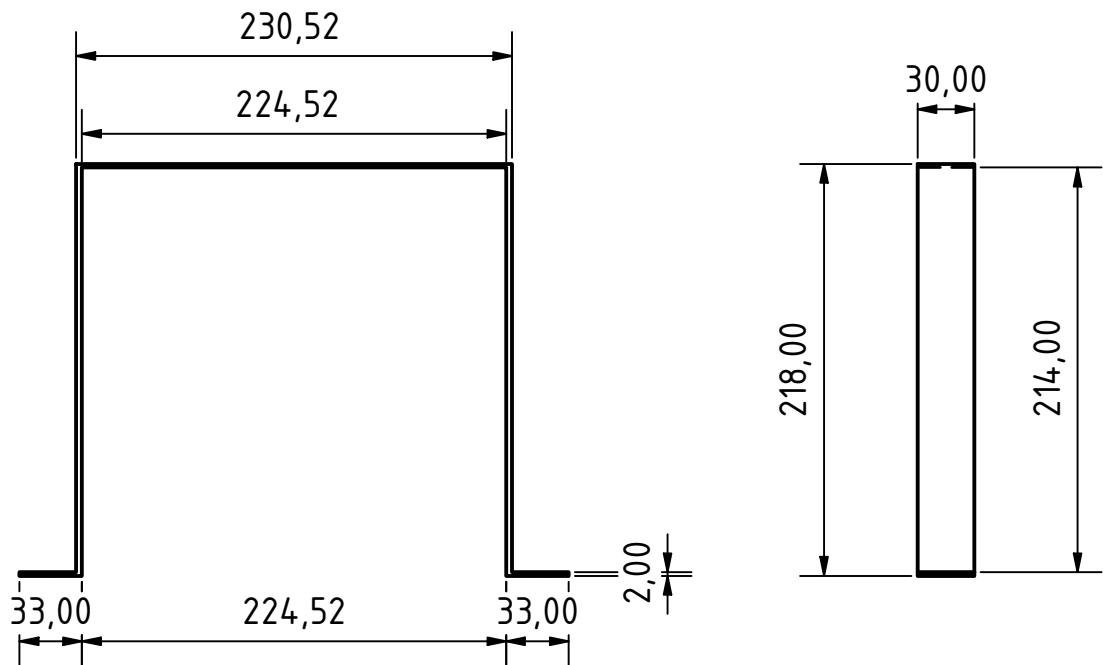
Dib. Rev. Apr.  Escala 3:1  ISO  Toler. Rug.	Fecha	Nombre	Horquilla macho para los cilindros neumáticos  Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA-ELECTRONICAS U.M.M.P.S.I.X.C.H
		Murillo Torres		
Nro. de plano 15 de 29				

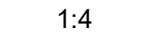


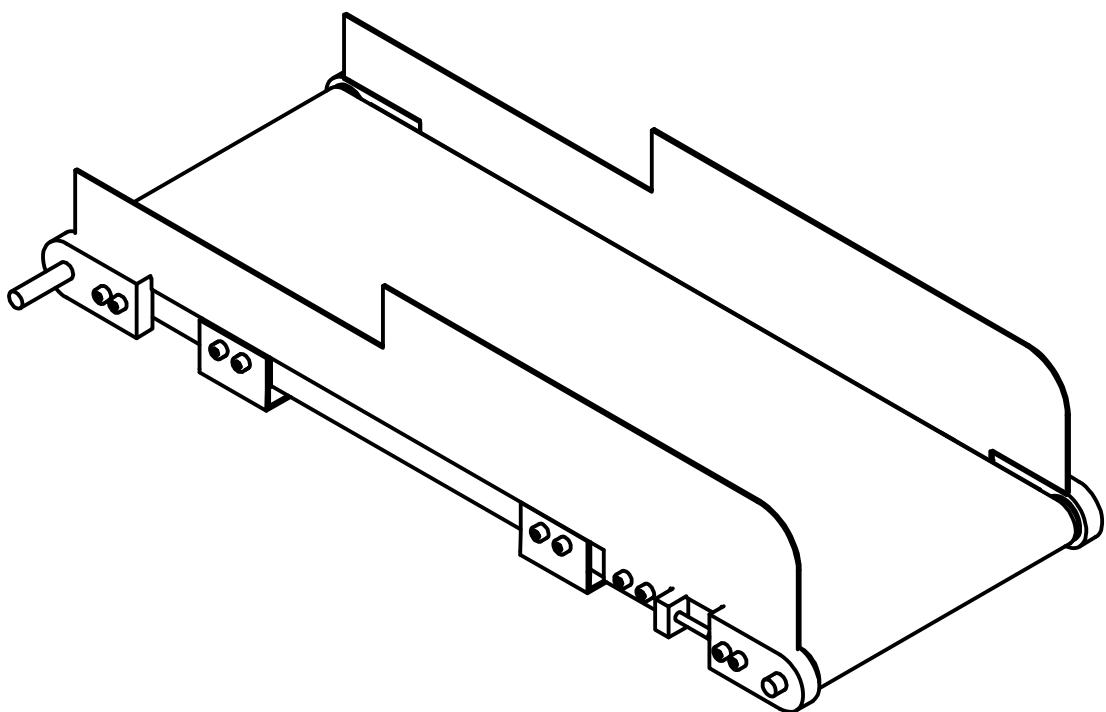
Dib. Rev. Apr.	Fecha	Nombre	Soporte para el cilindro neumático	 FACULTAD DE INGENIERIA <b>FICAM</b> Y CIENCIAS APLICADAS MECANICAS - ELECTRONICAS U.M.N.P.S.J.X.CN
		Murillo Torres		
	Escala 1:2			
ISO Toler. Rug.	Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso			Nro. de plano 16 de 29



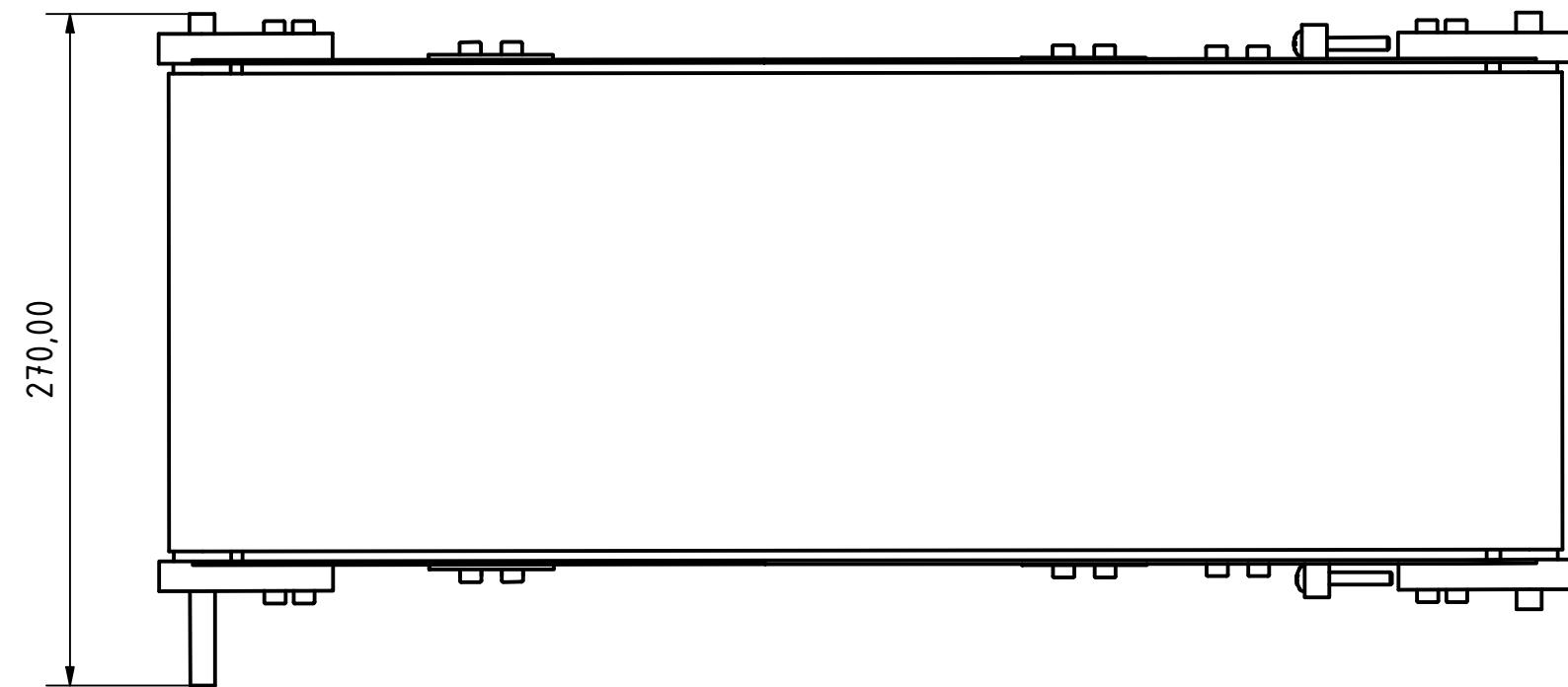
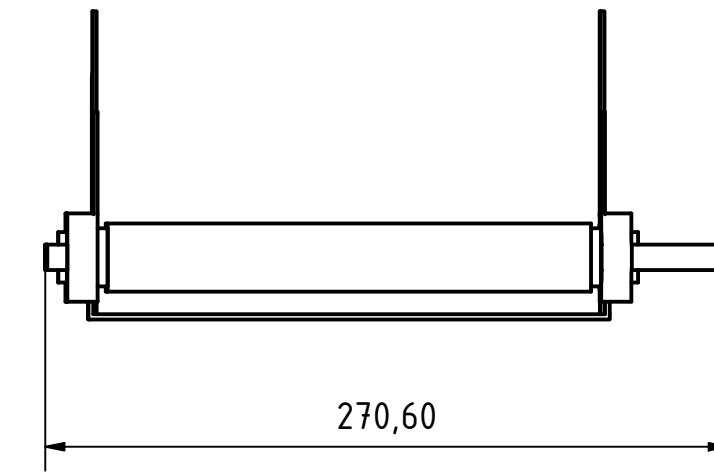
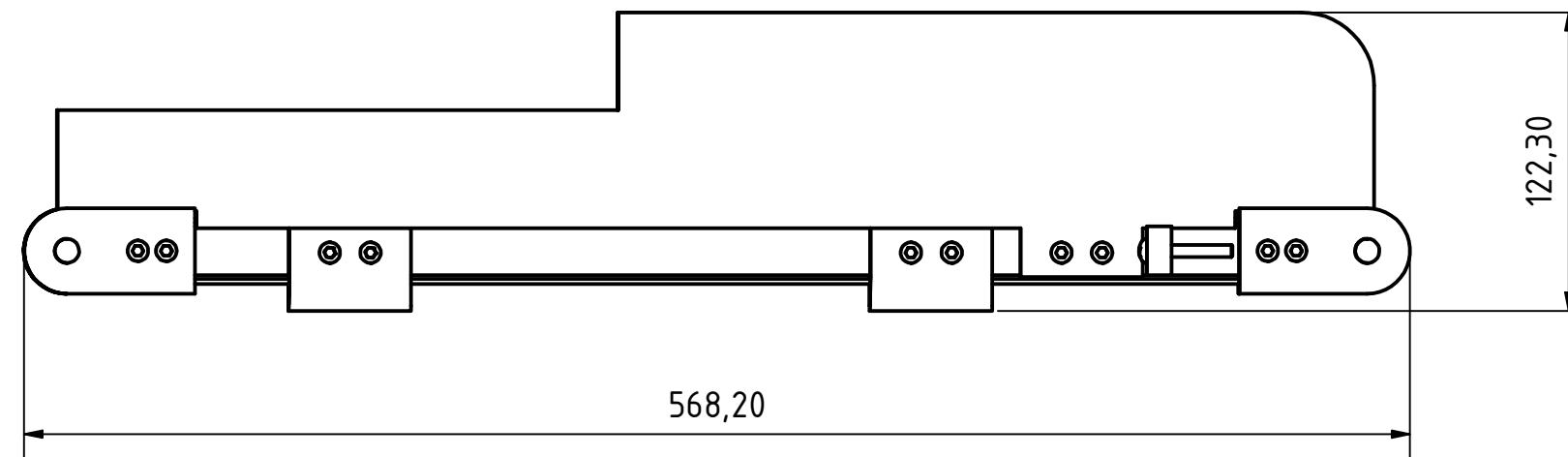
	Fecha	Nombre	Soporte para el motoreductor	 <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>Y CIENCIAS APLICADAS</b> <b>MECANICAS - ELECTRONICAS</b> <small>U.M.R.P.S.J.N.C.H</small>		
Dib.		Murillo Torres				
Rev.						
Apr.						
Escala 1:1						
 Toler. Rug.	<b>Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso</b>					
			Nro. de plano 17 de 29			

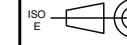


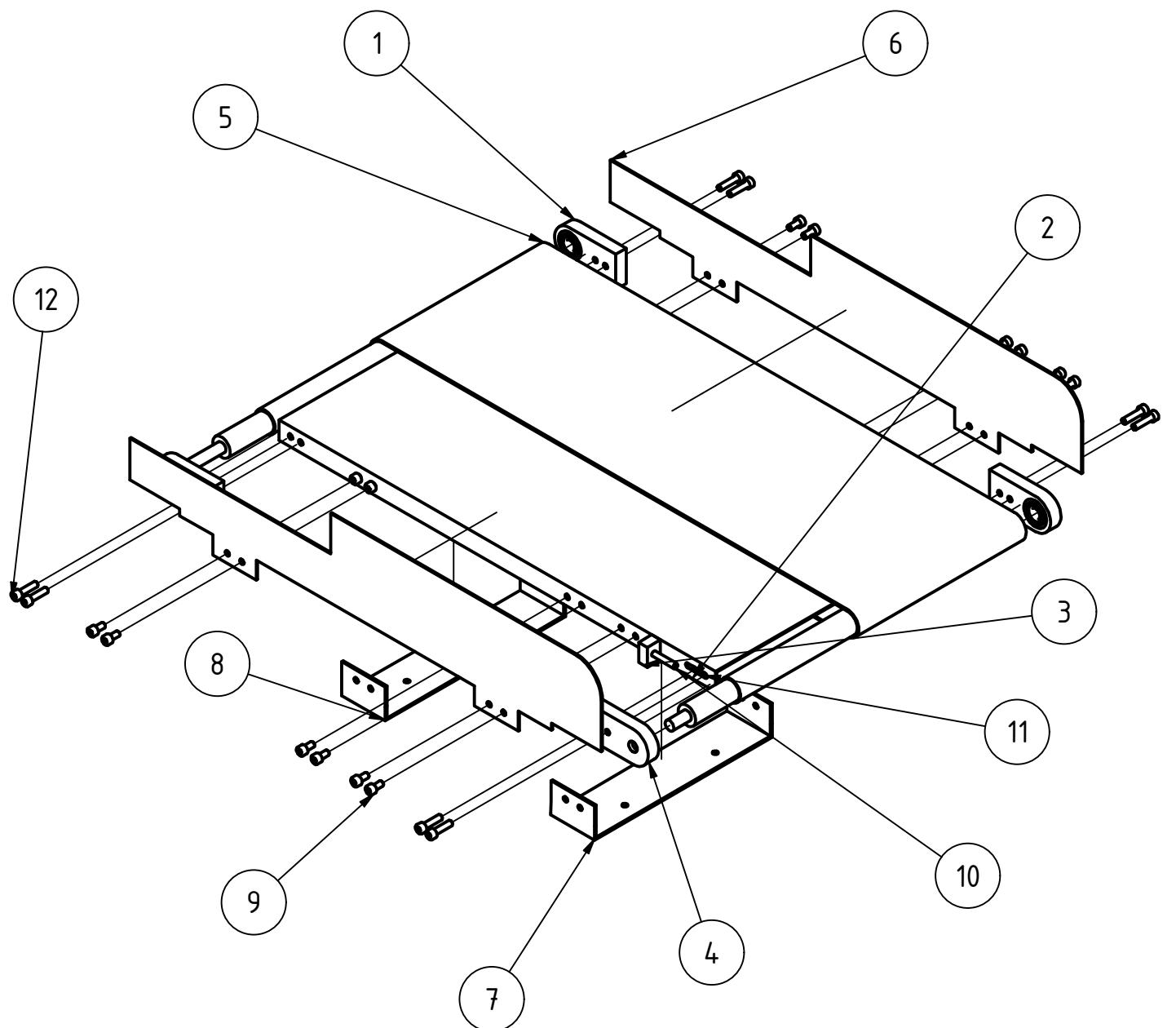
		Fecha	Nombre	Soporte para la tolva de despache	 FACULTAD DE INGENIERIA <b>FICAM</b> Y CIENCIAS APLICADAS MECÀ - ELECTRÒNICA U.M.R.P.S.I.X.CN		
Dib.		Murillo Torres					
Rev.							
Apr.							
Escala 1:4	<b>Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso</b>						
 Toler.							
Rug.			Nro. de plano 18 de 29				



Dib. Rev. Apr.	Fecha 29/03/24	Nombre Murillo Torres	Sistema de cinta transportadora	 <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS U.M.R.P.S.F.X.CH</b>
	Escala 1:4	ISO Toler. Rug.		
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso		Nro. de plano 19 de 29		



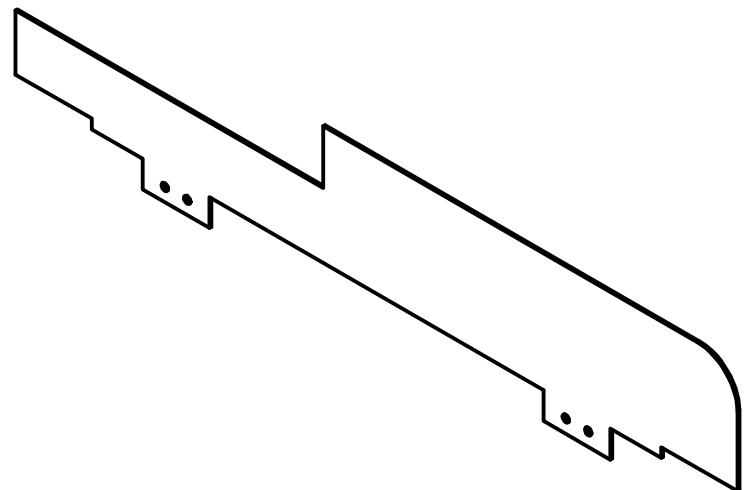
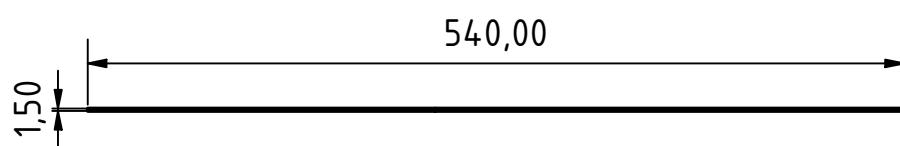
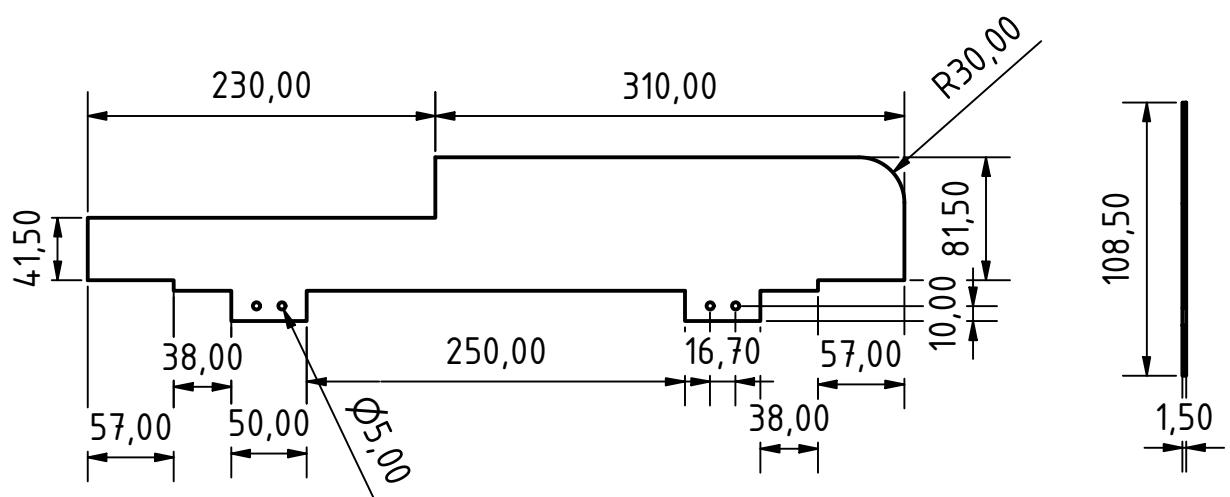
Dib.	Fecha	Nombre	Sistema de cinta transportadora	 <small>FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APlicadas MECA - ELECTRONICAS U.M.R.P.U.N.C.H</small>	
Rev.					
Apr.					
Escala 1:3 					
Toler.	Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso			Nro. de plano 20 de 29	
Rug.					

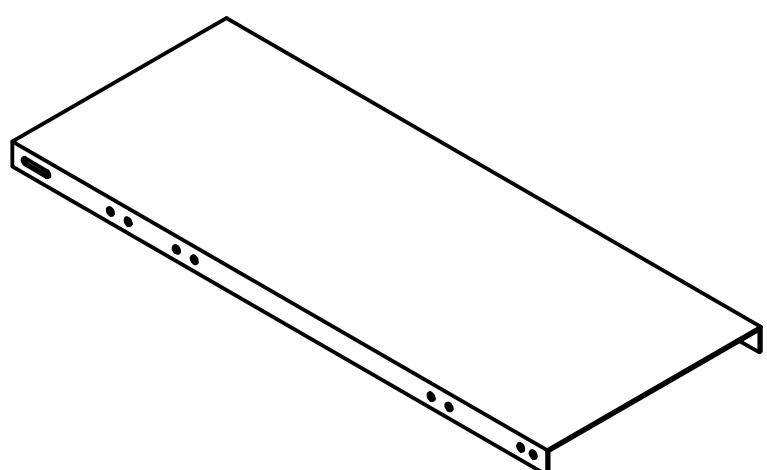
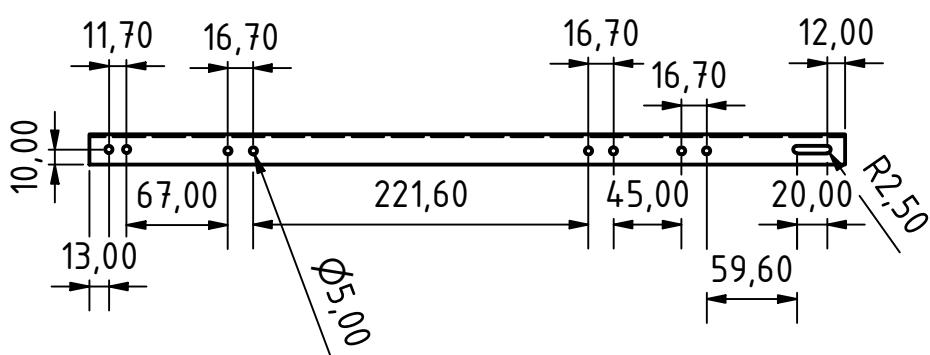
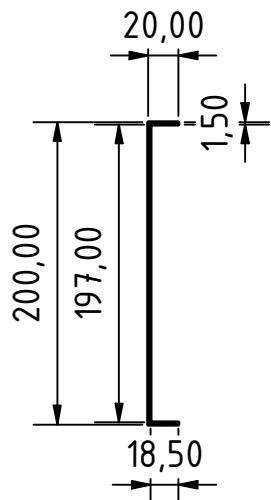
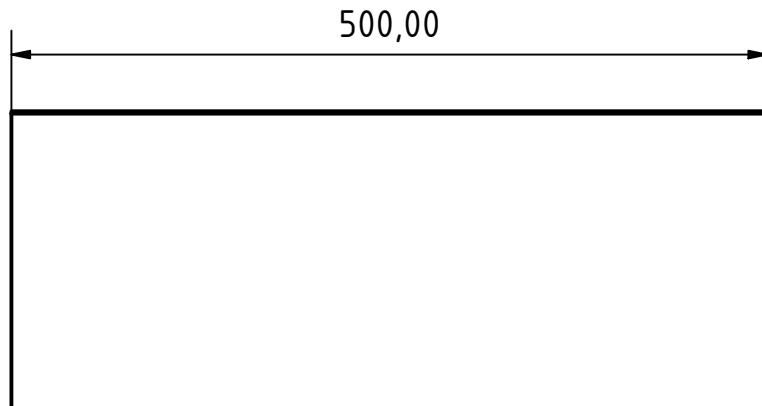


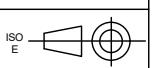
LISTA DE PIEZAS

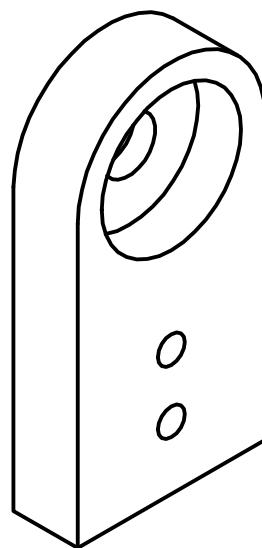
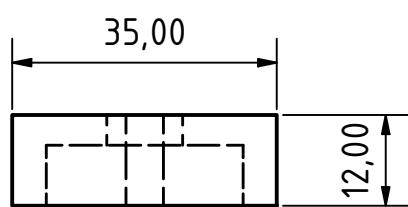
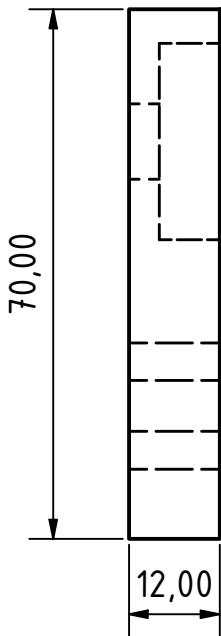
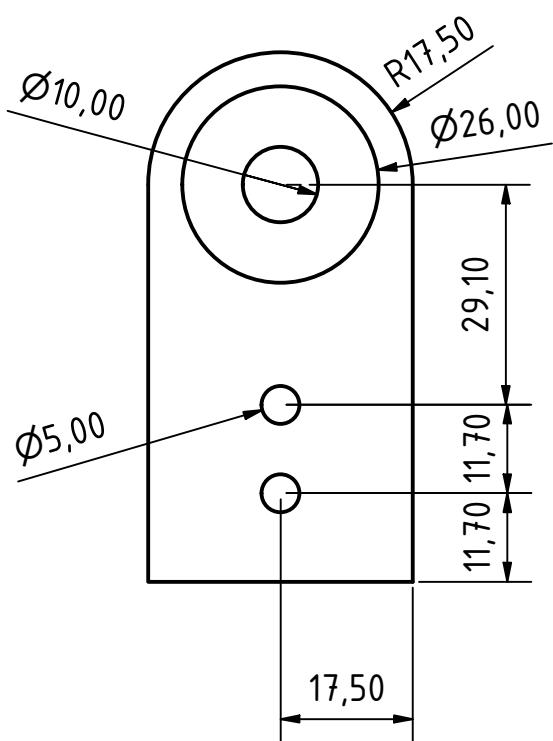
Nro. de Pieza	Cantidad	Elemento	Descripción
1	1	Conjunto pretina-rodillo motriz	Conjunto de la pretina, el rodamiento XXXX y el rodillo motriz
2	1	Plancha soporte de la banda transportadora	
3	2	Cubo tensor	
4	1	Conjunto pretina-rodillo conducido	Conjunto de la pretina, el rodamiento XXX y el rodillo conducido
5	1	Banda transportadora	
6	2	Borde de contención	
7	1	Soporte A del sistema	
8	1	Soporte B del sistema	
9	14	M5 x 10	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
10	2	M5 x 35(4)	Tornillos métricos para maquinaria ISO
11	20	M5(1)	Tornillos para maquinaria y tuercas de tornillos para maquinaria. Serie métrica
12	8	M5 x 20	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal

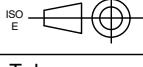
Dib.	Fecha	Nombre	Despiece del sistema de cinta transportadora	FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECANICA ELECTRONICA FICAM UNIVERSIDAD NACIONAL N.M.R.N.CN	
Rev.		Murillo Torres			
Apr.					
Escala	1:5				
ISO			Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso		
Toler.					
Rug.					
Nro. de plano 21 de 29					

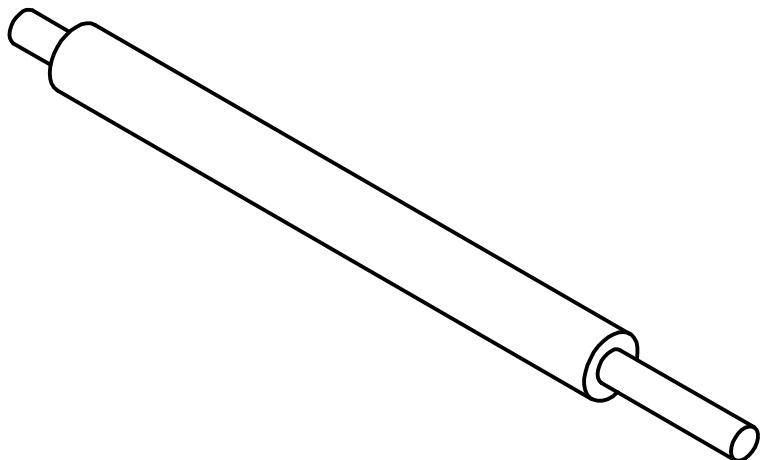
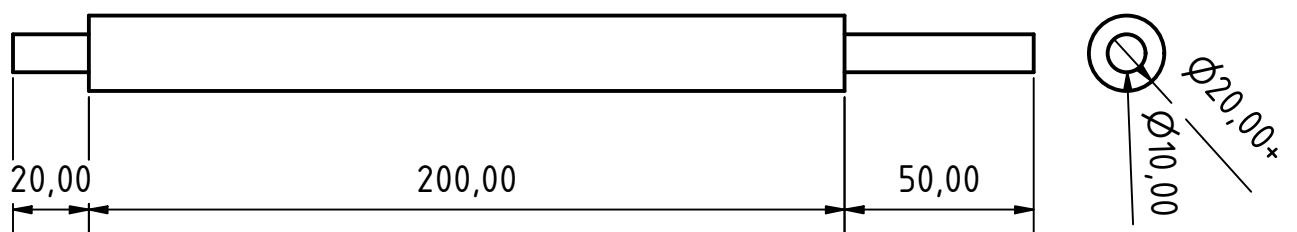


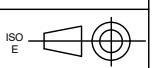


Dib. Rev. Apr.  Escala 1:5   Toler. Rug.	Fecha Nombre Murillo Torres  Plancha soporte para la banda trasportadora	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECANICA - ELECTRONICAS U.M.R.P.S.T.X.CH
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso		Nro. de plano 23 de 29

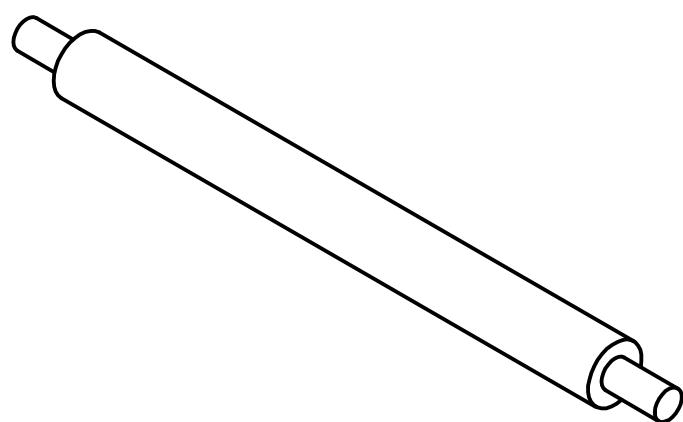
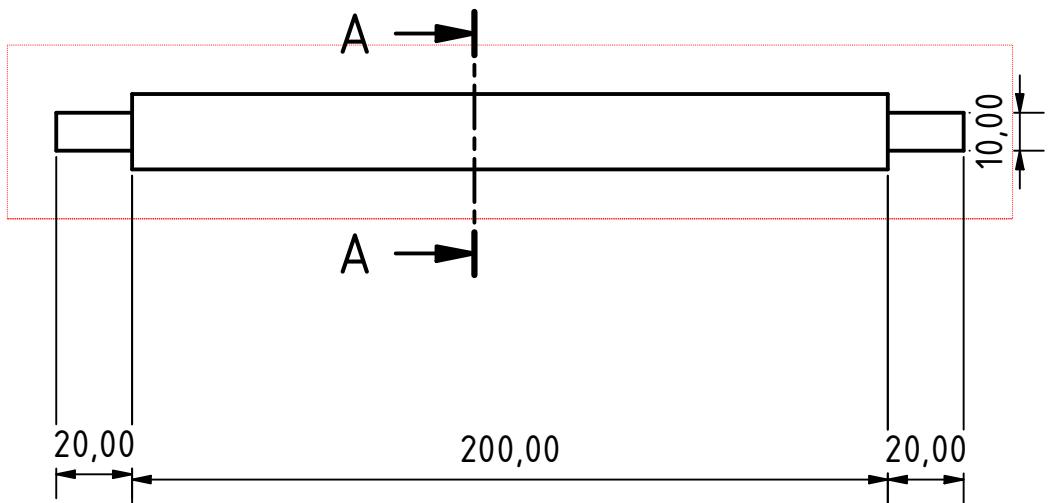


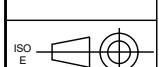
Dib.	Fecha	Nombre	Pretina para rodillos	 <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>Y CIENCIAS APLICADAS</b> <b>MCA - ELECTRONICAS</b> <b>U.M.R.P.S.Y.C.H</b>	
	Rev.	Murillo Torres			
	Apr.				
	Escala	1:1			
	ISO				
Toler.		<b>Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso</b>		Nro. de plano 24 de 29	
Rug.					

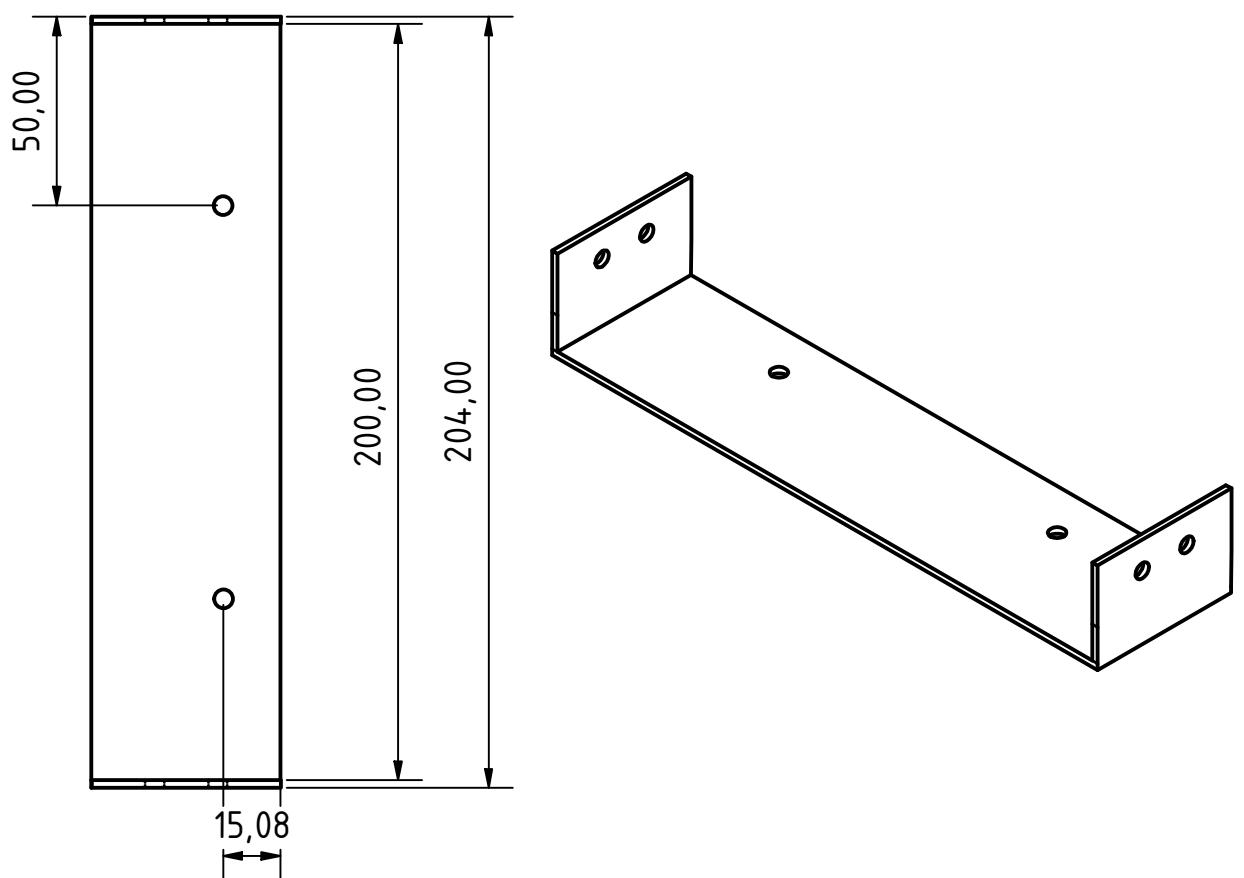
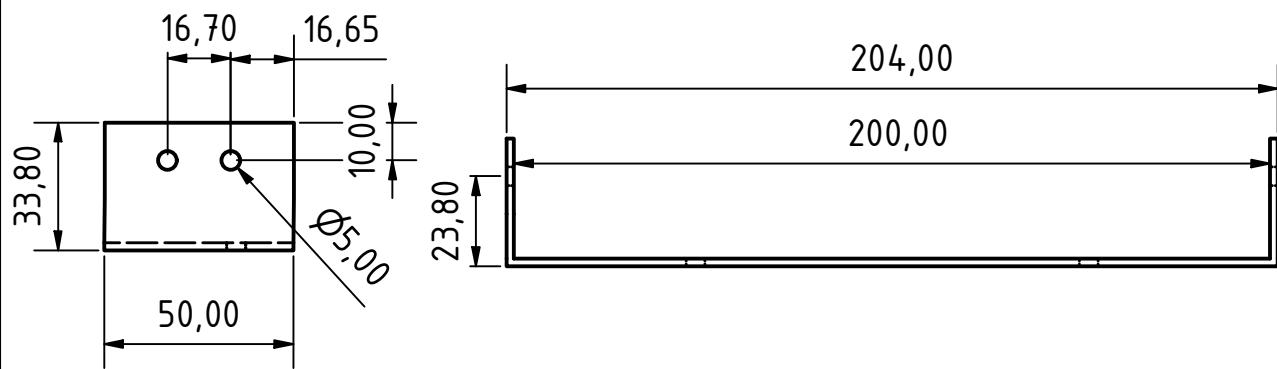


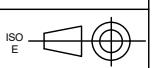
	Fecha	Nombre	Rodillo motriz	 <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICA</b>	
Dib.		Murillo Torres			
Rev.					
Apr.					
Escala 1:2					
 Toler. Rug.	<b>Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso</b>				
				Nro. de plano 25 de 29	

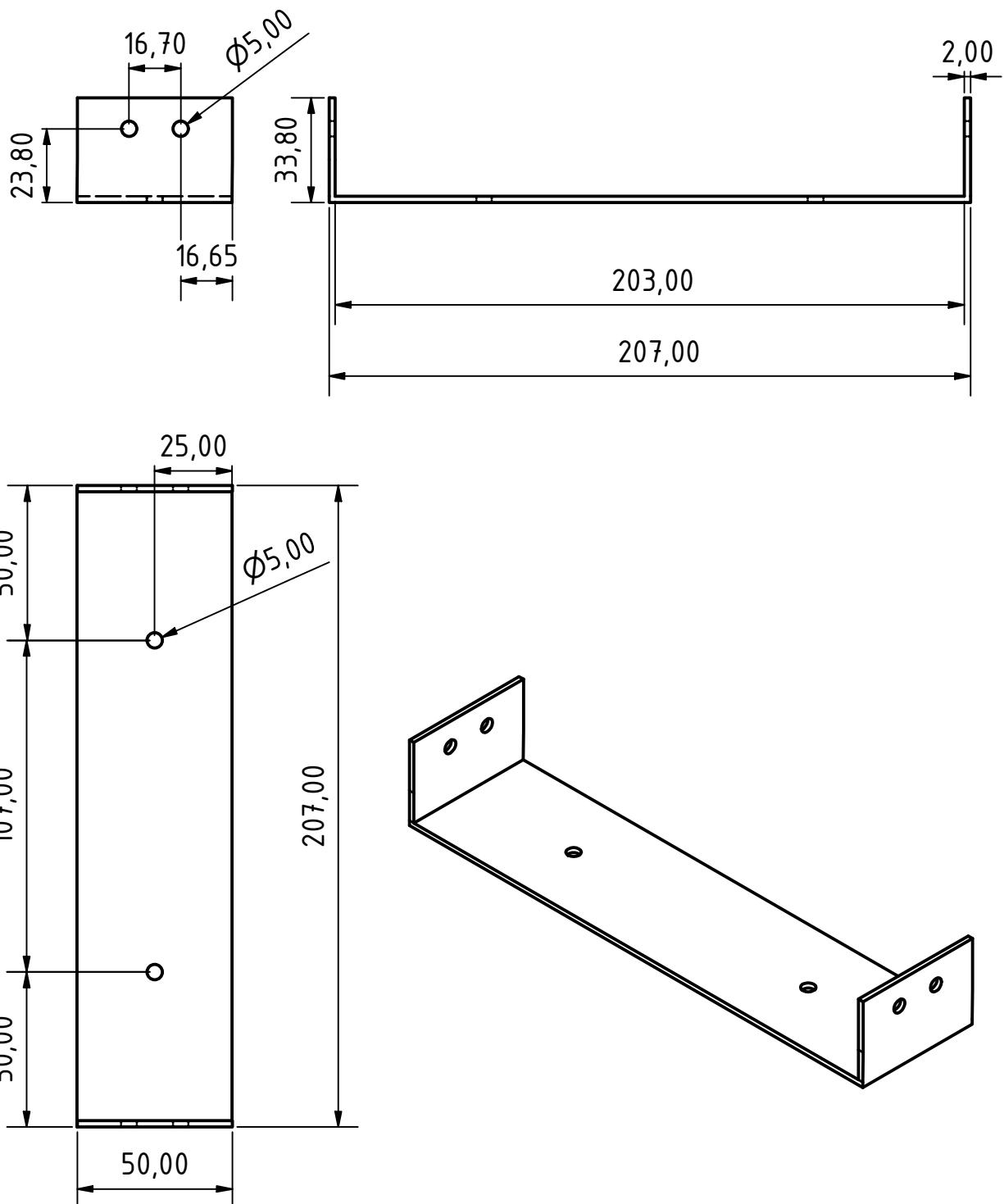
A-A ( 1 : 2 )



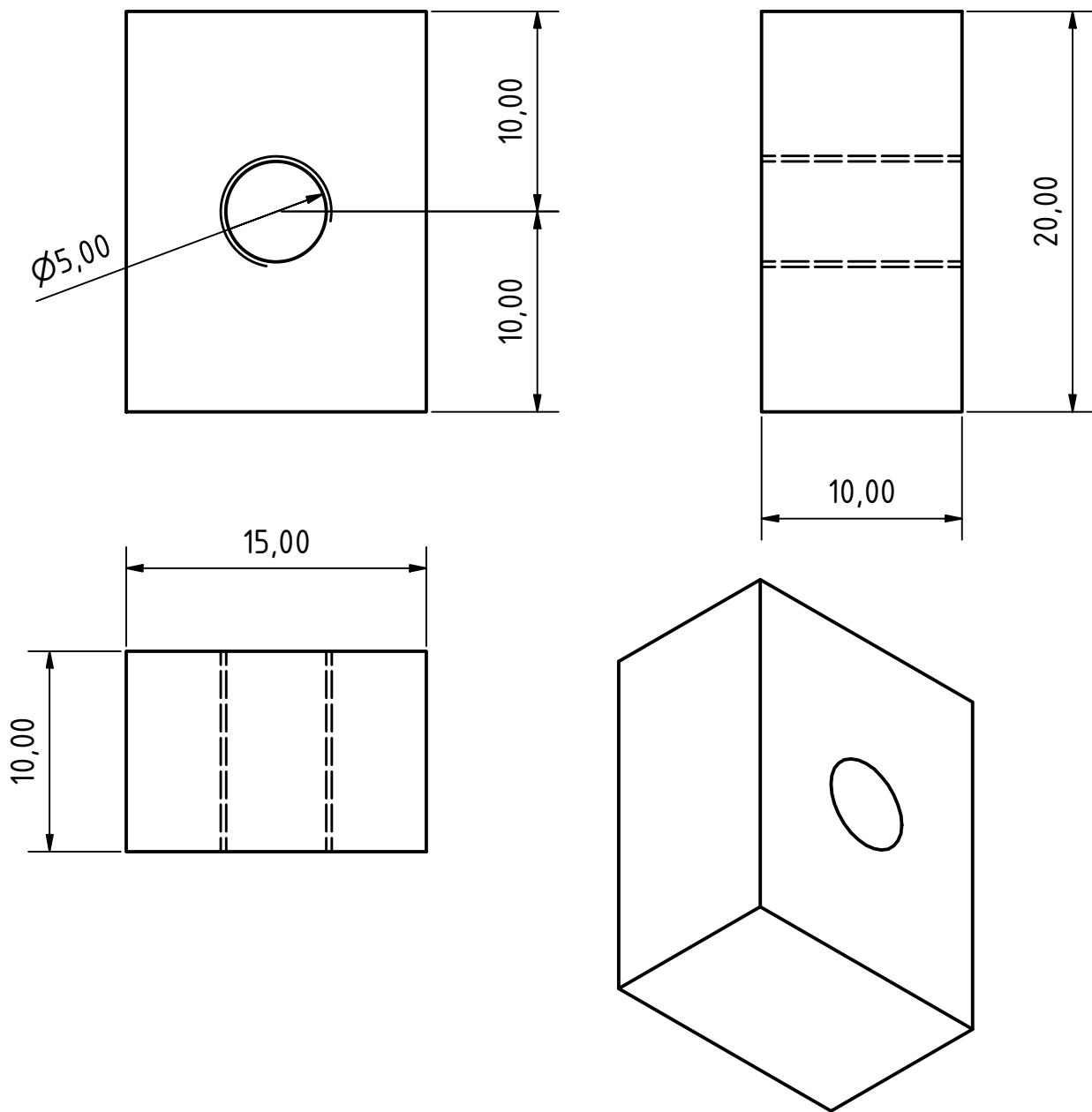
	Fecha	Nombre	Rodillo conducido	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MCA - ELECTRONICAS U.N.E.P.R.I.X.C.H	
	Dib.	Murillo Torres			
	Rev.				
	Apr.				
	Escala 1:2				
		Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso		Nro. de plano 26 de 29	
	Toler.				
	Rug.				

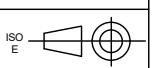
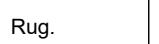


Dib.	Fecha	Nombre	Soporte A para cinta transportadora	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECANICA - ELECTRONICAS U.M.N.P.R.I.X.CH		
	Rev.	Murillo Torres				
	Apr.					
	Escala	1:2				
	ISO					
Toler.		Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso				
Rug.		Nro. de plano 27 de 29				



Dib. Rev. Apr.  Escala 1:2  ISO  Toler. Rug.	Fecha	Nombre	Soporte B para cinta transportadora	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECA - ELECTRONICAS M.M.P.R.Y.C.H
		Murillo Torres		
Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso		Nro. de plano 28 de 29		



	Fecha	Nombre	Cubo tensor	 FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS MECANICA - ELECTRONICAS U.M.N.P.S.I.X.CH	
Dib.		Murillo Torres			
Rev.					
Apr.					
Escala 3:1					
 Toler.	Sistema de dosificación de papas fritas basado en peso			Nro. de plano 29 de 29	
					

## Anexo C. Análisis económico

Para determinar el costo de fabricación del equipo, se necesita saber el coste de todos los materiales a utilizar. A continuación, se presenta una tabla con los costes de materia prima.

**Tabla C-1:** Costos de materia prima de la dosificadora

<b>COSTOS DE MATERIA PRIMA</b>			
Descripción del elemento	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Precio Total (Bs)
Banda transportadora 120 x 20 cm	1	96,9	96,9
Barra de aluminio D=22mm y 600 mm de largo	1	225	225
Cilindro neumático 16x25	1	300	300
Cilindro neumático 16x75	1	350	350
Electroválvula 3/2 12V	2	480	960
Filtro de aire	1	450	450
Motorreductor	1	245	245
Plancha de acero común AISI 1020 1000x500x2 mm	1	172,2	172,2
Plancha de acero inoxidable AISI 304 150 x 150 cm	1	1680	1680
Rácor Recto 1/4 in	8	18	144
Tubo de acero cuadrado ASTM A36 30x30x2 de 1 m	13	20,9	271,7
Unión T 1/4 in	1	18	18
Costos de componentes electrónicos	1	370	370
<b>Total (Bs)</b>			<b>5282,8</b>

**Fuente:** Cotizaciones varias realizadas en la ciudad de Sucre

Una vez realizada la cotización de los materiales, se debe conocer el costo de mano de obra para la maquinación de los elementos del equipo.

**Tabla C-2:** Costos de mano de obra

<b>COSTOS DE MANO DE OBRA DIRECTA</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Tipo de mecanizado</b>	<b>Costo Hora-Hombre (Bs)</b>	<b>Tiempo Activo (Hrs.)</b>	<b>Costo Total (Bs)</b>
Estructura	Corte Soldadura Taladrado	11,538	12	138,462
Tolva de carga	Corte Plegado Soldadura Taladrado	11,538	6	69,231
Tolva de pesaje	Corte Plegado Soldadura Taladrado	11,538	2	23,077
Tolva de despache	Corte Plegado Soldadura	11,538	1,5	17,308
Soportes para el sistema de cinta transportadora, cilindros y tolva de despache	Corte Soldadura Taladrado	11,538	1,5	17,308
Sistema de cinta transportadora	Corte Plegado Taladrado Soldadura	11,538	16	184,615
Rodillos	Corte Torneado	11,538	2	23,077
<b>Total (Bs)</b>				<b>473,077</b>

**Fuente:** Cotizaciones realizadas en la ciudad de Sucre

Finalmente, se pueden considerar los gastos indirectos asociados tanto a materiales como a mano de obra.

**Tabla C-3:** Costos indirectos

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo total (Bs)</b>
Materiales indirectos (5% de la materia prima)	264,14
Mano de obra indirecta (15% de los costos de mano de obra directa)	70,962
<b>Total (Bs)</b>	<b>335,102</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El costo total aproximado de la máquina se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla C-4:** Costo total del equipo

<b>COSTO TOTAL DEL EQUIPO</b>	
Costo total de mano de obra	473,077
Costos de materia prima	5282,8
Costos indirectos	335,102
<b>Total (Bs)</b>	<b>6090,978</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El precio de máquinas similares en el extranjero oscila entre los 50000 Bs aproximadamente, según la empresa INDURPACK.



*Industria uruguaya de packing*

## Envasadoras Automáticas

### Cotización proforma N 23490

San José 29 de mayo de 2024

Sra. Delina Murillo Torres

Atento a lo solicitado les envío la siguiente cotización para ser evaluada por usted, por una dosificadora automática de 1 balanza digital para granos, semillas, golosinas, granola, y todo tipo de productos secos de partículas regulares etc.

- Estructura de la dosificadora fabricada totalmente en acero inoxidable con terminación sanitaria.
- Capacidad para pesar y dosificar desde 1 gr. hasta 3000 gr. precisión 1% o de 1 hasta 4 partículas.
- Panel de control electrónico con teclado touch-screen con terminal HMI para seteo y programación de la balanza.
- Posibilidad de guardar en la memoria de la pantalla hasta 10 recetas o programas para diferentes productos.
- Control a través de la pantalla de los promedios de pesadas y velocidad de producción.
- Control de las funciones de la balanza por PLC.
- Tolva de producto de acero inoxidable, con capacidad para 50 Kg.
- Fácil desarmado sin herramientas para lavado y limpieza de toda la máquina.
- Accionamiento de dosificación mediante pedal.
- Velocidad promedio de producción con este equipo 10 a 14 bolsas por minuto.
- Tensión de trabajo 220 volts/0,8 kW.
- Aire comprimido a 4 bar- 5 L/minuto. (para algunos productos no es necesario su uso)

**Precio del dosificador de 1 balanza es de.....u\$s 7,950. - dólares más IVA.**

#### **OPCIONAL:**

**Base estructura para la dosificadora** fabricada en acero inoxidable caños de 40 x40 mm con patas regulables y antideslizantes .....u\$s 750.- dólares más IVA.

Plazo de entrega: 120 días.

Forma de pago: 50% del total, de entrega al encargar el **equipo y el saldo se paga antes de embarcar la maquina en el taller de INDURPACK** previas pruebas de aprobación por parte de técnicos u operarios del cliente, o el cliente mismo debiendo este inspeccionar y revisar todas las funciones de la maquinaria cotizadas y aceptadas anteriormente.

Los gastos de instalación en la planta y capacitación del operario de la máquina ya están incluidos en el precio.

**El flete de traslado de la máquina deberá ser cubierto por el cliente.**

## **Garantía de la máquina total por 2 años.**

Sin otro particular les saluda atte.

JORGE GALARETTO.



---

Ruta 1 Km. 75 - Rafael Peraza - San José - Uruguay - Telf. (00598) 4346 2203 E-  
mail: [info@indurpack.com](mailto:info@indurpack.com) whatsapp: 092341555 web site: [www.indurpack.com](http://www.indurpack.com)



*Industria uruguaya de packing*

## Envasadoras Automáticas

### Cotización proforma N

**23489**

San José 29 de mayo de 202

Sr. Delina Murillo Torres

Atento a lo solicitado le envío la siguiente cotización para ser evaluada por usted por unadosificadora automática de 1 balanza digital, para granos, snacks, etc.

- Estructura de la dosificadora fabricada totalmente en acero inoxidable con terminación sanitaria.
- Capacidad para pesar y dosificar desde 3 gr. hasta 3000 gr. Precisión 1% o de 1 hasta 4 partículas.
- Sistema de dosificación mediante 3 velocidades de vibración y doble canal vibratorio alimentador a la balanza, (Sistema específico para snacks o productos de formas irregulares).
- Panel de control electrónico con teclado touch-screen con terminal HMI para seteo y programación de la balanza.
- Posibilidad de guardar en la memoria de la pantalla hasta 10 recetas o programas para diferentes productos.
- Control a través de la pantalla de los promedios de pesadas y velocidad de producción.
- Control de las funciones de la balanza por PLC.
- Tolva de producto de acero inoxidable, con capacidad para 50 Kg.
- Fácil desarmado sin herramientas para lavado y limpieza de toda la máquina.
- Accionamiento de dosificación mediante pedal.
- Velocidad promedio de producción con este equipo 10 a 14 bolsas por minuto.
- Tensión de trabajo 220 volt monofásica 0.8kw.
- Aire comprimido a 5 bares 1,4L/min.
- Peso de la máquina 80kgr.

**Precio del dosificador de 1 balanza .....** u\$S 8,950. - dólares más IVA.

**OPCIONAL:**

**Base estructura para la dosificadora** fabricada en acero inoxidable caños de 40 x40 mm con patas regulables y antideslizantes .....u\$s 750.- dólares más IVA.

Plazo de entrega: 120 días.

Forma de pago: 50% del total, de entrega al encargar el **equipo y el saldo se paga antes de embarcar la maquina en el taller de INDURPACK** previas pruebas de aprobación por parte de técnicos u operarios del cliente, o el cliente mismo debiendo este inspeccionar y revisar todas las funciones de la maquinaria cotizadas y aceptadas anteriormente.

Los gastos de instalación en la planta y capacitación del operario de la máquina ya están incluidos en el precio.

**El flete de traslado de la máquina deberá ser cubierto por el cliente.**

## **Garantía de la máquina total por 2 años.**

Sin otro particular les saluda

atte. JORGE GALARETTO.

INDURPACK S.R.L.



---

Ruta 1 Km. 75 -  
(00598) 346 2203

Rafael Peraza -

San José – Uruguay -

Telf.

E-mail: [info@indurpack.com](mailto:info@indurpack.com)  
[www.indurpack.com](http://www.indurpack.com)

web

site:

#### **Anexo D. Programa para la interface usuario maquina en Arduino UNO R3.**

```
//PROGRAMA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE LA DOSIFICADORA
//DELINA MURILLO TORRES
#include "HX711.h" // INCLUYE LA LIBRERIA DEL MÓDULO PARA LA
BALANZA
#include <Wire.h> //SINCERAMENTE NO SE PORQUE TIENE ESTO
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //INCLUYE LA LIBRERIA PARA EL
CONTROL DE LA PANTALLA LCD 20X4 MEDIANTE PROTOCOLO I2C
#include <EEPROM.h> //LIBRERIA PARA EL ALAMACENAMIENTO DE
VARIABLES EN LA MEMORIA EEPROM DEL ARDUINO
//Define las variables globales

bool estadopul1 =true; //
bool estadopulant1 =false; //
bool estadopul2 =true; //
bool estadopulant2 =false; //

bool estadopul3 =true; // DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN ANTIREBOTE PARA
TODOS LOS PULSADORES MENOS PARA EL "MODO" Y "TARA"
bool estadopulant3 =false; //

bool estadopul4 =true; //
bool estadopulant4 =false; //

bool estadopul5 =true; //
bool estadopulant5 =false; //

#define UNIDAD 2 //SE DEFINEN LOS PINES QUE SE USARAN PARA LOS
PULSADORES
#define DECENA 3
#define CENTENA 4
#define RESET 5
#define OK 6
#define RELEMC 11
#define RELEC1 12
#define RELEC2 13

int unidades = 0; //SE CREAN LAS VARIABLES DE TIPO ENTERO PARA
REPRESENTAN LAS CANTIDADES, INICIAN EN 0
int decenas = 0;
int centenas = 0;
int pesoTotal = 0;
```

```

byte DT=10;
byte CLK=9;
byte modo = 7;
byte tara = 8;
int peso_conocido[4] = {100,300,3000,5000};
long escala;

// SE CREA EL OBJETO LCD PARA LA PANTALLA 20X4 CON 0X27 DE
// DIRECCIPIN HEXADECIMAL

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

// SE CREA EL OBJETO PARA EL MANEJO DE LA BALANZA

HX711 balanza;

void anti_debounce(byte boton){
    delay(100);
    while(digitalRead(boton)); //ANTI REBOTE PARA LOS BOTONES DE
    MODO Y TARA
    delay(100);
}

//FUNCIÓN PARA LA CALIBRACIÓN Y AJUSTE DE LA BALANZA
void calibration(){

    int i = 0,cal=1;
    long adc_lecture;

    // MENSAJES DE CALIBRACIÓN EN LA PARTE SUPERIOR DE LA
    // PANTALLA LCD

    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("Calibracion de");
    lcd.setCursor(4, 1);
    lcd.print("Balanza");
    delay(1500);
    balanza.read();
    balanza.set_scale(); //LA ESCALA POR DEFECTO ES 1
    balanza.tare(20); //EL PESO ACTUAL ES CONSIDERADO TARA
    lcd.clear();

    //INICIA EL PROCESO DE AJUSTE Y CALIBRACIÓN MEDIANTE EL USO DE
    UN PESO CONOCIDO

    while(cal == 1){

```

```

Lcd.setCursor(1, 0);
Lcd.print("Peso Conocido:");
Lcd.setCursor(1, 1);
Lcd.print(peso_conocido[i]);
Lcd.print(" g      ");
//BUSCA EL PESO CONOCIDO CON EL PULSADOR TARA

if(digitalRead(tara)){
  anti_debounce(tara);
  i =(i>2) ? 0:i+1; //IF-ELSE EN UNA LINEA
}
//SELECCIONA EL PESO CONOCIDO CON EL PULSADOR MODO

if(digitalRead(modo)){
  Lcd.clear();
  Lcd.setCursor(1, 0);
  Lcd.print("Ponga el Peso");
  Lcd.setCursor(1, 1);
  Lcd.print("y espere ...");
  delay(2000);
  //LEE EL VALOR DEL HX711

  adc_lecture = balanza.get_value(100);
  //CALCULA LA ESCALA CON EL VALOR LEIDO DIVIDIDO ENTRE EL
  PESO CONOCIDO

  escala = adc_lecture / peso_conocido[i];
  //GUARDA LA ESCALA EN LA EEPROM

  EEPROM.put( 0, escala );
  delay(100);
  cal = 0;
  Lcd.clear();
}
}
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////

void setup() {
// DEFINICIÓN DE LOS PINES

pinMode(2, INPUT); // PULSADOR UNIDAD
pinMode(3, INPUT); // PULSADOR DECENA
pinMode(4, INPUT); // PULSADOR CENTENA
pinMode(5, INPUT); //PULSADOR RESET

```

```

pinMode(6, INPUT); // PULSADOR OK
pinMode(modo, INPUT);
pinMode(tara, INPUT);
pinMode(11, OUTPUT);
pinMode(12, OUTPUT);
pinMode(13, OUTPUT);

//CINFIGURA LA BALANZA
balanza.begin(DT, CLK);
// INICIALIZA LA PANTALLA LCD
lcd.init();
lcd.backlight();
EEPROM.get( 0, escala ); //LLE EL VALOR DE LA ESCALA EN LA
EEPROM
if(digitalRead(modo) && digitalRead(tara)) //PREGUNTA SI SE DESEA
ENTRAR EN LA CALIBRACION

lcd.setCursor(1, 0);
lcd.print("Retire el Peso");
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print("y Espere");
delay(2000);
balanza.set_scale(escala); // ESTABLECE LA ESCALA
balanza.tare(20);
lcd.clear();
lcd.setCursor(1, 0);
lcd.print("Listo.... ");
delay(1000);
lcd.clear();
}

```

//El programa está basado en el uso de condicionales que se activan al pulsar los botones, en esencia todos los botones funcionan de la misma manera  
//Al presionar se envía un pulso positivo al arduino, luego al dejar de presionar se envía un pulso negativo, al finalizar este es que se entra en el condicional principal,  
//que eleva el valor de la variable e 1 según corresponda al botón (ya sea unidades, decenas, etc) y lo imprime en la pantalla.  
//Cuando el valor llega a 9 se reinicia el conteo a 0

```
void loop() {
```

```
estadopul1 = digitalRead(UNIDAD); // SE DEFINEN LAS FUNCIONES
ANTIREBOTE PARA CADA PULSADOR COMO LECTURA DIGITAL
estadopul2 = digitalRead(DECENA);
estadopul3 = digitalRead(CENTENA);
```

```

estadopul4 = digitalRead(RESET);
estadopul5 = digitalRead(OK);

float peso;

peso = balanza.get_units(10);

//Muestra el resultado

//delay(5); POR SI EL DELAY DE 100 DE ABAJP NO FUNCIONA A LA
VERGA

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Peso medido: ");
lcd.print(peso,0);
lcd.print(" g      ");
delay(100);

//ANTIREBOTE DEL TARADO

if(digitalRead(tara)){
  anti_debounce(tara);
  balanza.tare(10);
}

if(estadopul1 == true and estadopulant1 == false)//DETECTA FLANCO DE
BAJADA
{
  if(unidades<9){

    unidades++;
    lcd.setCursor(15, 2);
    lcd.print(unidades);
    delay(100);
  }
  else{

    unidades=0;

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(15, 2);
    lcd.print(0);
    lcd.setCursor(11, 2);
    lcd.print(decenas);
    lcd.setCursor(7, 2);
  }
}

```

```

lcd.print(centenas);

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Peso medido: ");
lcd.print("0000");
lcd.print(" g");
delay(100);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Peso a medir: ");
lcd.print(pesoTotal);
lcd.print(" g");
delay(100);

lcd.setCursor(15,3);
lcd.print("U");
lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("D");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("C");

}
}
estadopulant1=estadopul1;

if(estadopul2 == true and estadopulant2 == false)
{
    if(decenas<9){

        decenas++;
        lcd.setCursor(11, 2);
        lcd.print(decenas);
        delay(100);
    }

    else{

        decenas=0;

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(15, 2);
        lcd.print(unidades);
        lcd.setCursor(11, 2);
        lcd.print(0);
        lcd.setCursor(7, 2);
    }
}

```

```

lcd.print(centenas);

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Peso medido: ");
lcd.print("0000");
lcd.print(" g");
delay(100);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Peso a medir: ");
lcd.print(pesoTotal);
lcd.print(" g");
delay(100);

lcd.setCursor(15,3);
lcd.print("U");
lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("D");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("C");

}
}
estadopulant2=estadopul2;

if(estadopul3 == true and estadopulant3 == false)
{
    if(centenas<9){

        centenas++;

        lcd.setCursor(7, 2);
        lcd.print(centenas);
        delay(100);
    }

    else{

        centenas=0;

        lcd.clear();
        lcd.setCursor(15, 2);
        lcd.print(unidades);
        lcd.setCursor(11, 2);
        lcd.print(decenas);
    }
}

```

```

lcd.setCursor(7, 2);
lcd.print(0);

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Peso medido: ");
lcd.print("0000");
lcd.print(" g");
delay(100);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Peso a medir: ");
lcd.print(pesoTotal);
lcd.print(" g");
delay(100);

lcd.setCursor(15,3);
lcd.print("U");
lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("D");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("C");
;

}
estadopulant3=estadopul3;

if(estadopul4 == true and estadopulant4 == false)
{
    unidades = 0;
    decenas = 0;
    centenas = 0;
    pesoTotal = 0;

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(15, 2);
    lcd.print(unidades);
    lcd.setCursor(11, 2);
    lcd.print(decenas);
    lcd.setCursor(7, 2);
    lcd.print(centenas);

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Peso medido: ");
    lcd.print("0000");
}

```

```
lcd.print(" g");
delay(100);

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Peso a medir: ");
lcd.print(pesoTotal);
lcd.print(" g");
delay(100);

lcd.setCursor(15,3);
lcd.print("U");
lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("D");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("C");

}

estadopulant4=estadopul4;

if(estadopul5 == true and estadopulant5 == false)
{
    pesoTotal=((unidades*1)+(decenas*10)+(centenas*100));

    delay(100);

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(15, 2);
    lcd.print(unidades);
    lcd.setCursor(11, 2);
    lcd.print(decenas);
    lcd.setCursor(7, 2);
    lcd.print(centenas);

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Peso medido: ");
    lcd.print("0000");
    lcd.print(" g");
    delay(100);

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Peso a medir: ");
    lcd.print(pesoTotal);
    lcd.print(" g");
    delay(100);
```

```
lcd.setCursor(15,3);
lcd.print("U");
lcd.setCursor(11,3);
lcd.print("D");
lcd.setCursor(7,3);
lcd.print("C");

}

estadopulant5=estadopul5;

// COMPARACIÓN DE PESOS PARA LA ACTIVACION DE ACTUADORES

if(pesoTotal<=peso){  //

digitalWrite(RELEMC, HIGH);
digitalWrite(RELEC1, HIGH);
digitalWrite(RELEC2, LOW);
delay(5000);

}

if(pesoTotal>peso){

digitalWrite(RELEMC, LOW);
digitalWrite(RELEC1, LOW);
digitalWrite(RELEC2, HIGH);
delay(50);

}

}
```