

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR- JOSE MIGUEL CARRERA**

**DISEÑO DE MÁQUINA PARA CORTAR CAMELOS DE ACUERDO A  
REQUERIMIENTO DE FABRICA CONFITES FORNO.**

Trabajo de titulación para optar al Título de  
INGENIERÍA EN FABRICACIÓN Y  
DISEÑO INDUSTRIAL con Licenciatura en  
Ingeniería en Fabricación y Diseño  
Industrial.

Alumna:

Francesca Andrea Macchiavello Wistuba

Profesor guía:

Mario González Carvallo

## **RESUMEN TECNICO**

**KEYWORDS: Diseño industrial, modelación 3d, máquina, tecnologías de corte.**

El presente trabajo de título aborda el diseño y desarrollo de una máquina innovadora destinada a cortar caramelos de forma precisa y uniforme. La necesidad surge a partir de la ineficacia de la máquina preexistente en la empresa solicitante Confites Forno Spa, la cual generaba caramelos con tamaños irregulares, afectando la calidad del producto final.

Este trabajo de título consta de tres capítulos, el primer capítulo son los antecedentes generales y documentación que hace referencia al Diagnóstico del proyecto, Metodología, Análisis estratégico causa, problema y consecuencia (CPC), búsqueda de información sobre tecnologías de corte y ergonomía, etc.

En el segundo capítulo se describe el diseño técnico y la elección de elementos para crear el prototipo. Incluye un análisis técnico del procedimiento de corte de caramelos, la producción de un prototipo operativo, y la explicación del sistema electrónico y mecánico. También se sugiere el uso de materiales como acero inoxidable y se presenta la selección componentes.

En el tercer capítulo se analizan los gastos relacionados con el diseño, prototipo y producción de la máquina. Esto implica los costos de materiales, partes electrónicas, métodos de fabricación y horas de trabajo. Obteniendo así el costo total calculado para hacer la máquina completa, incluyendo materiales, diseño y ensamblaje.

## **ABSTRACT.**

The design of a machine for cutting uniform-sized candies is a critical need for Confites Forno, which faced significant challenges with its previous equipment, including non-compliance with sanitary and safety regulations, faulty electrical components, and inconsistency in candy size. This thesis addresses these issues by designing a new candy-cutting machine that meets all necessary sanitary and safety regulations, incorporates reliable electrical components, and ensures uniformity in candy size. The design process begins with a comprehensive analysis of current regulations, followed by initial sketches and detailed development using 3D modeling software, specifically Fusion 360. In Fusion 360, a virtual mockup of the machine is created for precise visualization and testing before physical prototyping, allowing for the identification and resolution of potential issues. Key design considerations include ergonomic features for operator comfort and efficiency, as well as advanced cutting technology to achieve uniform candy size. The final design aims to significantly improve the consistency of candy sizes, ensuring each piece meets Confites Forno's high-quality standards. The results demonstrate a notable improvement in the consistency and quality of the produced candies, with the new machine adhering to industry standards for safety and sanitation, thereby enhancing overall production efficiency and product quality for Confites Forno. This new machine design not only resolves existing problems but also sets a benchmark for future developments in the confectionery industry.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN TECNICO</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN</b>	<b>2</b>
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.1.1. Objetivo General.	3
1.1.2. Objetivo Específico.	3
1.1.3. Contexto De Desarrollo.	3
1.1.4. Datos Técnicos Entregados Por El Mandante.	9
1.1.5. Impacto Relacionado Con El Proyecto.	11
1.1.6. Análisis Foda.	13
1.1.7. Análisis estratégico causa, problema y consecuencia (Cpc).	14
1.2. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA	14
1.2.1. Definición de situación sin proyecto.	14
1.2.2. Definición de situación con proyecto:	17
1.2.3. Metodología Bruno Munari.	19
1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO	20
1.3.1. Normas internacionales	20
<b>CAPÍTULO 2: INGENIERÍA CONCEPTUAL</b>	<b>22</b>
2.1. ESTUDIO TÉCNICO	23
2.1.1. Descripción y selección del proceso.	23
2.2. PROTOTIPO	24
2.2.1. Proceso fabricación prototipo	24
2.3.1. Elección de componentes	31
2.3.2. Render	37
2.3.3 Planimetría	38
<b>CAPÍTULO 3: COSTOS</b>	<b>43</b>
3.1. COSTOS PROTOTIPO	44
3.1.1 Costos Electrónicos Prototipo	44
3.1.2 Costos materiales carcasa y sistema mecánico.	45
3.2 COSTOS MÁQUINA	46

3.2.1 Costos De Materiales	46
3.2.2. Costo De HH.	48
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO</b>	<b>57</b>

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Ventajas y desventajas de tipos de corte	8
Tabla 1-2	Método R.E.B.A.	9
Tabla 1-3.	Tabla 1-3 CPC.	14
Tabla 2-1	Check list.	23
Tabla 2-2	Lista de materiales cinta transportadora.	29
Tabla 2-3	Lista de materiales corta caramelos.	29
Tabla 2-4	Lista de materiales corta caramelos	30
Tabla 3-1	Lista de costos componentes electrónicos prototipo	45
Tabla 3-2	Lista de costos componentes electrónicos prototipo cinta	45
Tabla 3-3	Lista de valores materiales del prototipo.	46
Tabla 3-4	Lista de valores materiales del prototipo cinta.	46
Tabla 3-5	Costos de materiales máquina corta caramelos	47
Tabla 3-6	Costos de fabricación máquina corta caramelos	53

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1-1.	Máquina cortadora de caramelos.	4
Figura 1-2.	Máquina cortadora de caramelos.	5
Figura 1-3.	Medidas de persona respecto a máquina.	10
Figura 1-4.	Tamaño máquina respecto mujer y hombre chileno.	10
Figura 1-5.	Máquina cortadora de caramelos.	15
Figura 1-6.	Máquina cortadora de caramelos.	16
Figura 1-7.	Máquina cortadora de caramelos.	16
Figura 1-8.	Máquina cortadora de caramelos.	17
Figura 2-1.	Diagrama de bloque	24
Figura 2-2.	Diagrama de bloque	25
Figura 2-3.	Boceto Máquina	25
Figura 2-4.	Boceto Máquina	26
Figura 2-5.	Boceto Máquina	26
Figura 2-6.	Programación de componentes electrónicos	27
Figura 2-7.	Componentes electrónicos prototipo	27
Figura 2-8.	Avances impresión 3d prototipo cinta	30
Figura 2-9.	Avances impresión 3d prototipo cortadora	30
Figura 2-10.	Motor	34
Figura 2-11.	Plc Siemens controlador	35
Figura 2-12.	Sensor	36
Figura 2-13.	Protector para patas de mesa antideslizante	36
Figura 2-14.	Render máquina corta caramelos	37
Figura 2-15.	Render máquina corta caramelos	37

## **ÍNDICE DE FÓRMULAS**

Ecuación 1-1.	Área de corte	31
Ecuación 1-2.	Fuerza	32
Ecuación 1-3.	Torque necesario para cortar caramelo	32
Ecuación 1-4.	Torque de motor escogido.	33

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

### SIGLAS

**FDA:** *Food and Drug Administration.*

**ISO:** *International Organization for Standardization.*

**HACCP:** *Hazard Analysis and Critical Control Points.*

**NSF:** *National Sanitation Foundation.*

**ANSI:** *American National Standards Institute.*

**EC:** *European Commission.*

**CPC:** *Causa, Problema y Consecuencia.*

**R.E.B.A:** *Rapid Entire Body Assessment.*

**APP:** *Aproximado.*

**PHSO:** *Public Health Service Organization.*

**PLC:** *Programmable Logic Controller.*

**RPM:** *Revoluciones Por Minuto.*

## **INTRODUCCIÓN**

La industria de alimentos se define por su continua búsqueda de innovaciones y mejoras en los procesos de producción para asegurar la calidad y satisfacción del cliente. En este contexto, el presente trabajo se centra en el diseño y creación de una nueva máquina para cortar caramelos, con el objetivo de enfrentar los problemas encontrados en la empresa solicitante, donde la maquinaria actual ha demostrado ser inadecuada, resultando en caramelos con tamaños desiguales y afectando la calidad del producto final.

El corte preciso y uniforme de los caramelos es esencial para asegurar la calidad del producto y la experiencia del consumidor. La detección de esta problemática en la empresa solicitante evidencia la necesidad de una solución innovadora que permita mejorar la eficiencia y calidad en la producción de caramelos.

El presente trabajo se estructura en torno al diseño y desarrollo de una máquina que no solo aborde las deficiencias observadas en la maquinaria previa, sino que también introduzca mejoras significativas en términos de precisión, uniformidad y eficiencia en el proceso de corte de caramelos. Se abordarán aspectos técnicos, normativas, mecánicos, tecnológicos, costos y presupuesto para ofrecer una solución integral que cumpla con los estándares de calidad exigidos por la empresa y el mercado.



**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN**

1.- En este capítulo se hace referencia al diagnóstico y los antecedentes del proyecto, Metodología, Análisis estratégico causa, problema y consecuencia (CPC), al análisis de materiales para la construcción de maquinaria alimentaria, normativas, ergonomía asociada al pre y post diseño de la nueva máquina que corta caramelos, además de un análisis de información sobre tecnologías de corte.

## 1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 1.1.1. Objetivo General.

Diseñar y desarrollar una nueva máquina para cortar caramelos que mejore la eficiencia y calidad del proceso de producción de la empresa solicitante.

### 1.1.2. Objetivo Específico.

- Investigar las deficiencias de la máquina previa utilizada para cortar caramelos.
- Identificar las causas de las irregularidades en el tamaño de los caramelos.
- Analizar las limitaciones técnicas y mecánicas presentes de la máquina actual.
- Desarrollar un prototipo de la nueva máquina.

### 1.1.3. Contexto De Desarrollo.

#### 1.1.3.1. Antecedentes

El diseño y desarrollo de una nueva máquina para cortar caramelos requiere una comprensión integral de diversos conceptos y principios relacionados con la fabricación de alimentos y la ingeniería mecánica.

#### 1. Procesamiento De Alimentos:

Se estudiarán los principios fundamentales del procesamiento de alimentos, incluyendo las etapas de producción, desde la materia prima hasta el producto final.

## 2. Factores que influyen en la calidad del producto

- Temperatura, puede cambiar las características del producto , además de causar dilatación o contracción de componentes de la máquina afectando la precisión en el corte del caramelo.
- Humedad del medio ambiente, Un ambiente húmedo puede incrementar la adherencia del caramelo a las superficies de la máquina, dificultando el flujo del proceso.
- Velocidad de procesamiento, las velocidades no controladas pueden incrementar el desgaste de los componentes, como cuchillas o motores.
- La entrada del producto puede causar atascos o requerir ajustes frecuentes, disminuyendo la eficiencia del sistema.
- La salida del producto, si está en mal estado puede generar acumulación de producto en la máquina, provocando paros frecuentes o daños en los mecanismos.

## 3. Diseño De Maquinaria Alimentaria:

Se explorarán los conceptos de diseño de maquinaria específicamente adaptada para la industria alimentaria y se verán ejemplos de máquinas. (Figura 1-1)



Fuente: <https://drouven-cle.com/maquina-formadora-cortadora-de-caramelos-duros/>

Figura 1-1. Máquina: Drouven CLE – LHC&FU 200

Características:

- Forma y superficie de corte en uno.
- Fácil de usar, solo es posible manualmente.
- Muy compacto, requiere poco espacio.
- Disponible con y sin pedestal con ruedas.

Especificaciones técnicas:

- Peso: aproximadamente 25 kg.
- Altura: 39 cm.
- Ancho: subestructura del dispositivo 58 cm.
- Amcho del trabajo: 300 x 200 mm.
- Producto terminado de tamaño estándar: 19 x 11 x 5 mm aprox. 3g.



Fuente: <https://www.alibaba.com/>

Figura 1-2. Máquina Aslan machinery TQP-380

#### Características:

- Nombre del modelo: TQP-380.
- Material: Acero inoxidable 304.
- Color: Plateado.
- Función: Corte de piruletas planas.
- Materia prima: Barras de caramelo.
- Servicio postventa: Ingenieros disponibles para servicio en el extranjero.

#### Especificaciones técnicas de la TQP-380:

- Voltaje: 220V/380V.
- Potencia: 1.5 kW.
- Dimensiones: 1460x960x1240 mm.
- Peso: 300 kg.
- Capacidad de suministro: 200 unidades por mes.
- Garantía: 1 año.

#### 1.1.3.2. Selección De Materiales Adecuados:

Para el diseño a desarrollar el material más apropiado es el acero inoxidable para componentes en contacto con alimentos:

- Por qué elegirlo: El acero inoxidable es muy usado en la industria de alimentos porque no se corroe, es duradero y fácil de limpiar. Es seguro para estar en contacto directo con los alimentos.
- Normativa relevante: Una normativa importante que especifica los requisitos para materiales en contacto con alimentos es la FDA (Food and Drug Administration) en Estados Unidos. La normativa CFR 21 Parte 177 se refiere específicamente a materiales adecuados para este propósito.
- Cita: CFR 21 Parte 177.2600 de la FDA establece: "Los materiales en contacto con alimentos, incluyendo recubrimientos, deben ser de tal naturaleza que sean seguros y adecuados para su uso previsto. El acero inoxidable es uno de los materiales comúnmente aceptados para este propósito debido a su resistencia a la corrosión y a la reacción química con los alimentos.

Plásticos de grado alimenticio para componentes no metálicos:

- Por qué elegirlo: Los plásticos de grado alimenticio son seguros para el contacto con alimentos, resistentes a la corrosión y fáciles de limpiar. Además, pueden ser moldeados en formas complejas para adaptarse a diversas aplicaciones en maquinaria alimentaria.

Normativa relevante: La FDA en Estados Unidos regula el uso de plásticos en contacto con alimentos. La normativa CFR 21 Parte 177 también aborda los requisitos para plásticos en aplicaciones alimentarias.

- Cita : CFR 21 Parte 177.1520 de la FDA establece: "Los polímeros plásticos pueden usarse en contacto con alimentos siempre que los componentes no sean tóxicos ni contribuyan a la contaminación del alimento. Los plásticos de grado alimenticio son aquellos que cumplen con estos requisitos y son seguros para su uso en maquinaria alimentaria."

Recubrimientos y acabados sanitarios:

- Por qué elegirlos: Los recubrimientos y acabados sanitarios ayudan a prevenir la contaminación microbiológica y facilitan la limpieza de la maquinaria. Esto es especialmente importante en entornos alimentarios donde la higiene es fundamental.
- Normativa relevante: Normativas como las normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) relacionadas con la higiene en la industria alimentaria, como la norma ISO 14159, proporcionan pautas para la selección y aplicación de recubrimientos y acabados sanitarios.
- Cita: "La norma ISO 14159 establece: "Los materiales de construcción de equipos en contacto con alimentos deben ser resistentes a la corrosión, no absorber o liberar sustancias que puedan ser dañinas para la salud, y deben permitir una limpieza y desinfección adecuadas. Los recubrimientos y acabados sanitarios son parte integral de este requisito para garantizar la seguridad alimentaria."

### 1.1.3.3. Tecnologías De Corte:

- Se examinarán diferentes tecnologías de corte utilizadas en la industria alimentaria, como cuchillas, cuchillos de disco, láseres y chorros de agua.
- Se evaluarán las ventajas y desventajas de cada tecnología en términos de precisión, velocidad y calidad del corte.

#### 1. Cuchillas y cuchillos de disco:

Descripción: Las cuchillas y los cuchillos de disco son herramientas mecánicas que cortan los caramelos mediante un movimiento de corte rotativo.

#### 2. Láseres:

Descripción: Los láseres utilizan luz coherente para cortar con precisión mediante un proceso de evaporación controlada.

#### 3. Chorros de agua:

Descripción: Los chorros de agua de alta presión se utilizan para cortar mediante el impacto del agua. (Tabla 1-1).

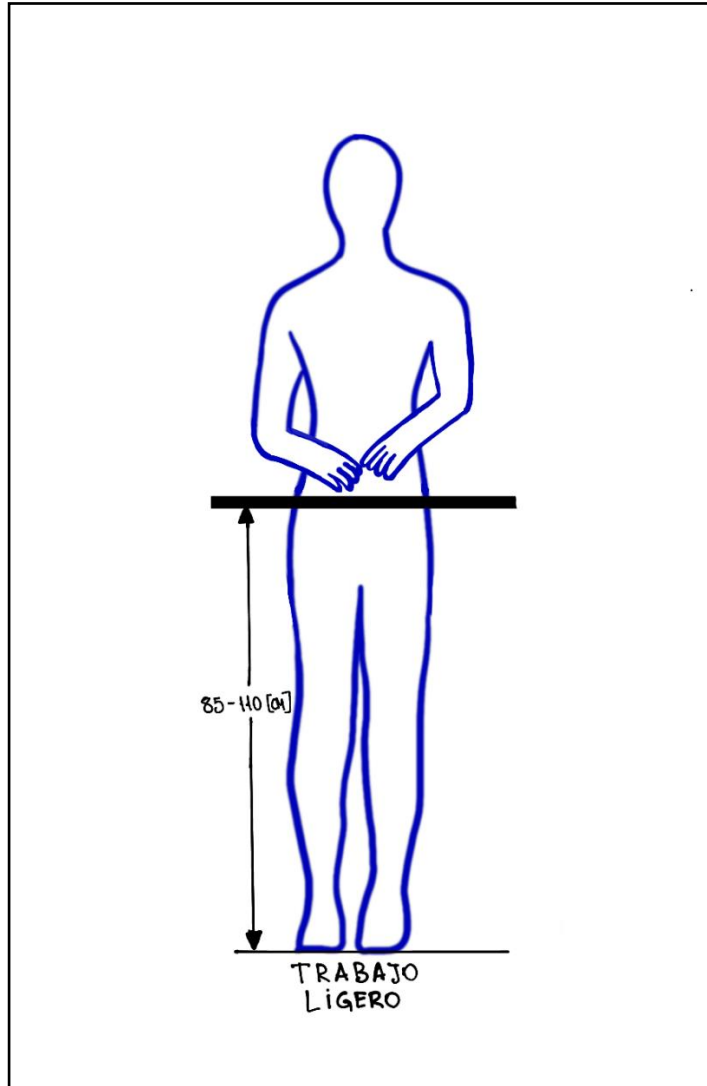
Tabla 1-1 Ventajas y desventajas de tipos de corte.

Tipo de corte	Aplicaciones	Ventajas	Desventajas	Apropiado para cortar caramelos
Cuchillas y cuchillos de disco	Corte de alimentos sólidos, como carnes y vegetales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologías probadas y ampliamente utilizadas en la industria alimentaria.</li> <li>• Relativamente económicas y fáciles de mantener.</li> <li>• Permiten cortes precisos y uniformes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden causar deformaciones en la superficie del caramelo, debido a la fricción.</li> <li>• Requiere afilado regular.</li> <li>• Velocidad de corte limitada en comparación con otras tecnologías.</li> </ul>	Si, pero con limitaciones debido a la fricción.
Láseres	Corte de materiales delicados como cartón y textiles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecen cortes extremadamente precisos y limpios.</li> <li>• No hay contacto físico con el material, reduciendo el riesgo de contaminación.</li> <li>• Programables para formas complejas de alta velocidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos costosos y mantenimiento especializado,</li> <li>• Preocupación por la seguridad del trabajador.</li> <li>• La temperatura del láser puede afectar la consistencia del caramelo.</li> </ul>	No, debido a la temperatura del láser.
Chorros de agua	Corte de materiales sensibles al calor como vidrio y algunos metales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No generan calor, beneficioso para productos sensibles.</li> <li>• Versátiles, pueden cortar una amplia gama de formas y tamaños.</li> <li>• No hay desgaste de herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren suministro constante de agua y energía.</li> <li>• Pueden ser menos precisos que otras tecnologías en términos de acabado de superficie.</li> <li>• Velocidad de corte más lenta.</li> </ul>	No, debido a la necesidad de un suministro constante de agua y menor precisión.

Fuente: Elaboración propia con datos

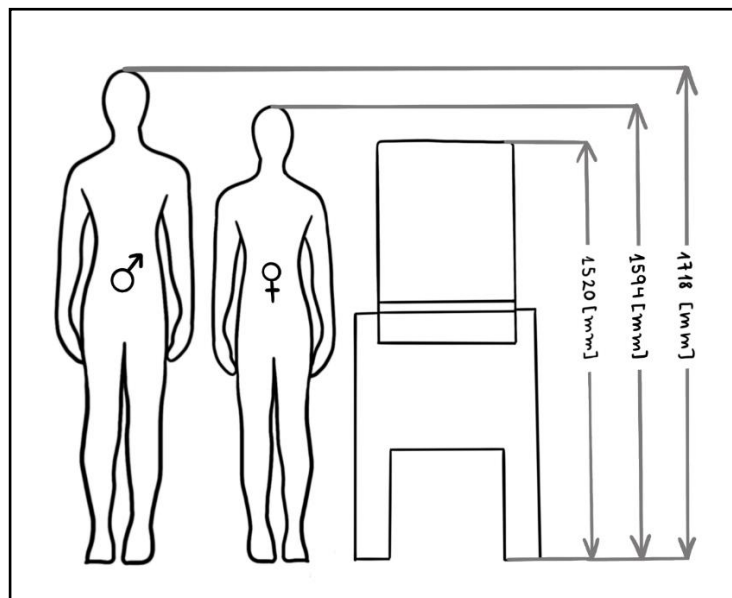






Fuente: <https://www.ofiprix.com/es/blog/guia-sobre-la-altura-de-una-mesa>

Figura 1-3. Medidas de persona respecto a máquina.



Fuente : Elaboración propia.

Figura 1-4. Tamaño máquina respecto a mujer y hombre chileno.

### 1.1.5. Impacto Relacionado Con El Proyecto.

#### 1.1.5.1. Impacto En La Empresa

- **Seguridad:** La nueva máquina debe seguir todas las reglas de seguridad y sanitarias. Esto disminuirá los riesgos de accidentes en el trabajo y creará un entorno de trabajo seguro.
- **Calidad:** Cumplir con los estándares de calidad mejora la imagen de la empresa y ayuda a cumplir con los requisitos para certificaciones de calidad y seguridad alimentaria.
- **Eficiencia:** Una máquina nueva y eficiente incrementará la rapidez de producción, permitiendo producir más caramelos en menos tiempo.
- **Uniformidad:** La uniformidad en el tamaño de los caramelos reducirá el desperdicio de productos fuera de las especificaciones y mejorará la consistencia del producto final.
- **Mantenimiento:** Una máquina nueva necesitará menos mantenimiento y disminuirá los costos relacionados con reparaciones frecuentes y paradas imprevistas.
- **Desperdicio:** Menos caramelos rechazados por tamaños irregulares disminuirán el desperdicio de materias primas.

#### 1.1.5.2. Impacto En La Producción:

##### Calidad del Producto:

- **Uniformidad en el Corte:** Caramelos de tamaño uniforme aseguran que cada unidad cumpla con los requisitos de los clientes, mejorando la satisfacción del cliente y reduciendo devoluciones y quejas.
- **Presentación:** La uniformidad en los productos mejora la presentación y el atractivo visual, lo que puede aumentar las ventas.

##### Eficiencia Operacional:

**Automatización:** Una máquina moderna con funciones automatizadas mejorará la eficiencia operativa, permitiendo a los trabajadores enfocarse en tareas más complejas y de valor añadido.

- Reducción de Errores: Menos intervención manual reducirá los errores humanos y aumentará la precisión en la producción

#### 1.1.5.3. Impacto económico:

Aumento de ventas:

- Mayor Calidad: Productos de mayor calidad y consistencia pueden justificar precios más altos y atraer a más clientes.
- Nuevos Mercados: Cumplir con normativas internacionales y mejorar la calidad del producto puede abrir oportunidades en nuevos mercados, tanto nacionales como internacionales.

Reducción de Costos:

- Eficiencia Energética: Máquinas modernas suelen ser más eficientes energéticamente, reduciendo los costos de operación.
- Menos Desperdicio: La precisión en el corte de los caramelos reducirá el desperdicio de materias primas

#### 1.1.5.4. Impacto en los trabajadores:

Seguridad:

- La implementación de una máquina nueva eliminará los riesgos eléctricos y mecánicos asociados con la máquina antigua, mejorando la seguridad laboral.
- Un entorno de trabajo más seguro aumenta la moral y reduce el ausentismo por lesiones.

Formación y Desarrollo:

- La introducción de una nueva maquinaria puede requerir formación adicional para los trabajadores, mejorando sus habilidades y conocimientos técnicos.

### 1.1.6. Análisis Foda.

#### Fortalezas:

- El nuevo diseño permite que el producto salga en buenas condiciones.
- Seguridad de funcionamiento en el proceso de corte del producto en relación con la manipulación del operador .
- Altura adecuada respecto a la ergonomía hombre - máquina.

#### Oportunidades:

- Existe una demanda continua de productos de confitería, lo que representa una oportunidad para desarrollar una máquina que satisfaga las necesidades del mercado.
- La tecnología está en constante evolución, lo que brinda oportunidades para integrar características avanzadas en el diseño de la máquina.

#### Debilidades:

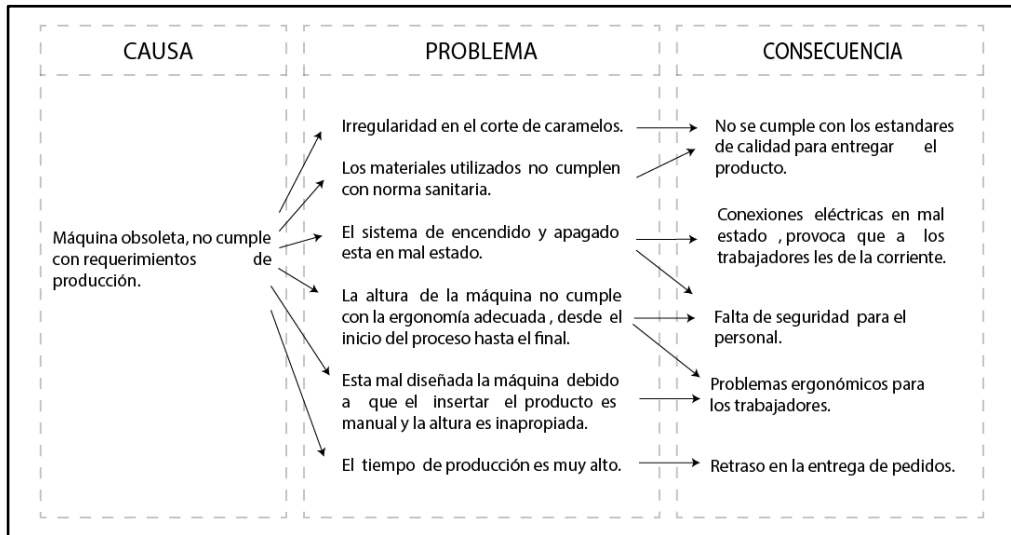
- Los tiempos de producción de la antigua máquina son prolongados.
- Los materiales no están bajo normativa empleada para productos alimenticios.
- Las medidas de la máquina no cumplen con medidas apropiadas para un correcto uso, por lo que no cumple con los estándares de ergonomía.

#### Amenazas:

- Otras empresas pueden estar desarrollando soluciones similares, lo que genera competencia en el mercado.
- Cambios en las regulaciones de seguridad alimentaria o en las normativas de fabricación podrían afectar el diseño y la producción de la máquina.
- Si no se adoptan tecnologías actuales, la máquina podría quedar obsoleta rápidamente en un mercado en constante evolución.

1.1.7. Análisis estratégico causa, problema y consecuencia (Cpc).

Tabla 1-3 CPC.



Fuente: Elaboración propia.

1.2. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA

1.2.1. Definición de situación sin proyecto.

La máquina actual en la empresa Confites Forno, presenta varios problemas que afectan su funcionamiento. En primer lugar, corta los caramelos de manera irregular debido a un déficit en la precisión del corte, lo que compromete la calidad del producto final. Además, la falta de un adecuado mantenimiento provoca fallos frecuentes en su operación. La máquina no cumple con las medidas ergonómicas adecuadas, lo que dificulta su uso por parte de los trabajadores. Además, tiene componentes eléctricos en mal estado, como el botón de encendido y apagado, lo que representa un riesgo de descarga eléctrica para el personal. Por último, los materiales utilizados en la máquina no cumplen con las normativas de seguridad alimentaria, lo que puede comprometer la calidad e higiene de los productos. En resumen, la máquina actual presenta problemas de precisión en el corte, mantenimiento deficiente, ergonomía deficiente, seguridad eléctrica y cumplimiento de normativas, lo que afecta significativamente su desempeño y la calidad del producto final. Figura (1-5 , 1-6 , 1-7 , 1-8)

La capacidad de producción:

- Tiempo de corte de la máquina: 15 min
- Cantidad de producción por minuto: 1,666 kg
- Total, de producción en 15 min = 25 kg

Tamaño y forma de los caramelos:

- Grado de precisión en el corte de caramelos:
- Rango de corte entre 3 cm y 7 cm.

Imágenes de la máquina actual Fig. 1-5, 1-6, 1-7, 1-8:



Fuente : Elaboración propia.

Figura 1-5. Máquina cortadora de caramelos



Fuente : Elaboración propia.

Figura 1-6. Máquina cortadora de caramelos



Fuente : Elaboración propia.

Figura 1-7. Máquina cortadora de caramelos



Fuente : Elaboración propia.

Figura 1-8. Máquina cortadora de caramelos

### 1.2.2. Definición de situación con proyecto:

Con relación a la situación con proyecto y el diseño de una nueva máquina, lo que se propone es mejorar la eficiencia en el corte de caramelos, mediante la capacidad de cortar varios caramelos simultáneamente y automatizar la inserción del material. La máquina incluirá sensores para cortes precisos y será fabricada principalmente de acero inoxidable, garantizando una durabilidad de aproximadamente 20 años. Su diseño modular facilitará el ensamblaje y mantenimiento, utilizando materiales resistentes al desgaste y a la corrosión, y considerará la ergonomía para la comodidad del personal. Además, se espera un aumento significativo de la producción gracias a automatizaciones avanzadas, optimización del sistema de corte y mayor velocidad de corte.

Eficiencia en el proceso de corte:

- Se cortarán varios caramelos simultáneos de manera horizontal.
- Automatizar el proceso de inserción del material a la máquina.
- Se incluirán sensores para que el corte de los caramelos sea preciso.

Durabilidad de la máquina:

- La máquina tendrá mayor durabilidad debido a que su materialidad principalmente será de acero inoxidable, la vida útil del acero inoxidable es aproximadamente de 20 años.



#### Facilidad de mantenimiento:

- Tendrá un diseño modular que podrán ser de fácil ensamblaje y desensamblaje.
- Además del acero inoxidable, utiliza materiales resistentes al desgaste y a la corrosión en todas las partes móviles y áreas de contacto para prolongar la vida útil de la máquina y reducir la necesidad de mantenimiento.
- Se considera la ergonomía al diseñar la máquina para garantizar que el mantenimiento sea seguro y cómodo para el personal. Esto puede incluir la altura adecuada de trabajo, el acceso fácil a las herramientas necesarias y la reducción de la tensión física durante las tareas de mantenimiento.
- Definir un tiempo de limpieza, meta: Mantener el tiempo de limpieza por debajo de 30 minutos con personal capacitado.
- Lograr que el 100% de los componentes críticos sean reemplazables en menos de 1 día.

#### Aumento de producción:

- Automatizaciones avanzadas que puedan acelerar el proceso productivo. Esto podría incluir sistemas de sensores para identificar la posición óptima de corte de cada caramelo.
- Aumento de la velocidad de corte en la máquina.
- Optimizar el diseño y funcionamiento del sistema de corte para minimizar los residuos y maximizar el rendimiento.

### 1.2.3. Metodología Bruno Munari.

Para aplicar la metodología de Bruno Munari, se deben seguir los siguientes pasos para poder hallar una solución a un problema de cualquier tipo de diseño.

#### 1. Definición del problema

El problema es , la necesidad de diseñar una máquina que corte caramelos duros en tamaños regulares, en contraposición a una máquina anterior que producía cortes irregulares debido a la falta de mantenimiento.

#### 2. Recopilación de datos

Recopilar información sobre las dimensiones y características deseables de los caramelos finales, así como también sobre la capacidad de producción requerida y las limitaciones de espacio y presupuesto.

#### 3. Análisis de datos

Analizar la información recopilada para comprender las limitaciones y requisitos del diseño. Eliminar cualquier aspecto estético y enfocarse en los aspectos puramente funcionales del diseño.

#### 4. Creatividad

Utilizar su creatividad para idear soluciones ingeniosas, que aborden los problemas identificados. Considerar diversas formas de lograr cortes precisos y regulares en los caramelos.

#### 5. Materiales y tecnología

Investigar los materiales y tecnologías disponibles que podrían ser utilizados en la construcción de la máquina. Considere la durabilidad, la facilidad de mantenimiento y la disponibilidad de los materiales.

#### 6. Experimentación

Realizar pruebas y experimentos con diferentes materiales y técnicas para encontrar la mejor solución. Esto podría incluir la realización de bocetos, pruebas de prototipos y simulaciones.

### 7. Modelos

Desarrollar modelos de las posibles soluciones identificadas durante la experimentación. Estos modelos deben someterse a pruebas de verificación para evaluar su viabilidad y eficacia.

### 8. Verificación

Verificar la validez y significación de los modelos desarrollados. Realice ajustes según sea necesario para optimizar el diseño

### 9. Bocetos

Elaborar los prototipos de diseño a partir de la información recopilada.

### 10. Solución

Elaborar el diseño final de la máquina para cortar caramelos, teniendo en cuenta todos los datos recopilados, experimentos realizados y pruebas de verificación. Asegurándose que el diseño final cumpla con los requisitos establecidos y produzca caramelos de tamaño regular de manera consistente.

## 1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO

En esta sección se mostrarán las especificaciones técnicas utilizadas en el diseño del proyecto, para poder realizar de forma correcta el trabajo con los estándares requeridos.

### 1.3.1. Normas internacionales

- Regulación Europea EC 1935/2004: Esta normativa se refiere a los materiales y objetos en contacto con alimentos en la Unión Europea, asegurando que no transfieran sus componentes a los alimentos en niveles que puedan representar un riesgo para la salud humana (NSF).
- HACCP Compliance: La metodología de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria en el diseño y operación de equipos de procesamiento de alimentos. La verificación del cumplimiento de HACCP es esencial para demostrar que el equipo apoya un entorno controlado y seguro para los alimentos (NSF).

- NSF/ANSI Standards: La NSF International establece estándares rigurosos para la protección alimentaria y requisitos de sanidad en el diseño, materiales y construcción de equipos de procesamiento de alimentos. Algunos estándares específicos son:
- NSF/ANSI 8: Para equipos comerciales de preparación de alimentos operados con energía, como mezcladores y cortadoras.
- NSF/ANSI 51: Para materiales y acabados utilizados en la fabricación de equipos de servicio de alimentos, garantizando que sean seguros para el contacto con alimentos y fáciles de limpiar (PHSO) (NSF).

**CAPÍTULO 2: INGENIERÍA CONCEPTUAL**

2.- En este capítulo se hace referencia a un enfoque integral del proyecto, en donde se identifican los requisitos y alcance de este, delineando su estructura general, como los procesos, recursos necesarios, proporcionando la base para el desarrollo del proyecto.

## **2.1. ESTUDIO TÉCNICO**

El estudio técnico relacionado con la fabricación de máquinas para cortar caramelos involucra un análisis de los aspectos operativos de este proceso específico. Se evalúa la viabilidad de la producción, se definen los recursos necesarios y se diseñan los procedimientos de fabricación. Además, se determinarán las necesidades de materiales, equipos y tecnología específicos para garantizar la capacidad, eficiencia y calidad en la fabricación de la máquina que corta caramelos.

### **2.1.1. Descripción y selección del proceso.**

El proceso implica identificar y detallar las etapas necesarias para poder construir la máquina cortadora de caramelos. Se analiza cada paso, se evalúa el proceso para ejecutar cada tarea. Esto incluye la selección de material, métodos de corte, herramientas y tecnologías, así como la consideración de aspectos de seguridad y eficiencia. El objetivo es optimizar la operación y asegurar la calidad y la eficacia en la entrega final del producto.

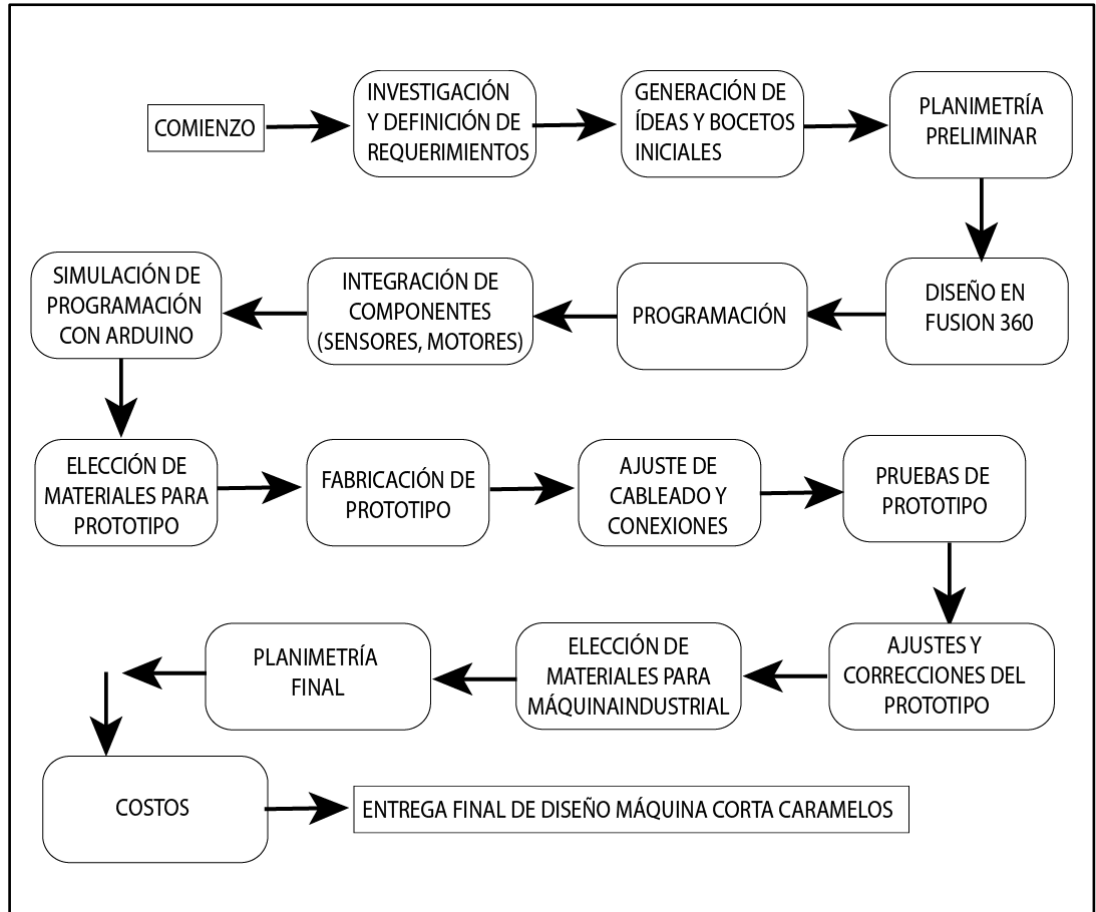
Tabla (2-1)

Tabla 2-1 check list prototipo.

Check list de procesos a ejecutar			
Descripción	Cumple	No cumple	Observaciones
Investigación sobre procesos de corte	✓		
Diseño de la máquina	✓		
Listado de materiales programación	✓		
Compra de materiales	✓		
Programación de sensores y motor	✓		
Impresión 3d del modelo a escala	✓		
Armado	✓		
Detalles finales	✓		

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra un diagrama de bloque el cual permitirá el desarrollo y diseño final de la máquina. (Figura 2-1)



Fuente: Elaboración propia con datos.

Figura 2-1. Diagrama de bloque

## **2.2. PROTOTIPO**

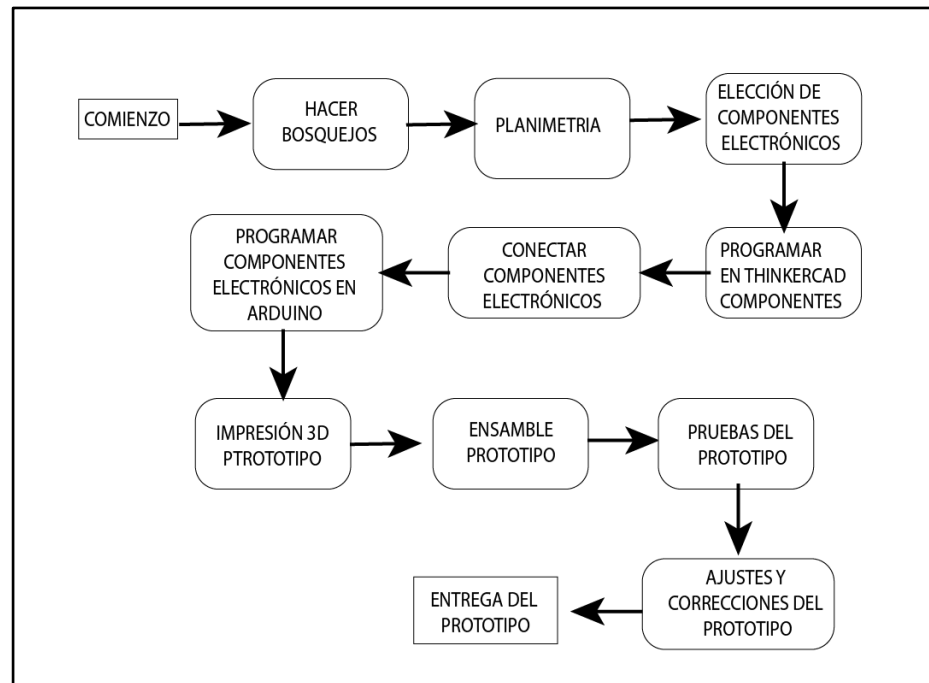
En esta sección se detallará el proceso completo, desde el diseño hasta la fabricación del prototipo de la máquina de caramelos. Se abordarán los bocetos iniciales, el desarrollo de la programación y la fabricación final, resaltando el correcto funcionamiento del prototipo. Además, se incluirán los costos asociados a los componentes electrónicos, los materiales para la construcción y el montaje de la máquina, así como los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento.

### **2.2.1. Proceso fabricación prototipo**

En esta sección se describirá el proceso de fabricación del prototipo, comenzando con las imágenes preliminares de la máquina. A continuación, se detallará el ensamblaje

de los componentes electrónicos y su programación. Finalmente, se abordará la fabricación de la carcasa y el montaje del prototipo completo.

A continuación, se muestra un diagrama de bloque el cual permitirá el desarrollo y diseño final del prototipo. (figura (2-2))

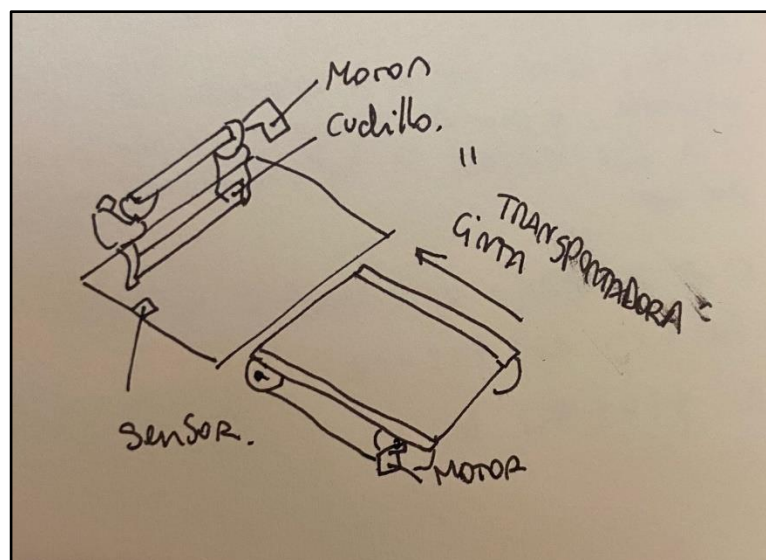


Fuente: Elaboración propia con datos.

Figura 2-1. Diagrama de bloque

#### 2.2.1.1. Bocetos

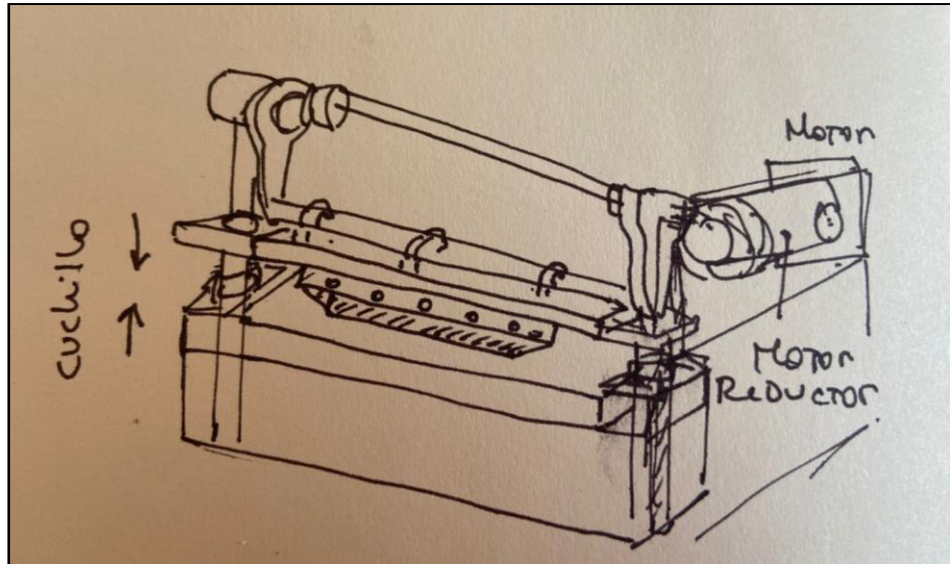
Se elaboraron bocetos del funcionamiento de la máquina, lo que permitió visualizar de manera clara los componentes necesarios para su correcto funcionamiento. Esta fase de diseño ayudó a identificar las piezas que faltaban y a planificar la construcción de la máquina de manera efectiva. Figura (2-3, 2-4, 2-5).



Fuente: Elaboración propia con datos.

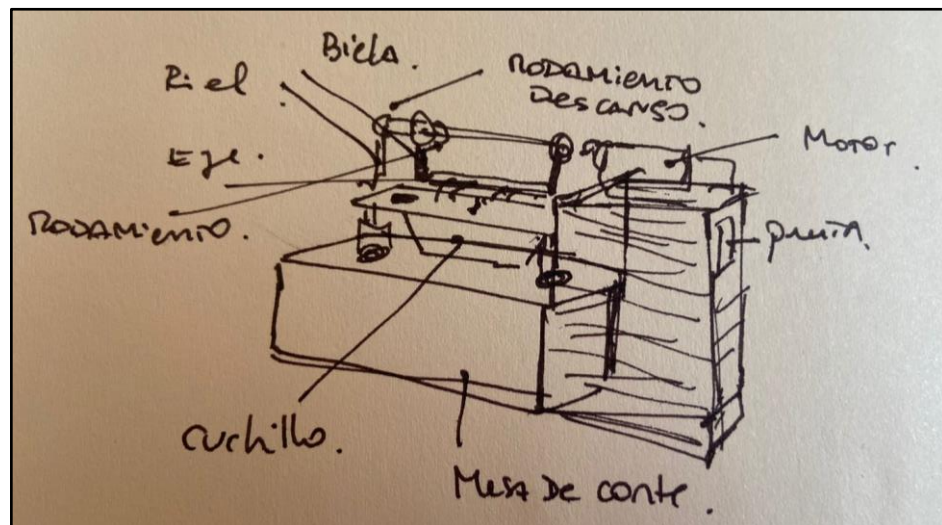
Figura 2-3. Boceto máquina





Fuente: Elaboración propia con datos.

Figura 2-4. Boceto máquina

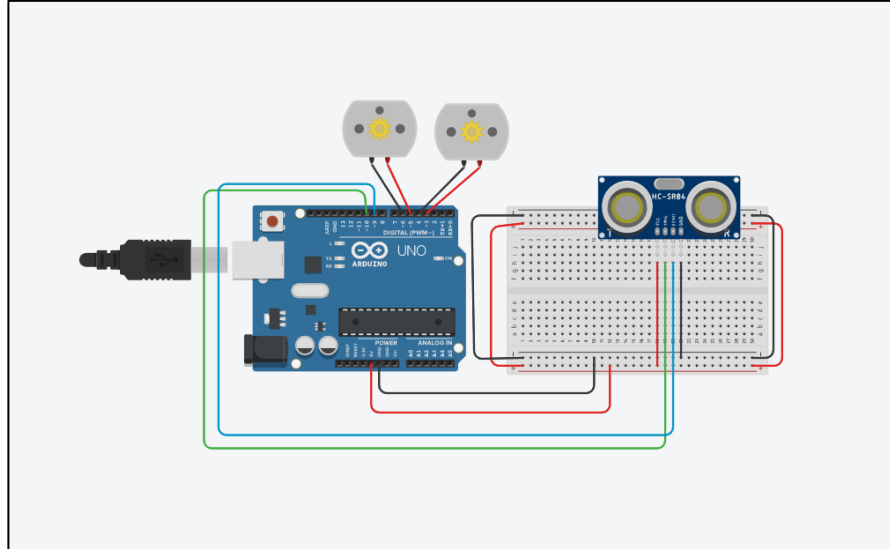


Fuente: Elaboración propia con datos.

Figura 2-5. Boceto máquina

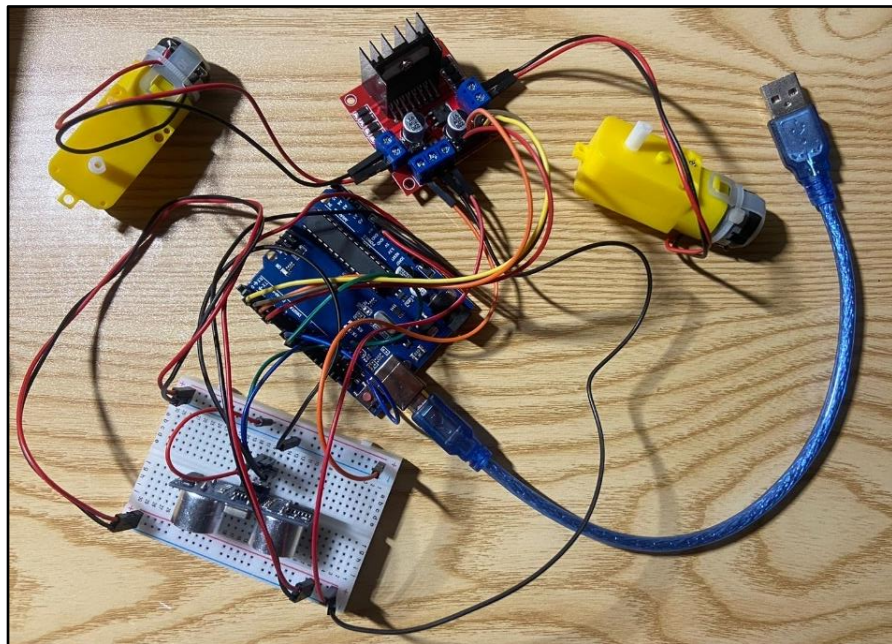
### 2.2.1.2. Sistema electrónico y programación.

En el desarrollo del sistema electrónico y de programación, se utilizó Tinkercad para simular el funcionamiento de los componentes de la máquina. A través de esta plataforma, se emplearon diversos elementos de su biblioteca para replicar el comportamiento electrónico deseado. Además, Tinkercad permitió generar el código de programación, el cual se transfirió posteriormente a la aplicación de Arduino. Esto facilitó la integración y el funcionamiento del sistema electrónico en su versión real. Figura (2-6).



Fuente: Elaboración propia con datos.

Figura 2-6. Programación componentes electrónicos.



Fuente: Elaboración propia con datos.

Figura 2-7. Componentes electrónicos prototipo.

### Código de programación Arduino

```
// Definir pines
int IN1 = 6; // Motor 1 (cinta transportadora)
int IN2 = 5; // Motor 1
int IN3 = 4; // Motor 2 (cuchillo)
int IN4 = 3; // Motor 2
int TRIG = 10; // Sensor de proximidad (TRIG)
int ECHO = 9; // Sensor de proximidad (ECHO)

// Definir límite de distancia (5 cm)
const int distanciaLimite = 5;

void setup() {
  // Configurar pines de motores como salidas
```

```

pinMode(IN1, OUTPUT);
pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(IN3, OUTPUT);
pinMode(IN4, OUTPUT);

// Configurar pines del sensor de proximidad
pinMode(TRIG, OUTPUT);
pinMode(ECHO, INPUT);

// Iniciar comunicación serial para depuración
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
// Leer la distancia del sensor de proximidad
int distancia = leerDistancia();

// Mostrar la distancia en el monitor serial
Serial.print("Distancia detectada: ");
Serial.print(distancia);
Serial.println(" cm");

// Si la distancia es mayor a 5 cm, encender motor 1 (cinta transportadora)
if (distancia > distanciaLimite) {
// Encender motor 1
digitalWrite(IN1, HIGH);
digitalWrite(IN2, LOW);
}
// Si la distancia es menor o igual a 5 cm, apagar motor 1 y ejecutar secuencia de motor 2
else {
// Apagar motor 1
digitalWrite (IN1, LOW);
digitalWrite (IN2, LOW);

// Encender motor 2 (cuchillo)
digitalWrite (IN3, HIGH);
digitalWrite (IN4, LOW);

// Esperar 2 segundos antes de encender el motor 1
delay (2000);

// Encender motor 1 (cinta transportadora) mientras el motor 2 sigue encendido
digitalWrite (IN1, HIGH);
digitalWrite (IN2, LOW);

// Mantener ambos motores encendidos por 6 segundos más (total de 8 segundos)
delay (6000);

// Apagar ambos motores después de los 8 segundos
digitalWrite (IN1, LOW);
digitalWrite (IN2, LOW);
digitalWrite (IN3, LOW);
digitalWrite (IN4, LOW);

// Esperar 2 segundos al final del ciclo
delay (2000);
}
}

```

```

}
}

// Función para leer la distancia del sensor de proximidad
int leerDistancia() {
  // Enviar pulso TRIG
  digitalWrite (TRIG, LOW);
  delayMicroseconds (2);
  digitalWrite (TRIG, HIGH);
  delayMicroseconds(10); // Duración adecuada para el pulso TRIG
  digitalWrite (TRIG, LOW);

  // Leer el tiempo del pulso ECHO
  long duracion = pulseIn (ECHO, HIGH);

  // Calcular la distancia en centímetros (343 m/s es la velocidad del sonido)
  int distancia = duracion * 0.034 / 2;

  return distancia;
}

```

### 2.2.1.3. Materiales Y Componentes

Tabla 2-2 Lista de componentes electrónicos prototipo

<b>Componente</b>	<b>cantidad</b>
Engranaje de motor	2
Motor DC 12v	2
Cables	Varios
Pulsador	2
Sensor de proximidad	1
Arduino	1
Protoboard	1
Driver controlador de motores	1

Fuente: Elaboración propia con datos.

Tabla 2-3 Lista de materiales cinta transportadora.

<b>Componente</b>	<b>cantidad</b>
Filamento Pla 1kg	1
Tuercas	12
Pernos	12
Rodamientos	3
Ejes	3
Lija (simula la cinta)	1

Fuente: Elaboración propia con datos.

Tabla 2-4 Lista de materiales corta caramelos.

<b>Componente</b>	<b>cantidad</b>
Filamento Pla 1kg	1
Tuercas	20
Pernos	20
Rodamientos	2

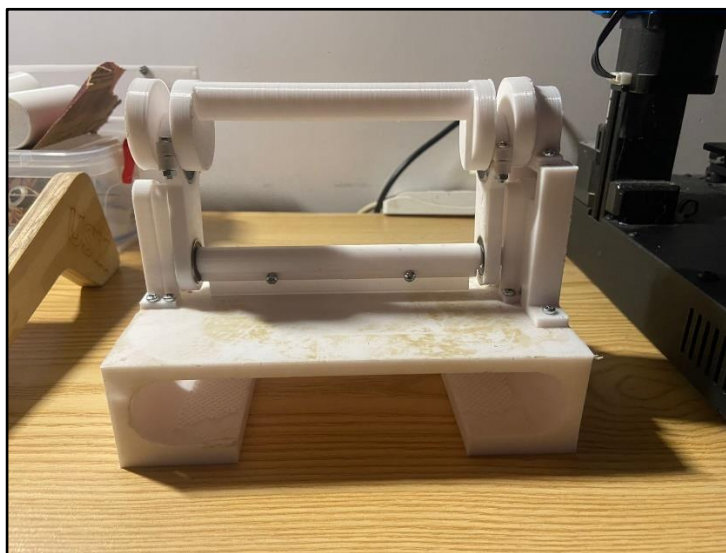
Fuente: Elaboración propia con datos.

#### 2.2.1.4. Imagen avance de prototipo



Fuente: Elaboración propia con datos.

Figura 2-8. Avances impresión 3d prototipo cinta.



Fuente: Elaboración propia con datos.

Figura 2-9. Avances impresión 3d prototipo cortadora.

## 2.3. MÁQUINA CORTA CARAMELOS

De acuerdo con el prototipo y su funcionamiento aceptado en la sección anterior (prototipo) se va a presentar el desarrollo de la máquina corta caramelos a escala industrial. En donde se seleccionarán los componentes y materiales adecuados para la máquina final.

### 2.3.1. Elección de componentes

Para la elección de componentes mecánicos de la máquina cortadora de caramelos, se deben hacer los cálculos respectivos de corte del caramelo y potencia del motor para elegir los componentes adecuados.

#### 2.3.1.1. Motor

1. Dimensiones del caramelo:

- Grosor: 1.5 cm
- Diámetro: 1 cm
- Dureza: Se usará una dureza promedio de 40 en la escala de Shore D (típica para caramelos duros).

2. Cálculo de la Fuerza Necesaria para Cortar el Caramelo

Para calcular la fuerza necesaria para cortar un caramelo, se usará la siguiente fórmula básica relacionada con la dureza:

$$F=A \times \sigma$$

Donde:

- F = Fuerza (N)
- A = Área de corte (m<sup>2</sup>)
- $\sigma$  = Resistencia a la compresión del material (Pa)

A. Cálculo del Área de Corte

Se asume que el cuchillo cortará el caramelo a través de su diámetro (sección transversal):

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

Ecuación 1-1. Área de corte

Donde:

$$d = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi \times (0.01)^2}{4} \approx 7.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A = 7.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2.$$

#### B. Cálculo de la resistencia a la compresión

Para un caramelo duro artesanal, se asume una resistencia a la compresión similar a la dureza en la escala de Shore. Se convierte la dureza a una medida más estándar:

- Se asume que 40 Shore D corresponde aproximadamente a 40 MPa (Megapascals).

$$\sigma = 40 \times 10^6 \text{ Pa}$$

#### C. Cálculo de la Fuerza

Sustituyendo los valores en la fórmula:

$$F = A \times \sigma$$

$$F = (7.85 \times 10^{-5} \text{ m}^2) \times (40 \times 10^6 \text{ Pa}) \approx 3140 \text{ N}$$

Ecuación 1-2. Fuerza

#### D. Cálculo de torque necesario para motor

Para calcular el torque necesario para el motor, se necesita conocer la distancia desde el eje de rotación hasta el punto de aplicación de la fuerza (radio del caramelo):

$$\text{Radio del caramelo: } r = \frac{d}{2} = 0.005 \text{ m}$$

Se usó la siguiente fórmula para calcular el torque:

$$T = F \times r$$

Ecuación 1-3. Torque

Sustituyendo los valores:

$$T = 3140 \text{ N} \times 0.005 \text{ m} \approx 15.7 \text{ Nm}$$

#### Resumen de resultados

- Fuerza necesaria para cortar el caramelo: 3140 N
- Torque necesario para el motor: 15.7 Nm.

#### 3. Elección de motor: Motor AC Trifásico de 5.5 kW 1500 RPM

- Potencia: 5.5 kW (aproximadamente 7.4 HP).
- Velocidad: RPM nominal: 1500 (aproximadamente 1460 RPM en condiciones de carga).

#### Cálculo del torque:

Para calcular el torque que puede entregar este motor, utilizamos la fórmula:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Ecuación 1-4.Torque.

Donde  $P$  es la potencia en vatios ( $5.5 \text{ kW} = 5500 \text{ W}$ ) y  $\omega$  es la velocidad angular en radianes por segundo:

$$\omega = \frac{1500 \times 2\pi}{60} \approx 157.08 \text{ rad/s}$$

Sustituyendo:

$$T = \frac{5500}{157.08} \approx 35.0 \text{ Nm}$$

#### Comparación con el torque requerido:

- Torque requerido: 15.7 Nm (calculado anteriormente para el corte del caramelo).
- Torque del motor: 35.0 Nm.

Conclusión: El torque disponible de este motor es suficiente para realizar un corte efectivo del caramelo.

#### **Relación de reducción:**



Este motor tiene un torque suficiente para el corte, por lo que no necesariamente se requiere una caja reductora, a menos que se necesiten características específicas como la reducción de la velocidad de corte o la adaptación a la máquina para controlarla con un controlador programable.

Si se decide usar una caja reductora, se podría usar para ajustar la velocidad de corte sin perder eficacia.

#### Conclusión:

El Motor AC Trifásico de 5.5 kW es adecuado para cortar caramelos duros de manera efectiva, ya que proporciona un torque significativamente mayor (35.0 Nm) que el requerido (15.7 Nm). Además, su alta eficiencia (88.0%) asegura un buen rendimiento. Este motor debería ser capaz de manejar las exigencias del corte sin problemas, lo que lo convierte en una excelente opción para tu aplicación. Figura (2-10)



Fuente: <https://rhona.cl/producto/10606/motor-ac-trifasico.html>

Figura 2-10. Imagen de motor.

#### 2.3.1.2. Motorreductor:

Dado que el sistema involucra un motor trifásico de 5.5 kW con 1500 rpm, es crucial seleccionar un motorreductor que ajuste la velocidad del sistema para proporcionar un movimiento más controlado y aprovechar mejor el torque generado.

##### A. Consideraciones:

Para seleccionar el motorreductor adecuado para el motor trifásico de 5.5 kW y 1500 RPM, con base en el documento proporcionado, se destacan los siguientes cálculos:

##### 1. Torque necesario:

- Fuerza necesaria para cortar el caramelo: 3140 N.
- Radio del caramelo: aproximadamente 10 mm o 0,01 m
- Torque requerido:  $T = F \times r = 3140 \text{ N} * 0.01 \text{ m} = 31.4 \text{ Nm}$ .

## 2. Potencia del motor:

- El motor trifásico de 5.5 kW tiene un torque disponible de 35.0 Nm.

## 3. Relación de reducción:

- Para reducir la velocidad de corte y optimizar el torque, un reductor con una relación de 20:1 sería ideal, lo que disminuiría la velocidad a 75 RPM y aumentaría el torque disponible.

Para la elección de la caja reductora se realizarán los siguientes cálculos:

- Potencia de motor: 5.5 kW
- Funcionamiento: 4 horas diarias
- $P = W/t = P = (F \times d)/t$

Motorreductor escogido KL2

Posición 3ª

Según catálogo:

<https://www.motorreductores.com.ar/wp-content/uploads/2019/10/motoreductor-lineakl-lentax.pdf>

### 2.3.1.3. PLC Siemens S7-1200:

Este PLC es altamente recomendado para sistemas industriales por su flexibilidad y capacidad de control avanzado. En este caso, controlaría los motores y sensores de proximidad a nivel industrial. El modelo S7-1200 6ES7214-1BG40-0XB0 es una opción adecuada que puede manejar hasta 14 entradas digitales y 10 salidas de relé. Es ideal para esta aplicación debido a su capacidad de integración con sistemas Ethernet y soporte para hasta 24 módulos de I/O. Figura (2- 11)

- Precio: CLP 437.161 (más impuestos)
- Precio : 11.39 UF



Fuente: <https://uk.rs-online.com/web/p/plcs-programmable-logic-controllers/8624477>

Figura 2-11. Plc Siemens controlador

#### 2.3.1.4. Sensores de proximidad industriales

Autonics PR18-8DN es un sensor inductivo de detección con distancia ajustable de hasta 8 mm. Es robusto y diseñado para entornos industriales. Figura (2-12).

- Precio: Varía entre \$30 y \$60 USD dependiendo de proveedores



Fuente: <https://mexico.newark.com/autonics/pr18-8dn/inductive-proximity-sensor-8mm/dp/10R6738>

Figura 2-12. Sensor.

#### 2.3.1.5. Protector antideslizante para patas de mesa

Estos protectores son antideslizantes para que la máquina no se mueva.

Las dimensiones son: 50 x 50 mm por 0.7 mm de espesor

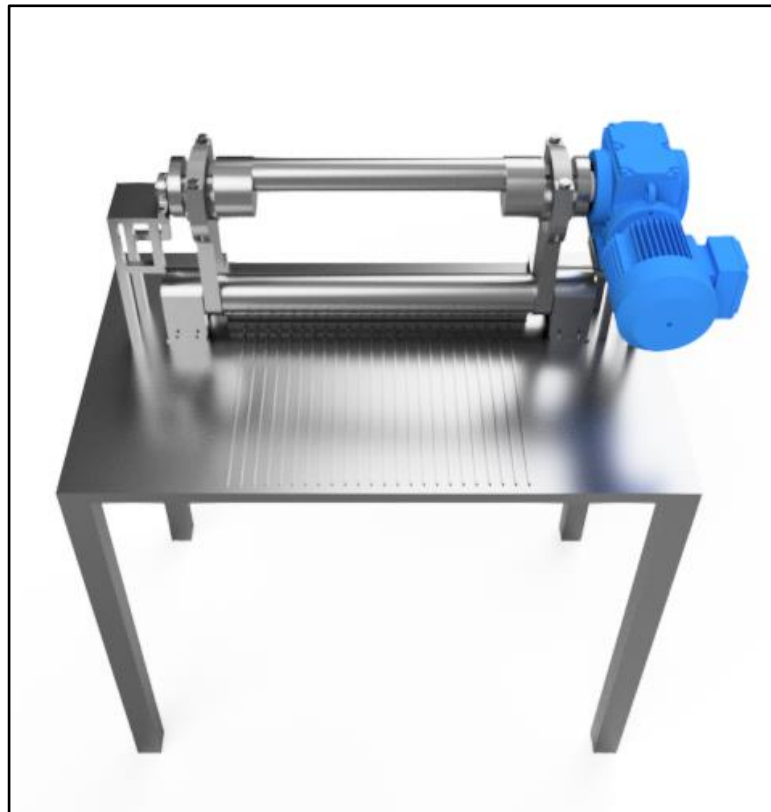


Fuente: <https://www.amazon.es/Pies-antideslizantes-X-PROTECTOR-almohadillas>

Figura 2-13. Protector para patas antideslizante.

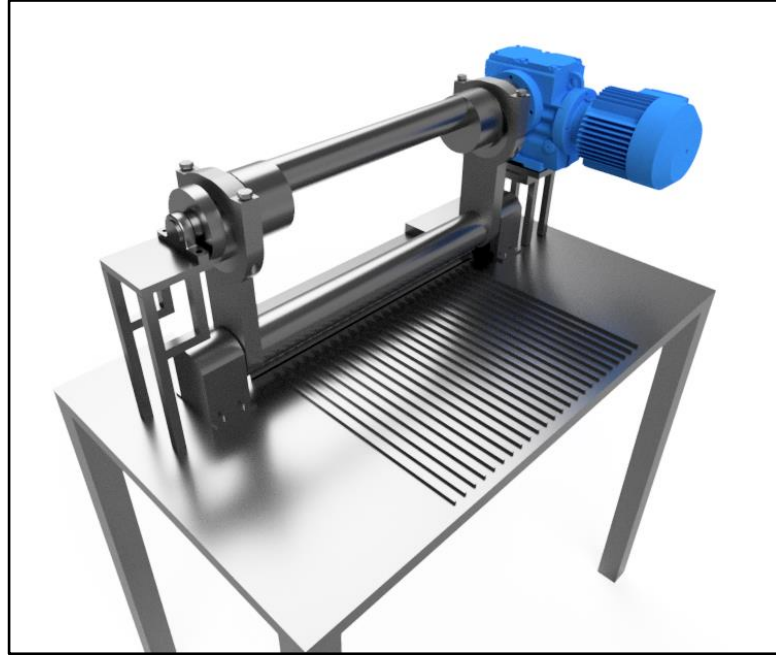
### 2.3.2. Render

En esta sección se verán imágenes renderizadas del modelo 3d de la máquina cortadora de caramelos. Figura (2-14 , 2-15)



Fuente: Elaboración propia con fusión 360

Figura 2-14. Render máquina corta caramelos.



Fuente: Elaboración propia con fusión 360

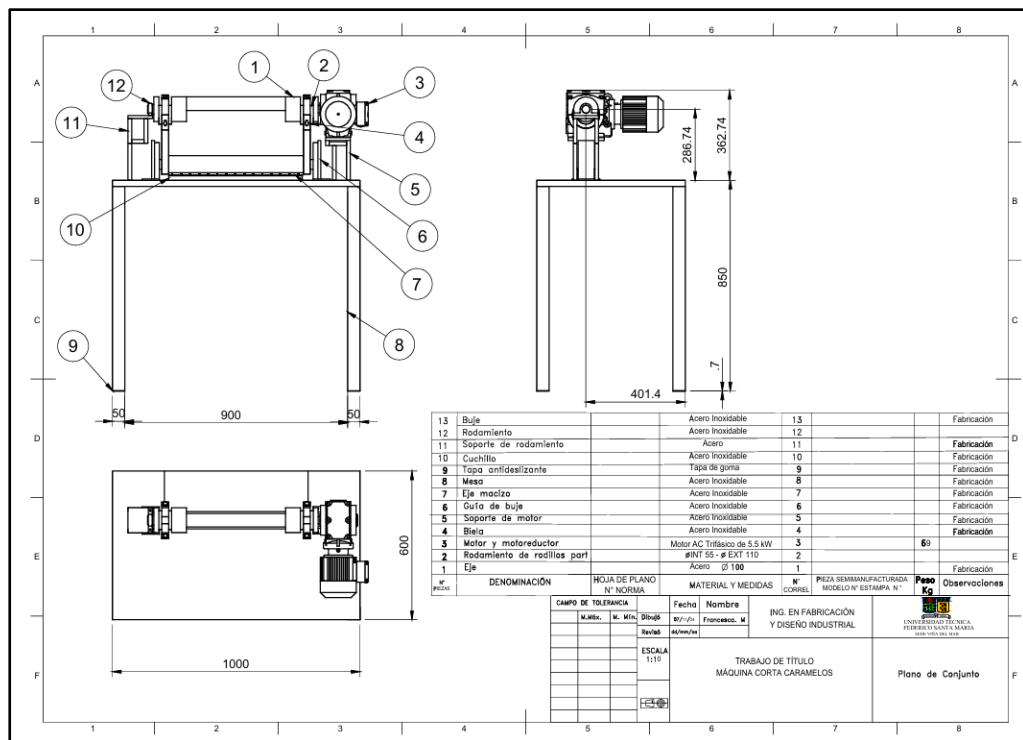
Figura 2-15. Render máquina corta caramelos.

2.3.3 Planimetría

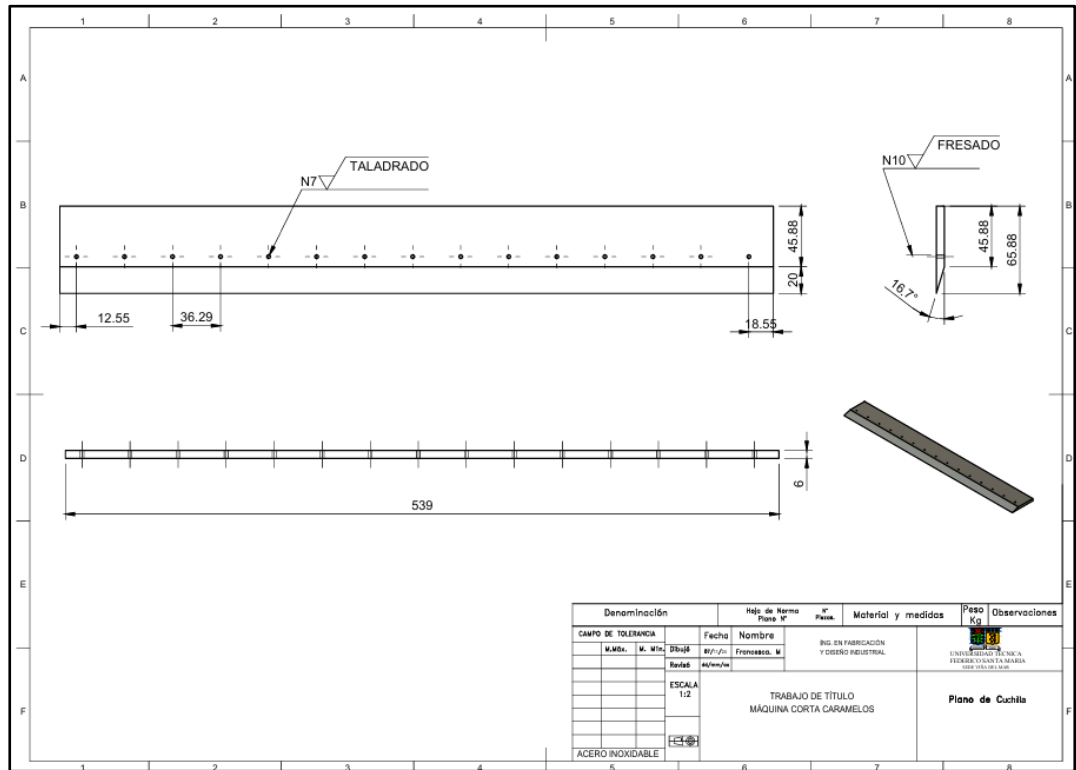
En esta sección se presentará la planimetría de la máquina cortadora de caramelos.

2.3.2.1 Plano De Conjunto

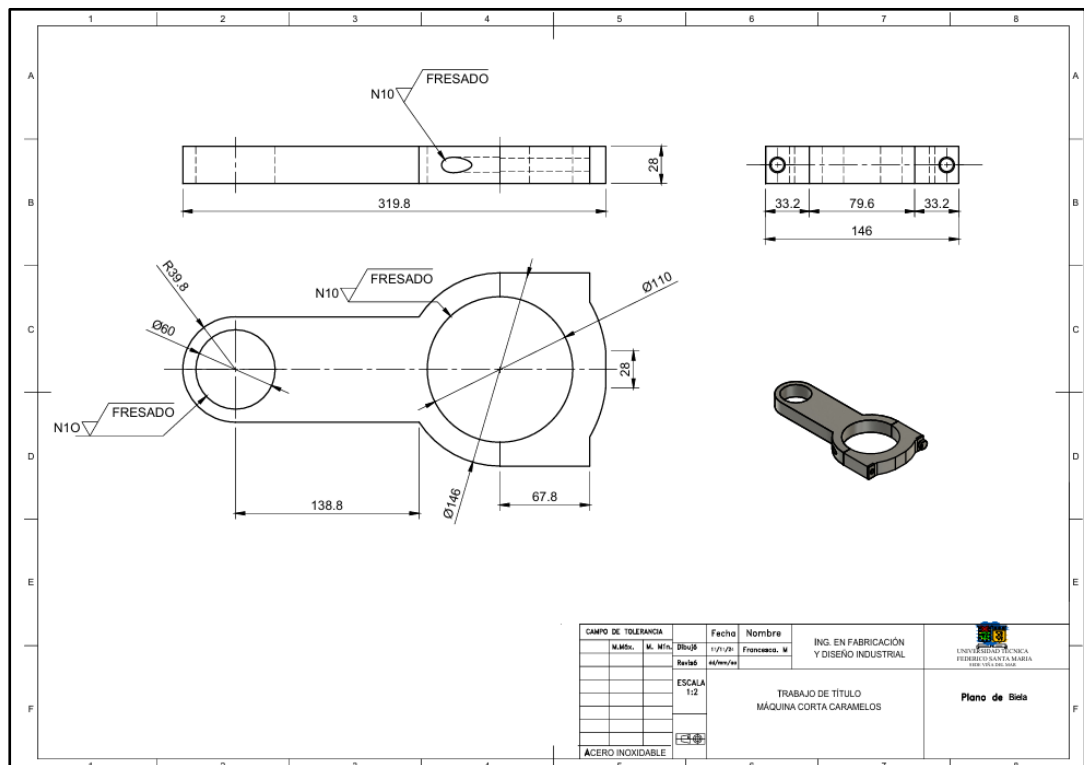
2.3.2.2 Planos de componentes



Plano de eje excéntrico

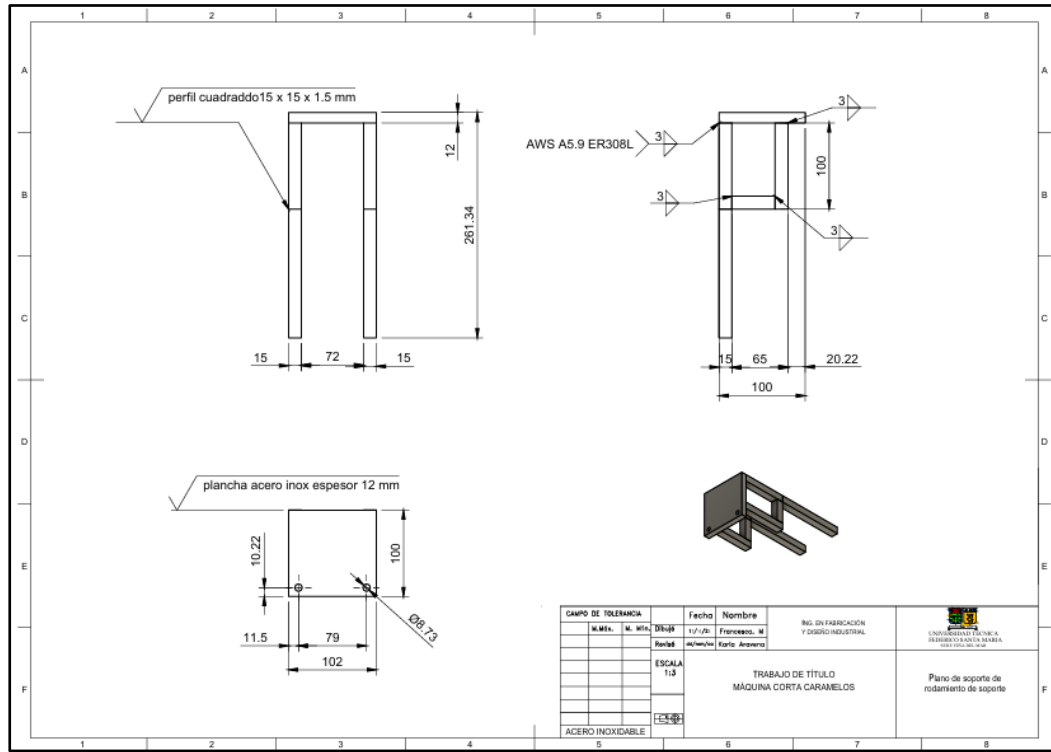


Plano de cuchilla

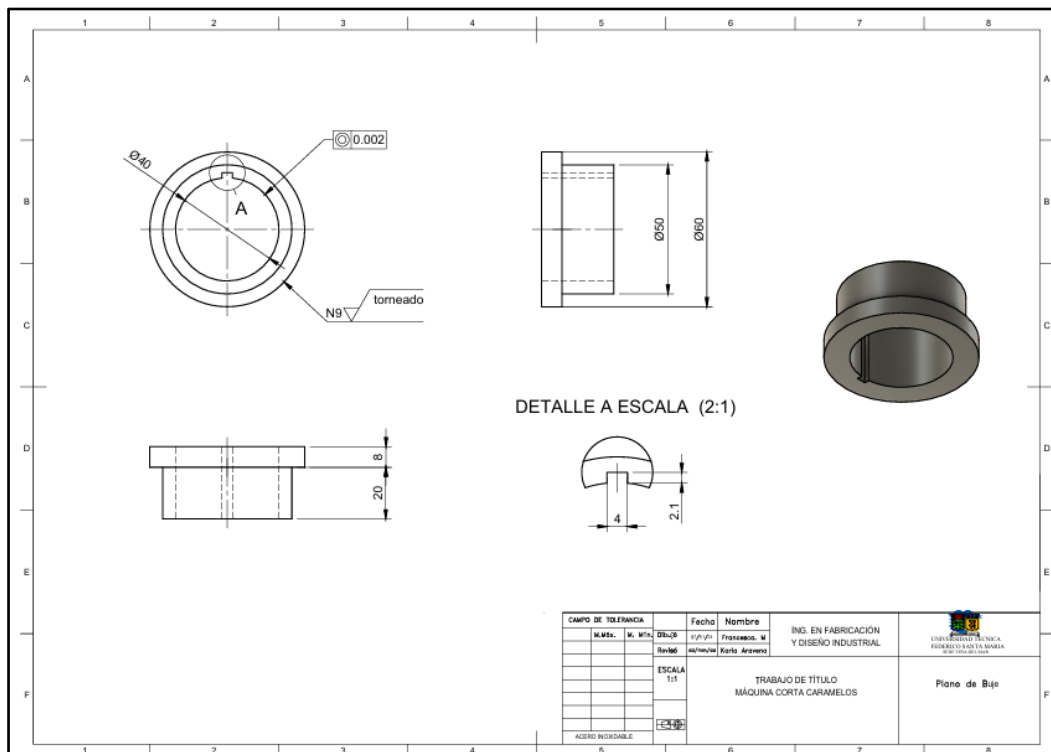


Plano de Biela





Plano soporte de rodamiento de descanso.



Plano de Buje





**CAPÍTULO 3: COSTOS**

3.- En este capítulo se abordan los costos asociados a la fabricación de la máquina, comenzando desde la etapa de diseño hasta la creación del prototipo, y posteriormente se analizan los costos implicados en la producción de la máquina industrial.

### **3.1. COSTOS PROTOTIPO**

En esta sección se analizará los costos asociados al diseño y fabricación del prototipo, abarcando desde los componentes del sistema electrónico hasta la carcasa de este.

#### **3.1.1 Costos Electrónicos Prototipo**

Tabla 3- 1 Lista de costos componentes electrónicos prototipo

<b>Componente</b>	<b>cantidad</b>	<b>Valor unidad \$ chileno</b>	<b>Valor total \$ chileno</b>	<b>Valor total UF</b>
Engranaje de motor	2	150	300	0.01
Motor gear DC 6V	1	3.086	3086	0.08
Cables	40	50	2.000	0.05
Sensor de proximidad	1	2950	2.950	0.08
Arduino	1	12890	12.890	0.34
Protoboard	1	2300	2.300	0.06
Driver controlador de motores	1	3600	3.600	0.09
<b>Total</b>			<b>27.126</b>	<b>0.71</b>

Fuente: Elaboración propia con datos.

Tabla 3- 2 Lista de valores componentes electrónicos prototipo cinta.

<b>Compon</b> <b>ente</b>	<b>cantidad</b>	<b>Valor unidad \$ chileno</b>	<b>Valor total \$ chileno</b>	<b>Valor total UF</b>
Motor gear DC 6V	1	3.086	3.086	0.08
<b>Total</b>			<b>3086</b>	<b>0.08</b>

### 3.1.2 Costos materiales carcasa y sistema mecánico.

Tabla 3- 3. Lista de valores materiales del prototipo.

<b>Componente</b>	<b>cantidad</b>	<b>Valor unidad \$ chileno</b>	<b>Valor total \$ chileno</b>	<b>Valor total UF</b>
Filamento Pla 1kg	1	19.850	19.850	0.52
Tuercas M3	40	50	2.000	0.05
Pernos M3 12 mm	20	50	1.000	0.03
Pernos M3 8 mm	20	50	1.000	0.03
Rodamientos diam 26	3	1.500	4.500	0.12
Rodamientos diam	4	1.000	4.000	0.10
Total			32.350	0.84

Tabla 3- 4 Lista de valores materiales prototipo cinta transportadora.

<b>Componente</b>	<b>cantidad</b>	<b>Valor unidad \$ chileno</b>	<b>Valor total \$ chileno</b>	<b>Valor total UF</b>
Tuercas M3	24	50	1.200	0.03
Perno eje	3	1.000	3.000	0.08
Pernos M3 12 mm	24	50	1.200	0.03
Rodamientos diam	3	1.000	3.000	0.08
Total			8.400	0.22

### 3.2 COSTOS MÁQUINA

Motor AC Trifásico 7.5HP = \$ 667.849 C/U (IVA Inc.)

#### 3.2.1 Costos De Materiales

Tabla 3- 5 Costos de materiales máquina corta caramelos.

<b>Componente</b>	<b>Parte</b>	<b>canti dad</b>	<b>Valor unidad \$ chileno</b>	<b>Valor total \$ chileno</b>	<b>Valor total UF</b>
Perfil cuadrado 50 x 50 x 2 mm x6 m	Mesa	1	22.490	22.490	0.59
Perfil cuadrado 15 x 15 x 1.5 mm x 6m	Soporte Rodamient o descanso	1	5.390	5.390	0.14
	Soporte de motor				
Plancha acero inox 3000x1500x10 mm	Mesa	1	2.227.680	2.227.680	58.04
Plancha acero inox 300 x 1500 x 12 mm	Soporte motor y Soporte rodamient o	1	2.432.627	2.432.627	63.38
Rodamiento de descanso		1	120.000	120.000	3.13
Rodamiento partido diam exterior 110 mm		2	250.000	500.000	13.03
Rodamiento		4	60.000	240.000	6.25
Perno M6 x 40 mm con tuerca	guía	8	1.190	9.520	0.25
Perno M8 X 30 mm con tuerca	Rodamient o de descanso	2	1.890	3.780	0.10
Perno M10 X 25 mm con tuerca	Soporte de Motor	4	2.590	2.590	0.07
Filtro Tacos De Goma	Patatas de mesa	4	14.000	14.000	0.36
Plancha de acero inox 3000X1500X6M M	cuchilla	1	1.216.313	1.216.313	31.69

Electrodos soldadura	varios	1	16.209	16.209	0.42
Total				6.875.932	179.13

Cantidad de perfil usado en soporte de motor:

$(15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}) \times 161,305 \text{ mm} = 2 \text{ unidades}$

$(15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}) \times 140,358 \text{ mm} = 2 \text{ unidades}$

$(15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}) \times 70 \text{ mm} = 2 \text{ unidades}$

$(15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}) \times 64 \text{ mm} = 1 \text{ unidad}$

$(15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}) \times 21 \text{ mm} = 2 \text{ unidades}$

Largo total =  $(2 \times 161,305) + (2 \times 140,358) + (2 \times 70) + (64) + (2 \times 21)$

Largo total = 849,286 (mm)

Por lo tanto, del perfil cuadrado de 15mm x 15mm x 1.5 mm x 6 m se utilizarán tan solo 849,286 mm.

Cantidad de perfil usado en soporte de rodamiento:

$(15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}) \times 249,338 \text{ mm} = 2 \text{ unidades}$

$(15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}) \times 100 \text{ mm} = 2 \text{ unidades}$

$(15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}) \times 50 \text{ mm} = 2 \text{ unidades}$

Largo total =  $(2 \times 249,338) + (2 \times 100) + (2 \times 50)$

Largo total = 798.676 (mm)

Por lo tanto, del perfil cuadrado de 15mm x 15mm x 1.5 mm x 6 m se utilizarán tan solo 798,676 mm.

Cálculos planchas Acero Inoxidable:

Plancha Inoxidable 316L 3000X1500X10MM = \$2.027.189

Según: <https://www.kupfer.cl/aceros-inoxidables/planchas-inoxidable.html>

Valor de plancha de acero inoxidable 300 x 1500 x 12 mm: \$2.432.627

Plancha Inoxidable 316l 3000x1500x5mm = \$594.512

Plancha inoxidable 3000x1500x20mm = \$4.054.378

Valor total plancha acero inoxidable 3000x1500x25mm = \$4.648.890

Según: <https://www.kupfer.cl/aceros-inoxidables/planchas-inoxidable.html>

### 3.2.2. Costo De HH.

#### Torno

Sueldo operador de máquinas en Chile al mes: \$600.000 / \$810.000

Sueldo x hora: \$3.750 app ganando \$600.000

Se estima que gana \$5.000 clp la hora.

#### Cálculo del costo por la hora de la máquina:

##### 1. Costo de la energía eléctrica del torno:

- La potencia del torno es de 5 kW.
- El precio de la electricidad es de 130 CLP/kWh

Por lo tanto, el costo eléctrico de energía eléctrica por hora sería de:  $5\text{kW} \times 130/\text{KWh} = 650 \text{ clp/hora}$ .

##### 2. Costo del operario:

- \$5.000 clp/hora

##### 3. Costo del desgaste de la herramienta:

- Precio de una herramienta: 40, 000 CLP.
- Vida útil: 50 horas.

Por lo tanto, el desgaste por hora de una herramienta es de:  
 $40.000 \text{ clp} / 50 = 800 \text{ clp/hora}$

##### 4. Depreciación y mantenimiento del torno:

- Torno costo: 10, 000, 000 CLP.
- Vida útil: 10,000 horas.
- Mantenimiento anual: 500,000 CLP a lo largo de 2,000 horas de uso. . .

Depreciación del torno por hora:  $10.000.000/10.000 = 1.000 \text{ clp/hora}$

Mantenimiento por hora:  $500.000/2.000 = 250 \text{ clp/hora}$ .

## 5. Otros costos: Aceites y refrigerantes:

- 300 CLP/hora.

## 6. Total, hora máquina torno

Costo eléctrico + operario + Desgaste + Depreciación + Mantenimiento + otros

Total, hora máquina torno =  $650 + 5.000 + 800 + 1.000 + 250 + 300 = \$8.000$

clp

**Fresadora**

Sueldo operador de máquinas en Chile al mes: \$600.000 / \$810.000

Sueldo x hora: \$3.750 app ganando \$600.000

Estimemos que gana \$5.000 clp la hora.

Cálculo del costo por la hora de la máquina:

## 1. Costo de la energía eléctrica de la fresadora:

- La potencia de una fresadora es de 7 kW.
- El precio de la electricidad es de 130 CLP/kWh

Por lo tanto, el costo eléctrico de energía eléctrica por hora sería de :  $7\text{kW}$

$\times 130/\text{KWh} = 910 \text{ clp/hora.}$

## 2. Costo del operario:

- \$5.000 clp/hora

## 3. Costo del desgaste de la herramienta:

- Precio de una herramienta: 60, 000 CLP.
- Vida útil: 40 horas.

Por lo tanto, el desgaste por hora de una herramienta es de:

$60.0 \text{ clp} / 40 = 1.500 \text{ clp /hora}$

## 4. Depreciación y mantenimiento de la fresadora:

- Torno costo: 13.000. 000 CLP.
- Vida útil: 10.000 horas.
- Mantenimiento anual: 600.000 CLP a lo largo de 2.000 horas de uso. . .



Depreciación del torno por hora:  $13.000.000/10.000= 1.300$  clp/hora

Mantenimiento por hora:  $600.000/2.000 = 300$  clp/hora.

Total, hora máquina fresadora:

Costo eléctrico + operario + Desgaste + Depreciación + Mantenimiento + otros

Total, hora máquina torno =  $910 + 5.000 + 1500 + 1.300 + 300 = \$9.010$ clp

### **Biela**

1. Costo del material:

Precio estimado del aluminio en Chile: \$2.406 CLP/kg.

2. Costo del material:

$4 \text{ kg} \times 2406 \text{ CLP/kg} = 9.624 \text{ CLP}$

3. Tiempo de maquinado:

Dada la complejidad de la pieza y las operaciones necesarias:

- Operaciones principales: Perforado, mandrinado, escariado, fresado y formado.
- Tiempo estimado: 4 horas (con un operador experimentado y máquinas adecuadas).

4. Tarifa horaria para taller en Chile:

- \$20.000 CLP/hora.

5. Costo de maquinado:

- $4 \text{ horas} \times 20.000 \text{ CLP/hora} = 80.000 \text{ CLP}$

6. Costos indirectos (electricidad, mantenimiento, herramientas):

- Aproximado: \$10.000 CLP/hora.

7. Costo indirecto:

- $4 \text{ horas} \times 10.000 \text{ CLP/hora} = 40.000 \text{ CLP}$

8. Margen de ganancia: Se agrega un 30% del subtotal como ganancia.

- Ganancia:  $(7.577 + 80.000 + 40.000) \times 0,30=38.273 \text{ CLP}$

Costo total de biela =  $9.624 + 80.000 + 40.000 + 38.273= \$167.897$

2 bielas = \$335.794

### **Soldadura**

Tipo de soldadura a utilizar

El acero inoxidable en contacto con alimentos suele ser del tipo 304 o 316, según el documento. Para soldarlo:

- TIG (GTAW): Recomendado por su precisión, limpieza y adecuada para uniones higiénicas.
- Electrodo utilizado: AWS A5.9 ER316L (si es acero 316) o AWS A5.9 ER308L (si es acero 304).

Costos estimados del soldador:

1. Tiempo de soldadura estimado por proyecto: Depende del tamaño y complejidad de la máquina.
2. Tarifa del soldador: Promedio en Chile:
  - Soldador especializado: \$12.000 CLP por hora.
3. Material de aporte: Dependiendo del peso necesario (5-10 kg), el precio de 4 kilos de electrodo TIG en <https://www.kupfer.cl/> es de \$16.209.

### **Costos de diseño**

Según sueldo promedio de proyectista en Chile \$511.500

Sueldo por hora = \$ 3.197

Cantidad de horas necesarias para el diseño de proyecto = 1 mes

Valor total de diseño = \$511.500

## 3.2.3. Costo De Fabricación

Tabla 3- 6 Costos de fabricación máquina corta caramelos.

<b>Componente</b>	<b>Proceso</b>	<b>horas</b>	<b>Valor x hora \$ chileno</b>	<b>Valor total \$ chileno</b>	<b>Valor total UF</b>
Eje Macizo diam 120 mm	torneado	16	8.000	128.000	3.33
Eje Macizo diam 85 mm	torneado	4	8.000	32.000	1.77
	fresado	4	9010	36.040	
Biela	x	x	x	335.794	8.75
Guía	fresado	3	9010	27.030	0.70
Buje	torneado	2	8.000	16.000	0.42
Rodamiento de descanso	torneado	3	8.000	24.000	1.56
	fresado	4	9.010	36.040	
Mesa	soldadura	2	12.000	24.000	0.63
Soporte rodamiento	soldadura	3	12.000	36.000	0.94
Soporte motor	soldadura	3	12.000	36.000	0.94
Guía	soldadura	2	12.000	24.000	0.63
Total				754.904	19.67

## 3.2.4. Costo total

Costo total = Costo de material + costo de fabricación + costo de diseño + costo de motor.

$$\text{Costo total} = 6.875.932 + 754.904 + 511.500 + 667.849$$

$$\text{Costo total en clp} = 8.810.185$$

$$\text{Costo total en UF} = 229.52$$

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones:**

#### **Investigación de las deficiencias de la máquina previa:**

A lo largo del desarrollo del proyecto, un análisis detallado de las máquinas existentes reveló problemas clave como una precisión de corte insuficiente, materiales no aptos para el contacto con alimentos y una ergonomía insuficiente. Estos hallazgos fueron fundamentales para determinar los requisitos técnicos y de diseño de la nueva máquina.

#### **Identificación de las causas de las irregularidades en el tamaño de los caramelos:**

Se analizaron las limitaciones técnicas y mecánicas de las máquinas anteriores y se concluyó que las irregularidades se debían al desgaste de los componentes, falta de automatización y tecnología obsoleta. Durante el desarrollo del proyecto se utilizó un sistema automatizado con sensores de proximidad y un diseño estructural optimizado, eliminando así las causas de cortes irregulares.

#### **Análisis de las limitaciones técnicas y mecánicas de la máquina actual:**

A través del análisis, se determinó que estas limitaciones impactaron la eficiencia y seguridad del proceso. A lo largo del trabajo, estas limitaciones se abordaron de la siguiente manera:

Se seleccionaron materiales adecuados, como acero inoxidable (el cual cumplía con las normas FDA e ISO).

Se selecciono el motor de CA trifásico integrado de 5,5 kW , el cual garantiza la potencia y el par necesarios para un corte preciso y continuo.

Se implementó ergonomía y diseño modular para mejorar la operación y mantenimiento.

#### **Diseño de una nueva máquina de acuerdo con los requerimientos del mandante:**

Durante el desarrollo del trabajo se propuso un nuevo diseño , utilizando un software de modelado 3D (Fusion 360). El diseño tuvo en cuenta:

La automatización de procesos mediante sensores y controladores PLC Siemens.

Un sistema de corte eficiente para optimizar el tiempo de producción.

Componentes modulares para fácil fabricación, montaje y mantenimiento.

Mejora de la ergonomía y seguridad, adaptando la máquina al tamaño medio del operador.

**Desarrollo del prototipo de la nueva máquina:**

El prototipo fue desarrollado y evaluado en una fase práctica, mejorando paulatinamente su funcionamiento. Se integran componentes electrónicos simulados y reales (Arduino, motores DC y sensores de proximidad) para validar el sistema de automatización y corte. Los resultados mostraron mejoras significativas en precisión, calidad de corte y eficiencia operativa, logrando los objetivos establecidos.

**Recomendaciones:**

1. Pruebas continuas: Realizar pruebas completas del prototipo para asegurar su óptimo funcionamiento antes de la producción industrial.
2. Capacitación: Ofrecer formación técnica al personal encargado de manejar y mantener la máquina.
3. Monitoreo de mercado: Revisar regularmente las regulaciones y tecnologías nuevas para mantener la competitividad y el cumplimiento.
4. Análisis de retorno de inversión (ROI): Hacer un análisis detallado para validar la viabilidad financiera a largo plazo.
5. Documentación detallada: Conservar registros claros de los procesos y cálculos realizados para facilitar modificaciones futuras o escalabilidad.

## **BIBLIOGRAFIA**

- <https://labomat.eu/es/preguntas-frecuentes-sobre-texturas/858-estudio-de-caso-medicion-de-la-dureza-y-el-crujido-de-los-caramelos.html>
- libro diseño en ingeniería mecánica de shigley
- libro product guide unitor
- <https://rhona.cl/producto/10606/motor-ac-trifasico.html>
- [https://es.martinsprocket.com/documents/catalogs/power%20transmisson/4\\_engranés](https://es.martinsprocket.com/documents/catalogs/power%20transmisson/4_engranés)
- <https://www.prodalam.cl/productos/9435-un/perfil-cuadrado-15mm-x-15mm-x-150mm-espesor-y-6m-largo?grupo=wa000068>
- <https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/articulo/110304695/50x50x2mm-x6m-perfil-tubular-cuadrado/110304698>
- <https://rodavigo.net/es/p/eje-de-acero-inoxidable-macizo-diametro-40-mm-h7-ref-star-bosch-rexroth-r100004031/565100004031>
- <https://view.genially.com/60f3099d773d4f0d93f9ac71/interactive-content-normas-iso-a-iso-e>
- <https://rhona.cl/producto/10606/motor-ac-trifasico.html>
- <https://www.ofiprix.com/es/blog/guia-sobre-la-altura-de-una-mesa>
- <https://drouven-cle.com/maquina-formadora-cortadora-de-caramelos-duros/>
- [https://www.amazon.es/pies-antideslizantes-x-protector-almohadillas-protectores/dp/b07d92fqxs/ref=sr\\_1\\_15?\\_\\_mk\\_es\\_es=%c3%85m%c3%85%c5%bd%c3%95%c3%91&crd=1fmkmfj9vbgp&dib=eyj2ijoimsj9.qusmfbnmaq8mil73m2efi\\_sxi-mlwexfj2nadxr1qmjchggta\\_phsmqiys0csp9od\\_gb6\\_f-hxfqs8zneerzhu9lhmhe4zbqykwqdebjnovwbd-8qagqg2q42v\\_z7sjoqveklns-cfxsdllr6z50pst9gerfvkuocif5ilxyiqvrkqapgzdkydxgccclocpadvbfboipqzm5y7b7lsx4ernurud2eivbhtklur8cifasmt1jzmrt-roxhpzr9wzfn4gqkl-wtd4vq2csrkkhqpmpmyinx9wyzoxve-w4.kn2pjzyin7c9nyp9tnhbqtayarx9m6lbtwjynjppguik&dib\\_tag=se&keywords=goma%2bpara%2bpatas&nsdoptoutparam=true&qid=1731874808&prefix=goma%2bpara%2bpata%2ccaps%2c402&sr=8-15&th=1](https://www.amazon.es/pies-antideslizantes-x-protector-almohadillas-protectores/dp/b07d92fqxs/ref=sr_1_15?__mk_es_es=%c3%85m%c3%85%c5%bd%c3%95%c3%91&crd=1fmkmfj9vbgp&dib=eyj2ijoimsj9.qusmfbnmaq8mil73m2efi_sxi-mlwexfj2nadxr1qmjchggta_phsmqiys0csp9od_gb6_f-hxfqs8zneerzhu9lhmhe4zbqykwqdebjnovwbd-8qagqg2q42v_z7sjoqveklns-cfxsdllr6z50pst9gerfvkuocif5ilxyiqvrkqapgzdkydxgccclocpadvbfboipqzm5y7b7lsx4ernurud2eivbhtklur8cifasmt1jzmrt-roxhpzr9wzfn4gqkl-wtd4vq2csrkkhqpmpmyinx9wyzoxve-w4.kn2pjzyin7c9nyp9tnhbqtayarx9m6lbtwjynjppguik&dib_tag=se&keywords=goma%2bpara%2bpatas&nsdoptoutparam=true&qid=1731874808&prefix=goma%2bpara%2bpata%2ccaps%2c402&sr=8-15&th=1)
- <https://www.kupfer.cl/aceros-inoxidables/planchas-inoxidable.html>
- [https://www.alibaba.com/product-detail/commercial-flat-lollipop-cutter-slice-candy\\_62013547240.html](https://www.alibaba.com/product-detail/commercial-flat-lollipop-cutter-slice-candy_62013547240.html)

- [https://youtu.be/qqvkcyn5eu?si=egkh\\_tmbwwlfloduhttps://labomat.eu/es/preguntas-frecuentes-sobre-texturas/858-estudio-de-caso-medicion-de-la-dureza-y-el-crujido-de-los-caramelos.html](https://youtu.be/qqvkcyn5eu?si=egkh_tmbwwlfloduhttps://labomat.eu/es/preguntas-frecuentes-sobre-texturas/858-estudio-de-caso-medicion-de-la-dureza-y-el-crujido-de-los-caramelos.html)
- <https://rhona.cl/producto/10606/motor-ac-trifasico.html>
- [https://es.martinsprocket.com/documents/catalogs/power%20transmission/4\\_engranes](https://es.martinsprocket.com/documents/catalogs/power%20transmission/4_engranes)
- [https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/articulo/112751880/perno-hexagonal-metrico-acero-inoxid.-c-tuerca-m8-x-30-2-unid/112751882?exp=so\\_com](https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/articulo/112751880/perno-hexagonal-metrico-acero-inoxid.-c-tuerca-m8-x-30-2-unid/112751882?exp=so_com)
- [https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/articulo/112751999/perno-hexagonal-metrico-acero-inoxid.-c-tuerca-m6-x-50-2-unid/112752000?exp=so\\_com](https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/articulo/112751999/perno-hexagonal-metrico-acero-inoxid.-c-tuerca-m6-x-50-2-unid/112752000?exp=so_com)
- <https://www.kupfer.cl/plancha-inoxidable-316l-3000x1500x6mm-n1.html>
- [https://www.academia.edu/29786436/Metodo\\_reba\\_hoja](https://www.academia.edu/29786436/Metodo_reba_hoja)

**ANEXO**

- A. PLANO DE CONJUNTO
- B. PLANO DE EJE
- C. PLANO DE CUCHILLA
- D. PLANO DE BIELA
- E. PLANO EJE MACIZO
- F. PLANO MESA
- G. PLANO SOPORTE DE RODAMIENTO DE DESCANSO
- H. PLANO DE BUJE
- I. PLANO DE GUÍA
- J. PLANO SOPORTE DE MOTOR