



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE  
CANALES Y CUMBRERAS EN LA EMPRESA FRANJED EN EL CANTÓN  
LAGO AGRIO.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial bajo la  
modalidad de Propuesta Metodológica.

**Autor**

Coello Bone Darwin Darío

**Tutor**

Dr. Ayala Chauvin Manuel Ignacio

AMBATO – ECUADOR

2022

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA  
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Darwin Darío Coello Bone, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE CANALES Y CUMBRERAS EN LA EMPRESA FRANJED EN EL CANTÓN LAGO AGRIO”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 12 días del mes de enero del 2022, firmo conforme:

Autor: Coello Bone Darwin Darío



Firmado electrónicamente por:  
**DARWIN DARÍO  
COELLO BONE**

Firma: .....

Número de Cédula: .1711283430

Dirección: Sucumbíos, Lago Agrio, Nueva Loja, Barrio Amazonas.

Correo Electrónico: capdar2001@yahoo.com

Teléfono: 0991102687

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE CANALES Y CUMBRERAS EN LA EMPRESA FRANJED EN EL CANTÓN LAGO AGRIO” presentado por Coello Bone Darwin Darío, para optar por el Título INGENIERO INDUSTRIAL.

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 12 de enero del 2022

 Firmado electrónicamente por:  
**MANUEL IGNACIO  
AYALA CHAUVIN**  


.....  
Dr. Ayala Chauvin Manuel Ignacio

**TUTOR**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 12 de enero del 2022



Firmado electrónicamente por:  
**DARWIN DARÍO  
COELLO BONE**



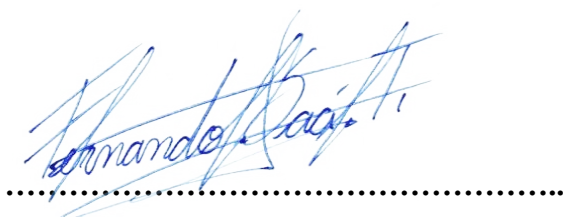
.....  
Coello Bone Darwin Darío

1711283430

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE CANALES Y CUMBRERAS EN LA EMPRESA FRANJED EN EL CANTÓN LAGO AGRIO”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 12 de enero del 2022



Ing. Fernando David Saá Tapia; Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



08( 22[ Áá 22( ^) c'A  
| | ; RU UOÁS WQ/ XOEÚ ÓSCÁ  
08Ó0EJ  
0^ & @ 0000 FEG Á  
FÍ KG EÍ KE€

Ing. José Varela Aldás; Mg.  
VOCAL



Firmado electrónicamente por:  
**PEDRO FERNANDO  
ESCUDERO VILLA**

Ing. Pedro Escudero Villa; PhD.  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

Esta tesis la dedico con mucha aprecio y cariño primeramente a Dios por darme fortaleza para continuar adelante cada día.

De igual forma a mis padres, que me apoyaron desde mis primeros días de vida, enrumbándome por la educación hasta llegar a este anhelado título universitario.

También a mi querida esposa, mis hijos y hermanas quienes son el pilar fundamental en todos los aspectos de apoyo emocional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis Maestros y Tutores que me apoyaron con sus sabias enseñanzas, en mi formación académica profesional.

De forma especial a mi Tutor de tesis Dr. Manuel Ignacio Ayala Chauvin que me apoyó durante este proceso.

A la Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y la comunicación de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xi
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
ABSTRACT .....	xv

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Introducción.....	1
Antecedentes .....	3
Justificación.....	8
Objetivos.....	9
Objetivo general:.....	9
Objetivos Específicos:.....	9

### CAPÍTULO II INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico situacional de la empresa.....	10
Productos que elabora la empresa.....	11
Descripción de producción:.....	13
Problemática de la empresa.....	18



Área de estudio.....	22
Modelo operativo .....	23
Desarrollo del modelo operativo:.....	24

**CAPÍTULO III**  
**PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

Presentación de la Propuesta.....	28
Resultados esperados. ....	54
Cronograma de actividades.....	56
Análisis de costos.....	57

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones: .....	59
Recomendaciones:.....	60

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Quejas por parte de los trabajadores. ....	18
<b>Tabla 2:</b> Diagnóstico de la Casa de la Calidad.....	21
<b>Tabla 3:</b> Tiempos del proceso de elaboración de canales. ....	24
<b>Tabla 4:</b> Tiempos en el proceso de elaboración de cumbres. ....	25
<b>Tabla 5:</b> Selección de Alternativas.....	31
<b>Tabla 6:</b> Selección de Alternativas.....	31
<b>Tabla 7:</b> Resultados de la matriz de alternativas.....	32
<b>Tabla 8:</b> Denominación del primer prefijo según la normativa SAE-AISI.....	34
<b>Tabla 9:</b> Propiedades de los Aceros SAE-AISI. ....	34
<b>Tabla 10:</b> Claro vertical y horizontal para corte longitudinal. ....	39
<b>Tabla 11:</b> Factor de servicio para la selección de la cadena. ....	43
<b>Tabla 12:</b> Dimensión de Cadena y Rodillo. ....	44
<b>Tabla 13:</b> Resistencia del material SAE 1080.....	51
<b>Tabla 14:</b> Factor a y b para los acabados superficiales. ....	52
<b>Tabla 15:</b> Tiempos del proceso de elaboración de canales. ....	55
<b>Tabla 16:</b> Cronograma de actividades del proyecto.....	56
<b>Tabla 17:</b> Análisis de costos del proyecto en Lago Agrío. ....	57
<b>Tabla 18:</b> Cotización Maquina cortadora empresa Tianjin.....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Tiempos del proceso de corte para tres canales. ....	25
<b>Gráfico 2:</b> Tiempo en el proceso de elaboración de cumbreras. ....	26
<b>Gráfico 3:</b> Tiempos de elaboración de canales. ....	55

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1:</b> Máquina de corte de tiras de acero. ....	4
<b>Imagen 2:</b> Localización de la empresa. ....	10
<b>Imagen 3:</b> Recubrimiento de la Materia Prima. ....	12
<b>Imagen 4:</b> Proceso de descarga de bobinas de galvalum. ....	13
<b>Imagen 5:</b> Diagrama de procesos. ....	15
<b>Imagen 6:</b> Diagrama de flujo de la empresa Ferro-aceros FRANJED. ....	16
<b>Imagen 7:</b> Corte manual a tijera. ....	17
<b>Imagen 8:</b> Proceso de corte actual de láminas de galvalum. ....	17
<b>Imagen 9:</b> Esquema de la casa de la calidad. ....	20
<b>Imagen 10:</b> Diagrama de Flujo del Modelo Operativo. ....	23
<b>Imagen 11:</b> Cizalla manual de guillotina circular. ....	28
<b>Imagen 12:</b> Cizalla de accionamiento manual. ....	29
<b>Imagen 13:</b> Cortadora de rodillos Simple. ....	29
<b>Imagen 14:</b> Máquina de corte de rodillos automática. ....	29
<b>Imagen 15:</b> Nomenclatura AISI-SAE. ....	33
<b>Imagen 16:</b> Modelado de la máquina cortadora por rodillos. ....	34
<b>Imagen 17:</b> Corte tipo tijera. ....	35
<b>Imagen 18:</b> Disposición del corte lineal. ....	35
<b>Imagen 19:</b> Trazo de las líneas de presión de Corte. ....	37
<b>Imagen 20:</b> Claro vertical y horizontal. ....	39
<b>Imagen 21:</b> Diagrama del cuerpo libre de las cuchillas. ....	40
<b>Imagen 22:</b> Transmisión por cadena de la cortadora circular. ....	42
<b>Imagen 23:</b> Software selector de cadena de Renold. ....	45
<b>Imagen 24:</b> Diámetros para considerar en engranes. ....	46
<b>Imagen 25:</b> Ángulo de presión diámetros de los engranes rectos. ....	47
<b>Imagen 26:</b> DCL del Engrane. ....	48
<b>Imagen 27:</b> DCL del eje de la cuchilla. ....	48
<b>Imagen 28:</b> Diagramas de Momentos del eje. ....	50
<b>Imagen 29:</b> Análisis de los ejes. ....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Casa de la calidad QFD.....	63
<b>Anexo 2:</b> Diagnóstico de la casa de la calidad QFD. ....	67
<b>Anexo 3:</b> Propiedades de los Materiales de ejes.....	69
<b>Anexo 4:</b> Selección de cadena. ....	70
<b>Anexo 5:</b> Análisis de los ejes.....	71
<b>Anexo 6:</b> Curvas de selección paso de la cadena y el piñón. ....	72
<b>Anexo 7:</b> Planos del diseño de la máquina. ....	73
<b>Anexo 8:</b> Cálculos de diseño. ....	80
<b>Anexo 9:</b> Esquema eléctrico cambio giro de motor.....	81
<b>Anexo 10:</b> Imágenes de los procesos de producción de la empresa. ....	82
<b>Anexo 11:</b> Implementación de la máquina cortadora por rodillos. ....	84

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:** OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE CANALES Y CUMBRERAS EN LA EMPRESA FRANJED EN EL CANTÓN LAGO AGRIO.

**AUTOR:** Coello Bone Darwin Darío.

**TUTOR:** Dr. Ayala Chauvin Manuel Ignacio.

**RESUMEN EJECUTIVO**

La empresa FERRO – ACEROS CIA LTDA, es una compañía ubicada en ciudad de Nueva Loja del Cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos. Su ámbito de acción es la producción de material para la construcción de cubiertas de galvalum utilizadas en viviendas y naves industriales. Actualmente, la empresa realiza el corte de manera manual con tiempos de producción elevados, por lo que, el objetivo de este trabajo es implementar un equipamiento industrial semiautomático en la fase de corte para optimizar el proceso de producción. Además, se mejorará las condiciones de trabajo y salud de los operarios quienes realizan el corte de manera manual para la fabricación de canales y cumbreras. Se realizó un análisis del proceso productivo actual y se determinó que el corte manual es complejo y que para su ejecución se necesitan aproximadamente 10 minutos por unidad, este proceso al ser semiautomático se lo puede realizar en segundos, disminuyendo las horas hombre, horas máquina y costo de producción. Se seleccionó y simuló una máquina comercial para implantarla en el proceso de corte, esta al ser semiautomática solamente necesita de un operador para colocar el material a la entrada de la máquina y recogerlo a la salida, de esta manera se optimizó el proceso de producción disminuyendo el tiempo de corte en un 500%. Finalmente, la calidad del corte y precisión mejoró en relación con proceso manual y se logró optimizar el proceso de fabricación de canales y cumbreras para cubrir la demanda local y nacional.

**DESCRIPTORES:** Galvalum, optimización, proceso, producción.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**THEME:** OPTIMIZATION OF THE PROCESS FOR CHANNELS AND RIDGES MANUFACTURING IN FRANJED COMPANY FROM LAGO AGRIO.

**AUTHOR:** Coello Bone Darwin Darío.

**TUTOR:** Dr. Ayala Chauvin Manuel Ignacio.

**ABSTRACT**

FERRO – ACEROS CIA LTDA is a company located in Nueva Loja from Lago Agrio in Sucumbios province. Its field of activity is the material production to build galvalume ceilings for housings and industrial warehouses. Nowadays, the company makes manual cuttings with high hours of production. Therefore, the objective of this study is to implement a semi-automatic industrial equipment in the phase of the cutting to optimize the manufacturing process. Furthermore, working conditions will be improved to take care health of workers who make the cutting entirely by hand in order to manufacture channels and ridges. The manual cutting of the currently productive process was analyzed and it was noticed that it is very complex. It is necessary 10 minutes for manufacturing every single unit. However, a semi-automatic process could manufacture each unit in seconds and it could reduce the operating hours by hand or machines, and the production cost. A commercial machine was chosen and it was used to simulate the cutting. This semi-automatic machine only needs the operator to put the material in it and obtain the final product. This ensures a quickly and efficient manufacturing process getting a 500% reduction in cutting. Evidently, there is a high-quality accuracy in the cutting that is better than the manual cutting and the manufacturing process of channels and ridges were optimized to satisfy the local and national demand.

**Key words:** galvalume, manufacturing, optimization, process.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **Introducción.**

El mundo experimenta cambios acelerados referentes a la producción de materiales para la elaboración de cubiertas o tejados, canales y cumbreras. Lo que hace que la tecnología vaya ganando terreno para mejorar la calidad del producto.

“Las láminas de galvalum, galvanizadas y recubiertas de aluminio de Tipo 2 se sometieron a pruebas de laboratorio diseñadas para medir la resistencia a la corrosión en niebla salina (ASTM B 117), agua estancada cíclica e inmersión total. También se probaron la resistencia a la abrasión y la adherencia al asfalto. En todas las pruebas, la hoja de galvalum demostró el mejor rendimiento relativo (Stavros, 1986).

En Latinoamérica, a comienzos del siglo XXI, la industria de la construcción presento una expansión, por el desarrollo de las economías de esta parte del mundo, y con ello la utilización de nuevos materiales y nuevas técnicas de construcción se hicieron presente, es así que las láminas de galvalum recubiertas en aluminio, son muy usadas por las características del material, su alta durabilidad, y su facilidad de uso, paso a ser un elemento funcional para las nuevas construcciones en Latinoamérica, de gran utilidad para proteger las viviendas especialmente de las lluvias.



El país, ha pasado por todos estos cambios en los procesos de construcción a través de los años, por lo que ahora se cuenta con variedad de opciones en láminas planas de acero.

Sucumbíos, lugar donde está ubicada la empresa FRANJED, es una de las provincias que mayor crecimiento poblacional ha tenido, formada básicamente por migración interna en el país, que llegan atraídas por las compañías petroleras que brindan plazas de trabajo a la mayoría de los ciudadanos. Además, es frontera con el vecino país de Colombia, Todo esto, ha ocasionado que el sector de la construcción crezca por la necesidad de nueva infraestructura, con lo que la demanda de cubiertas de techo realizadas con láminas de acero es un mercado en expansión, por cuanto es uno de los materiales más utilizados para protegerse del clima.

FERRO ACEROS FRANJED CIA LTDA, ofertas cubiertas de galvalum, cumbreras y canales del mismo material. Esta última, permite recolectar el agua lluvia atenuando en varios sectores la falta de agua potable. La situación de este sector amazónico al ser cálido húmedo y con abundantes lluvias, facilita la utilización de materiales resistentes y ligeros.

Se hace imprescindible, ofrecer nuestros servicios profesionales de ingeniería industrial para que los cortes del material galvalum se realicen más rápido, eficiente y exactos. Así, la empresa obtendrá mayores ingresos y mejor servicio a la comunidad.

En el capítulo I, se menciona acerca de los tejados en el mundo y su avance tecnológico acorde a la época. Además, presentamos características de la máquina de corte de canales y cumbreras.

En el capítulo II, se observa la Ingeniería del Proyecto donde se da a conocer las tipologías del material, recursos humanos y los diferentes departamentos de producción de la compañía.

El en capítulo III, se encuentra propuestas acordes a los resultados obtenidos en los diferentes procesos para una producción óptima y eficiente. Así, como también se propone recomendaciones y conclusiones que permitan el aumento productivo de FRANJED, optimizando tiempos y precautelando la salud del personal que labora.

### **Antecedentes**

En el Ecuador el avance tecnológico se realiza de una manera tardía si se compara con el panorama internacional, incluso dando la impresión de estar detenida en su totalidad en áreas como la metalmecánica, agricultura, ganadería y metalúrgica. Las necesidades existentes en la industria ecuatoriana son inmensas debido a los procesos que deben realizarse dentro de la misma, es por esto por lo que los empresarios optan por importar tecnología extranjera a costos elevados, así como también, sus repuestos y mantenimientos. Teniendo como ejemplo la maquinaria que se necesita importar para las industrias: Máquinas roll form, hornos de pintura, prensas hidráulicas, cortadores de lámina, tornos, fresadoras, entre otras; las cuales como se ha mencionado anteriormente, dentro del país se construyen en cantidades mínimas.

Por todo esto y la falta de confianza del empresario local, sumado a la poca experiencia de los ingenieros mecánicos e industriales en el diseño y desarrollo de maquinaria en Ecuador, se realizará el diseño de una máquina cortadora de lámina de galvalum en un estudio realizado sobre los cortes a tijera menciona: “la población estudiada tuvo síntomas sin lesión, los segmentos más afectados fueron: mano-muñeca derecha (65.5%), espalda (62.2%) y mano-muñeca izquierda (44.2%). El 87% de los trabajadores se automedican con antiinflamatorios no esteroides por dolor de moderado a fuerte, persistente durante 1 a 24 horas; 73% de la población se encuentra en nivel 3 del método RULA y 27% en nivel 4, por lo que requieren rediseño y cambios urgentes en la tarea, respectivamente. (Ortiz et al., 2013).

La máquina de corte longitudinal de tiras de acero permitirá obtener los cortes

precisos en dimensiones exactas para elaborar los canales y cumbreras, tiene las siguientes características:

En la imagen 1, luego de una exhaustiva investigación se recomienda la siguiente máquina de corte de tiras de acero, misma que realiza cortes precisos longitudinales en menor tiempo; el material a cortar es de considerable dureza y espesor de 0.25, 0.30, 0.32 y 0.40 mm, para lo que su cuchilla es de 56 a 62 grados de inclinación. Trabaja con energía de 220v y 60 Hz., esto y más razones hace que sea una necesidad imperiosa que la compañía adquiera la cortadora cuyas características generales son las siguientes:

Tamaño de la máquina:	1.5*1.3*1.25m
Peso:	0.35 toneladas
Potencia del motor principal:	2.2kw
El ancho máximo:	1250mm
Dureza de la cuchilla:	56 a 62 HB
Método de alimentación:	Dos ejes de neopreno de diámetro 130 mm.
Material del caballete central:	Canal de 140 mm de acero máximo
Voltaje:	240v 60hz fases o necesidad del cliente



**Imagen 1:** Máquina de corte de tiras de acero.  
**Fuente:** (Haixing Industrial Group Co., 2019).

Esta cortadora de galvalum, brinda la facilidad de aumentar la eficiencia en el proceso de corte de la lámina, reduciendo los tiempos de corte. Además, de generar una metodología de diseño semiautomática, conocer sus herramientas (CAD, CAE

y CAM) para el desarrollo de productos y que la empresa pueda fabricar equipos para su proceso sin necesidad de tener que importar tecnología.

### **Antecedentes relacionados con otros estudios similares.**

1. **Tema:** Proceso del Diseño Mecánico de Máquina Cortadora de Lamina con poseionares Automáticos.

- Memorias del XIX congreso Internacional, anual de la SOMIM.
- Congreso Internacional.
- Autor: J. Ortiz, V.H. Alvarado.
- Pachuca – 2013.

En el documento se hace una referencia al análisis y diseño mecánico de una máquina para cortar bobinas de lámina de acero. En este se detallan los siguientes puntos:

- El respectivo análisis de patentes para el diseño.
- Diseño y conceptualización de partes que no existen en el mercado de la máquina.
- Diseño de los ejes de transmisión de potencia.
- La elección correcta del tonillo sin fin, selección de servo motor.
- Respectivo análisis en elementos finitos para el sistema que están sometidos a fatiga por el corte(Ortiz et al., 2013).

2. **Tema:** Diseño y simulación de una máquina cortadora para tiras de O tatillo.

- CIATEQ
- Tesis de Grado para obtener el Título de maestro en manufactura avanzada.
- Autores:  
    Ing. Oralio Hernández Alvarado
- CD. Sahugún – 2015

En esta tesis de diseño tiene como objetivo el diseño estático de los

elementos mecánicos de una cortadora de o tatillo realizando un análisis por medio de elementos finitos, realiza el análisis respectivo con el fin de tener en cuenta la capacidad de producción para el diseño respectivo (Hernández Alvarado, 2015).

3. **Tema:** Diseño y construcción de una cortadora de láminas de acero tipo guillotina hidráulica hasta 1.4mm de espesor, para la empresa ingeniería del acero y matricería de la ciudad de Ambato.

- Tesis Universidad Técnica de Ambato.
- Ingeniería Mecánica.
- Autores: Carrillo Rosero Carlos.  
García Sánchez, Francisco Xavier.
- Ambato – 2020.

Esta tesis realizada en la ciudad de Ambato habla sobre el diseño y la construcción de una cortadora (Cizalla) de láminas de acero de hasta 1.4 mm de espesor en la empresa Ingeniería del Acero y Matricería. Para el diseño de la cortadora se utilizó el método de Morris Asimow, este método consta de dos fases: La planeación y el diseño. La en la planeación la elección de las propiedades de la máquina que se diseñó, para la selección se consideró: los costos, los elementos existentes en el mercado local (García, 2020).

4. **Tema:** Optimización de los procesos productivos en la fabricación de puertas de madera, en muebles Fonseca.

- Tesis Universidad Nacional de Chimborazo.
- Ingeniería Industrial.
- Autor: Fonseca Carrión Ismael.
- Riobamba– 2015

Esta tesis habla de la “Optimización de los procesos productivos en la fabricación de puertas de madera en Muebles Fonseca”, con el propósito

de optimizar sus procesos en las áreas de armado, lacado y empaçado que son las 3 etapas reconocidas para la construcción de puertas de madera, este autor ha realizado la respectiva investigación de métodos para reducir tiempos y movimientos en las actividades realizadas. Se efectuó un diagnóstico de la situación actual de la empresa con el propósito de establecer sistemas adecuados, y definir el tiempo estándar que se aplicara dentro de la planta de producción para un mejoramiento continuo.

5. **Tema:** Optimización del proceso de llenado con sustrato en fundas de almácigo de semilleros para el vivero del GAD. municipal del cantón Latacunga.

- Tesis Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Ingeniería Industrial.
- Autor: Saquina Maigua Carlos Fabian.
- Ambato – 2019.

La tesis del Ing. Saquina es un estudio en donde busca la optimización del proceso de llenado con sustrato en fundas de almacigo de semillas para un vivero del GAD Municipal de Latacunga, en donde este trabajo da como resultado un incremento de producción en más de 2160 fundas, disminuyendo el costo de producción por parte del GAD (Saquina, 2019).

6. **Tema:** Diseño y Construcción de una Máquina desgranadora de ajo en la parroquia PILAHUIN-AMBATO.

- Tesis Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Ingeniería Industrial.
- Autor: Temistocles Israel Galora.
- Ambato – 2018.

El objetivo de este proyecto es diseñar y poner en marcha una máquina peladora de ajo, con la finalidad de reducir costos y obtener facilidad en el proceso, este proyecto ayudara a resolver dudas que se dan en la elaboración

del documento en presente como es el diseño de diversos elementos de la máquina en mención (Galora, 2018).

### **Justificación.**

En la empresa FRANJED es **importante** analizar los efectos y problemas que ocasiona el método actual de corte que emplea la empresa, para de esta manera realizar una propuesta metodológica e investigar las distintas alternativas de cortes que existen y proponer la que más se acerque a las posibilidades de la empresa, con el propósito de evitar enfermedades profesionales y pérdidas económicas.

El diseño e implementación de una máquina en el subproceso de corte en la fabricación de canales y cumbreras en la empresa FRANJED, creara un **impacto** global en la planta ya que con la mejora se logra incrementar la calidad de los cortes, reducir los tiempos de entrega y reducir los costos de producción.

Con este proyecto se logra un **beneficio** económico para la empresa y se evitara futura lesiones enfermedades profesionales en los operarios.

El diseño de esta maquinaria tiene una **utilidad**, no solo para la empresa, sino también para microempresarios de la rama metalmecánica de la provincia y el país, que usan aun herramientas obsoletas para este tipo de procesos.

Gracias a la **factibilidad** que brinda la empresa FRANJED, para realizar este proyecto, brindando confianza, apoyo humano y con sus instalaciones, se logrará investigar y realizar esta propuesta metodológica e investigando las distintas alternativas de cortes que existen y así proponer la que más se acerque a las posibilidades de la empresa, con el propósito de evitar enfermedades profesionales y pérdidas económicas.

## **Objetivos.**

### **Objetivo general:**

- Optimizar el proceso productivo para la fabricación de canales y cumbreras en la empresa FRANJED del cantón Lago Agrio.

### **Objetivos Específicos:**

- Analizar el proceso de producción actual que utiliza la empresa FRANJED Cía. Ltda.
- Evaluar diferentes alternativas de máquinas para mejorar el proceso de corte en la empresa.
- Diseñar y Simular mediante los softwares SolidWorks y Ansys una máquina que mejore el proceso de corte para la fabricación de canales y cumbreras.
- Implementar una máquina que mejore el proceso de corte.



## CAPÍTULO II

### INGENIERÍA DEL PROYECTO

#### **Diagnóstico situacional de la empresa.**

#### **Información general de la empresa:**

**Nombre de la empresa:** FRANJED CIA LTDA.

#### **Actividad que realiza:**

La compañía importa y vende productos de galvalum (techos, canales y cumbreras), cubriendo la demanda del sector.

#### **Localización:**

Está ubicada en Nueva Loja, Lago Agrio, Sucumbíos, Ecuador. Avda. Mons. Gonzalo López Marañón, Barrio Amazonas. Tiene un área de 1500m<sup>2</sup>.



**Imagen 2:** Localización de la empresa.  
**Fuente:** Google Maps (2021).

### **Inicios de la empresa.**

La empresa fue constituida el 15 de enero de 2015, fundada por los hermanos Coello-Bone: Ruth, Nela, Jéssica, Alexandra y Darwin. Aplicando valores, con capital inicial de los socios y aporte de sus padres: Florencio Nicanor Coello Vera y Juliana Bone, que asumen retos orientados al crecimiento empresarial y social. Está centrada en el negocio de los aceros planos revestidos (galvalum).

### **Productos que elabora la empresa.**

Las actividades que desarrolla FERRO-ACEROS FRANJED CIA LTDA, se enfocan en importar y vender los siguientes productos elaborados a medida:

- Cubiertas laminadas.
- Canales de agua.
- Cumbresas.

### **Información general del área de producción.**

La compañía, dispone de varios departamentos:

- Oficina.
- Parqueadero para los clientes.
- Área de maniobras.
- Área de producción.
- Áreas de venta.
- Área de almacenamiento.

### **Descripción de la materia prima.**

Cada bobina de galvalum, tiene un peso aproximado de 5 ton. y 1200 metros lineales por 1.22 m. de ancho. Los espesores de material que oferta la empresa son de:

- 0.25 mm.
- 0.30 mm.
- 0.32 mm.
- 0.40 mm.

Se distribuye en las provincias de Sucumbíos y Orellana. También se cuenta con clientes fronterizos del vecino país de Colombia.



**Imagen 3:** Recubrimiento de la Materia Prima.  
**Fuente:** Ferro Aceros FRANJED, 2021.

### **Galvalum.**

Conocido también como Aluzinc que se observa en la imagen 3, es una aleación de aluminio, zinc y silicio que recubre la superficie de la lámina. Le otorga propiedades de resistencia a la corrosión, reflectividad lumínica y protección a las áreas cortadas y perforadas. También facilita la adherencia de la pintura (SEARQ, 2021).

### **Transporte del material:**

Las bobinas las adquieren principalmente en el mercado internacional, mismas que llegan a Ecuador vía marítima. Desde el puerto, las transporta un tráiler hasta su destino (FRANJED). En ocasiones se compra en el país, pero su precio es elevado. Para transportar las bobinas metálicas desde bodega hasta el área de producción, son trasladadas con un montacarga.

En la imagen 4, se observa un contenedor que llega a la empresa con las bobinas importadas desde el exterior, siendo manipuladas con un montacargas para descargar y llevar a la bodega para su almacenamiento; después pasará al área de producción para elaborar los techos, canales y cumbresas.



**Imagen 4:** Proceso de descarga de bobinas de galvalum.  
**Fuente:** Ferro Aceros FRANJED, 2021.

### **Descripción de producción:**

#### **1. Recepción del pedido:**

- El cliente solicita al departamento de ventas su pedido de forma personal o vía online.
- El departamento de ventas genera la factura.
- Bodega, realiza su inventario semanal y de acuerdo con esto se hace la adquisición del producto.

#### **2. Seleccionar la materia prima requerida.**

- El departamento de producción analiza los pedidos recibidos, establece el tipo, espesor y cantidad de materia prima requerida.

#### **3. Orden de trabajo.**

- El departamento de producción elabora la orden de trabajo y asigna al personal responsable del trabajo.

#### **4. Ejecución del corte.**

- El personal asignado selecciona las herramientas y equipo de protección personal a usar.
- Prepara su puesto de trabajo.
- Revisa las medidas requeridas.
- Ejecuta los cortes según la orden de trabajo.

#### **5. Doblado del material.**

- El material cortado es llevado al área de doblado.
- Se realizan nuevas medidas de acuerdo con el producto solicitado en la orden de trabajo (canales o cumbreras).
- Se procede al doblado.
- Se traslada el producto al área de almacenamiento.

#### **6. Inspección del producto terminado.**

- El jefe de producción hace la inspección del producto terminado.
- Si pasa el control de calidad está listo para la entrega o para ser almacenado.
- Si no pasa regresa a ser reutilizado o sale a la venta como producto con falla.

#### **7. Entrega.**

- Con la factura el cliente retira el producto terminado.
- El producto terminado es transportado y apilados manualmente en el lugar de almacenamiento.

#### **Diagrama de procesos.**

En la imagen 5, se detalla el diagrama de procesos de la producción de la empresa desde la recepción del pedido hasta la entrega del producto terminado, pasando por las operaciones, transporte, la inspección, el almacenamiento y venta del producto final.

## DIAGRAMA DE PROCESO



Departamento: PRODUCCION

Actividad: Fabricacion de cumbreros y canaletas

Método: Actual Diagrama: #1

Operarios: 2 Lugar: Planta de producción

Ord. Producción 25 cumbreros de 3m largo x 40cm ancho  
25 canaletas de 3metros x 15cm de ancho

ACTIVIDADES	OPERACION	Distancia (m)	Tiempo (min)
	TRANSPORTE	0	0
	INSPECCION	5	10
	DEMORA	5	5
	ALMACENAM.	5	4

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	OPERACIONES						
		OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCION	DEMORA	ALMACENAM.	DISTANCIA (M)	TIEMPO (min)
1	Recepción del pedido	X					15	5
2	Seleccionar la materia prima requerida				X		5	5
3	Orden de trabajo	X					5	5
4	Ejecución del corte	X					15	90
5	Doblado del material	X					5	70
6	Inspeccion del producto terminado			X			5	10
7	Entrega					X	5	5
<b>TOTAL</b>							<b>55</b>	<b>190</b>

**Imagen 5:** Diagrama de procesos.

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

### Diagrama de flujo.

El diagrama de flujo que se representa en la imagen 6, indica el proceso de fabricación de canales y cumbreras en la empresa FRANJED CIA LTDA.



**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS.**  
Fabricación de canales y cumbreras.

HOJA N°1/1

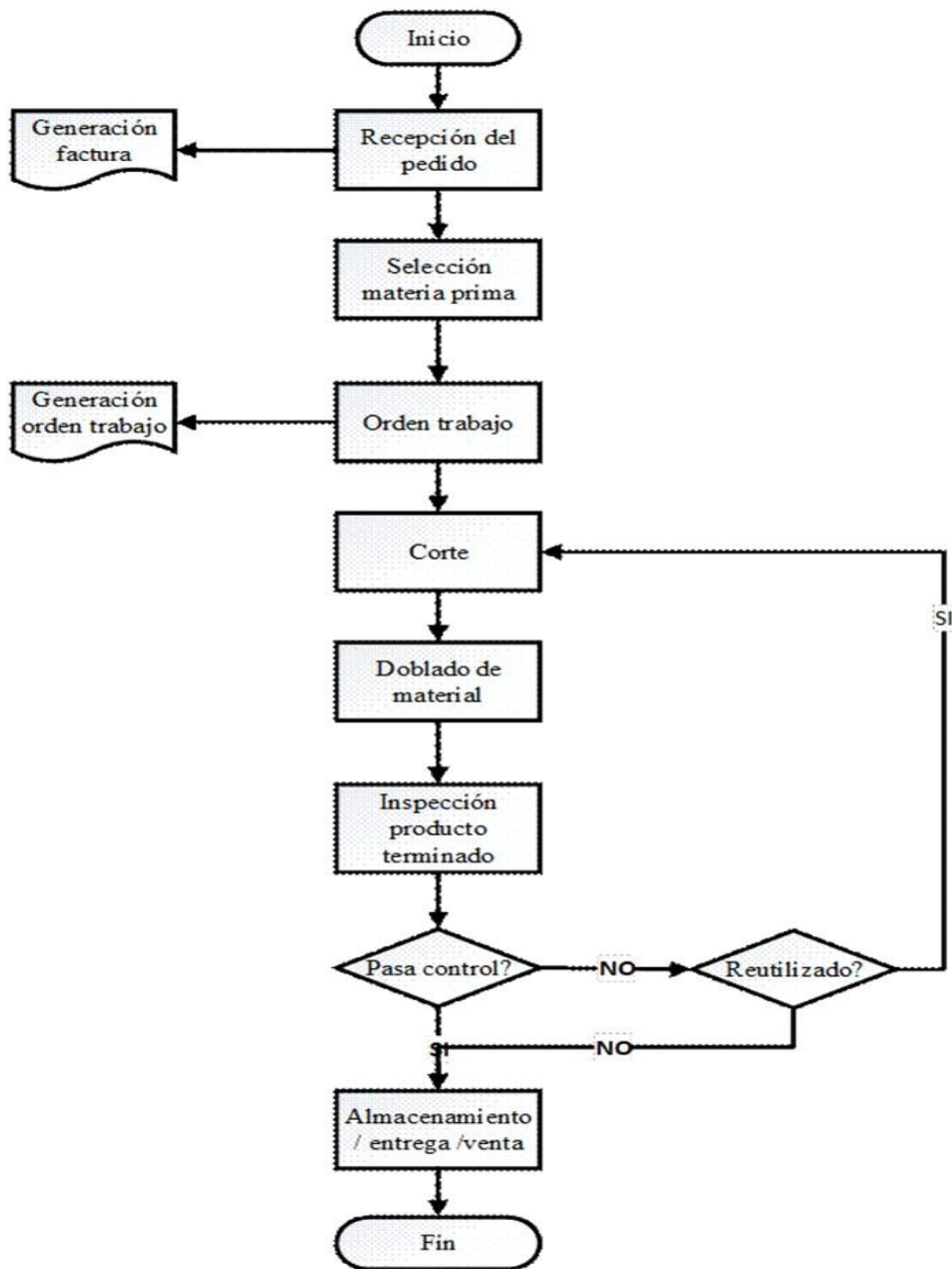
**PRODUCCIÓN.**

**ACTUAL.**

Responsable: Darwin Coello

Elaborado por: Darwin Coello

Fecha realizada: enero 2021



**Imagen 6:** Diagrama de flujo de la empresa Ferro-aceros FRANJED.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

### **Nivel de accidentalidad del área.**

Las normas del Código de Trabajo el Reglamento de Riesgos del Trabajo y el Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente del trabajo (Decreto 2393), hacen que FRANJED CIA LTDA, busque alternativas para evitar denuncias por riesgos laborales.

En la actualidad, los cortes a mano con tijera imagen 7, se ha podido notar que, al realizar los cortes de las láminas, provoca al trabajador, dolores articulares en sus manos, principalmente en los dedos y en la muñeca.



**Imagen 7:** Corte manual a tijera.  
**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

Otro, inconveniente es la mala postura del obrero para realizar los cortes, que a veces por comodidad asume posiciones incorrectas acordes a las necesidades del momento.

En la imagen 8, se observa el corte manual realizado por un obrero.



**Imagen 8:** Proceso de corte actual de láminas de galvalum.  
**Fuente:** Darwin Coello, 2021.



Por estas razones, y para evitar problemas posteriores, se ve en la necesidad de tener nuevas ideas para sustituir el proceso que realice los cortes exactos para elaborar los canales y cumbreras. Así, evita que el trabajador sufra deterioro en su salud a consecuencia de las tareas realizadas.

**Tabla 1:** Quejas por parte de los trabajadores.

Trabajadores	Por cortes leves con tijeras					Por mala postura				
	2016	2017	2018	2019	2020	2016	2017	2018	2019	2020
Trabajador 1		x	x	x	x	x		x	x	x
Trabajador 2	x			x	x		x		x	x
Trabajador 3			x	x	x			x	x	x

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

En función de la tabla 1, la empresa analiza que son evidentes las dificultades que presentan los trabajadores en los dos últimos años, esto hace que la empresa tome la iniciativa de sustituir el método actual por otro método moderno para precautelar salud y mejorar la calidad del producto.

### **Problemática de la empresa.**

Ferro Aceros FRANJED CIA LTDA, es una empresa que empezó sus labores en el año 2015. Con los años ha ido encontrando falencias en realizar los cortes para canales y cumbreras, visto que se realizan de forma manual aumentando los tiempos de producción. También aumentan las horas de trabajo y el costo del producto.

### **Tiempos de corte para elaborar canales y cumbreras.**

En una orden de producción de 25 cumbreras de 3m. de largo x 40cm ancho y 25 canaletas de 3 m. x 15cm. de ancho. Se necesita que dos obreros corten 150m. para estos pedidos. El promedio de demora en cortar la producción es de 90 minutos.

La productividad dada la ecuación 1, sería la siguiente:

$$\text{productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}} \quad [\text{Ec.1}]$$

$$\begin{aligned} \text{Productividad por hora} &= \frac{150 \text{ m.}}{2 \text{ obreros} * 90 \text{ min.}} = \\ &= 0,83 \frac{\text{m.}}{\text{min.} * \text{ obrero}} * \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ h}} \quad [\text{Ec.2}] \\ &= 49,8 \frac{\text{m.}}{\text{hora} * \text{ hombre}} \end{aligned}$$

Como cada pieza tiene 3 m entonces (49.8/3) un operario cortaría para 16,6 piezas en una hora ya que cada trabajador corta 49,8 m x cada hora. Si este pedido realiza un operario, se demoraría 3 horas aproximadamente en realizar los cortes para esta orden. Como son dos trabajadores lo hacen en la mitad del tiempo.

Por día cada trabajador produce:

$$\begin{aligned} \text{Productividad por día} &= 49,8 \frac{\text{m.}}{\text{hora} * \text{ hombre}} * 8 \text{ horas} \\ &= 398,4 \frac{\text{m.}}{\text{hombre}} \quad [\text{Ec.3}] \end{aligned}$$

En el día, un trabajador cortaría 398,4 m. aproximadamente.

### **La casa de la calidad QFD.**

En el trabajo de titulación del Sr Escutar Luis Steven de la UTI extensión Quito hace referencia al autor (Barry, 2009, pág. 162), el cual define al Quality Function deployment; (despliegue de la casa de la calidad), como una herramienta gráfica y un método el cual ayuda a captar las necesidades del cliente para así realizar las respectivas mejoras para satisfacer al máximo sus necesidades, como se observa en la imagen 9.

Para determinar el diagnóstico del QFD se encuentra los siguientes parámetros

como: puntos críticos, importancia técnica, ventaja competitiva, área de oportunidad y mejora indispensable, todos estos parámetros se los analiza con los “Que”, “grados de libertad” y los “Cómo”, para así determinas la necesidad más importante de los clientes para realizar la respectiva mejora.



**Imagen 9:** Esquema de la casa de la calidad.  
**Fuente:** (Gómez Villoldo, 2017).

### **Casa de la calidad de la máquina a construir.**

En el anexo 1, se observa la construcción de la casa de la calidad, en donde, se detalla los bloques que componen dicha casa.

### **Diagnóstico de la Casa de la Calidad.**

En el anexo 2, se detalla los bloques que componen el diagnóstico de la casa de la calidad.

**Tabla 2:** Diagnóstico de la Casa de la Calidad.

<b>Diagnóstico</b>	<b>Qué</b>	<b>GI</b>	<b>Cómo</b>	<b>DO</b>
Punto crítico	Que pueda cambiar dimensiones de corte	4,8	Mecanismo de corte regulable	3
	Que pueda cambiar dimensiones de corte	4,8	Tamaño de máquina	3
	Que sea de fácil montaje	4,7	Mecanismo de corte regulable	3
Importancia técnica	Que pueda cambiar dimensiones de corte	4,8	Mecanismo de corte regulable	3
	Que sea fácil de operar	4,7	Mecanismo de corte regulable	3
	Que sea de fácil montaje	4,7	Mecanismo de corte regulable	3
	Que tenga protectores de corte	4,5	Mecanismo de corte regulable	3
Ventaja competitiva	Que sea durable	4,4	Mecanismo de corte regulable	3
	Que sea durable	4,4	Potencia del motor principal	4
	Que sea durable	4,4	Ancho del mecanizado	3
	Que sea durable	4,4	Dureza de la cuchilla	3
	Que sea durable	4,4	Material caballete central	5
	Que sea durable	4,4	Material impermeable	
Área de oportunidad	Que se pueda cambiar las dimensiones del corte	4,8	Tamaño de máquina	3
Indispensable mejorar	Que sea durable	4,4	Número de bloques de armado	4
	Que sea automático	4,5	Potencia del motor principal	3

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

En la tabla 2, se realiza un resumen de la matriz principal de la casa de la calidad, que se reducen a satisfacer 6 requerimientos de los clientes estableciendo como

prioridad el cumplimiento de 10 cómo y sus características técnicas de la tabla anterior para cumplir con el requerimiento de los clientes y para tener una máquina acorde a las necesidades del cliente y la empresa se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos que debe tener la máquina a construir:

- Mecanismo de corte regulable.
- Tamaño de máquina.
- Potencia del motor principal.
- Ancho del mecanizado.
- Dureza de la cuchilla.
- Dureza de la cuchilla.
- Número de bloques de armado.

### **Área de estudio.**

El tema propuesto está bajo el amparo de la resolución de aprobación de las líneas de investigación de la Universidad Tecnológica Indoamérica para el periodo 2017 – 2020. Este tema se ubica en la línea de investigación 2, que es el Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos – MIST. Y la sublínea siguiente:

### **Línea 1: Diseño, realización y caracterización de sistemas inteligentes, automáticos, semiautomáticos o manuales.**

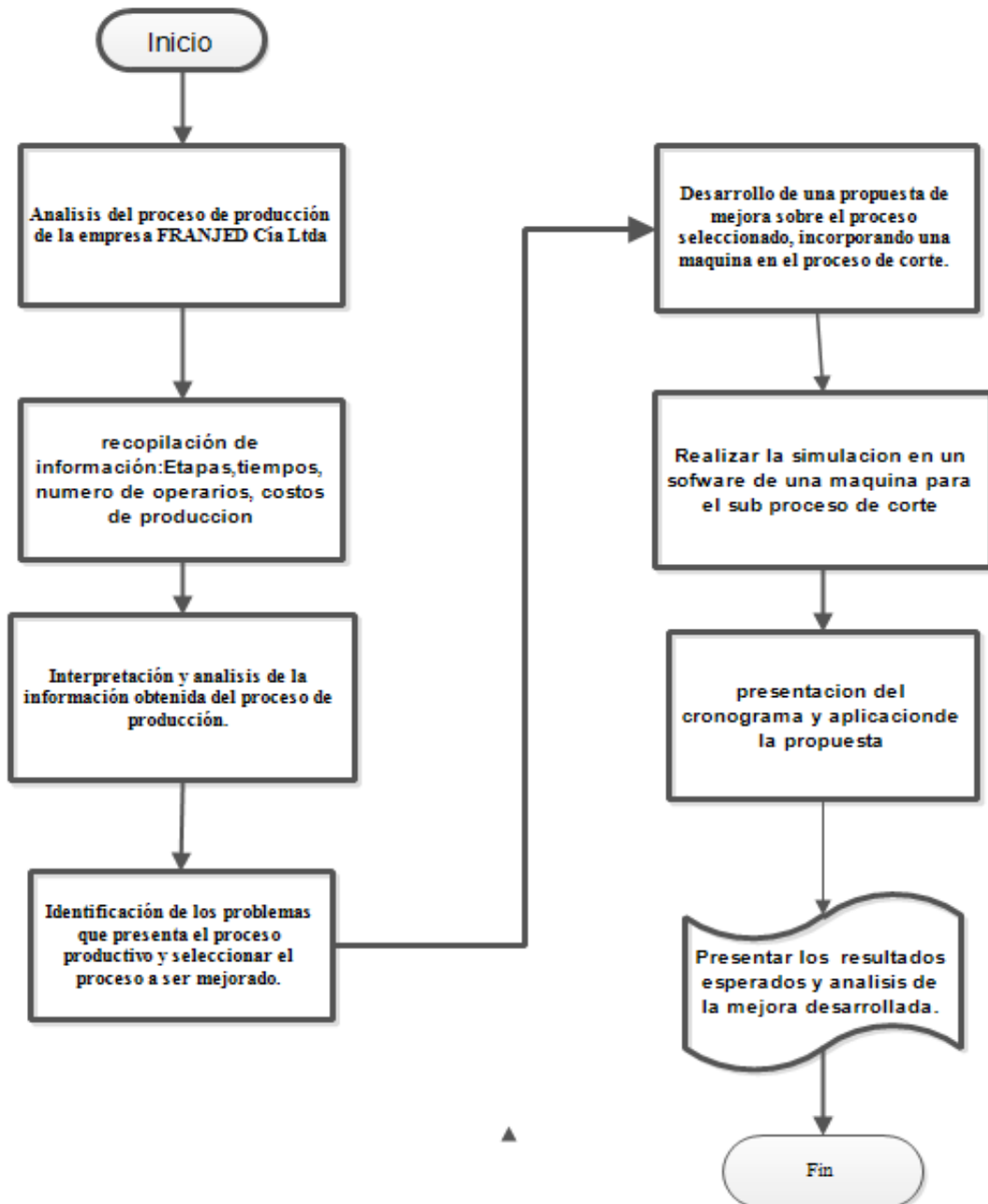
En esta línea de investigación están involucrados todos los sistemas mecánicos, electromecánicos, secuenciales, semiautomáticos, automáticos o inteligentes que tenga componentes mecánicos, electrónicos o informáticos (al menos de uno de los tipos). Así, se consideran sistemas físicos o virtuales (software) para cualquier plataforma o estructura.

El objeto principal de esta línea es tomar en cuenta las necesidades reales identificadas en la sociedad, así formular soluciones innovadoras con un alto componente tecnológico, adaptado a la realidad del campo de utilización. Con este

fin, la línea incluye todas las metodologías y campos de investigación necesarios para generar sistemas inteligentes o interactivos (Investigación, 2020).

### Modelo operativo

#### Diagrama de flujo del modelo operativo.



**Imagen 10:** Diagrama de Flujo del Modelo Operativo.

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

En la imagen 11, se detalla el Modelo Operativo secuencial de la investigación.

## **Desarrollo del modelo operativo:**

### **Análisis del proceso de producción de la empresa FRANJED CIA LTDA.**

Luego de ser aprobado para realizar el respectivo estudio en la Empresa FRANJED Cía. Ltda. Se realiza el análisis del proceso productivo, encontrando falencias en distintas áreas en especial en el área de corte para la elaboración de canales y cumbreras.

### **Recopilación de información etapas, tiempos, número de operarios costos de producción.**

Encontrado el proceso productivo en donde se tiene mayores pérdidas se recopila información como: los tiempos de medición, rayado del material y tiempos de corte de láminas para la elaboración de canales.

### **Interpretación y análisis de la información obtenida del proceso de producción.**

Con la información obtenida se realiza la tabulación respectiva en la tabla 3, para la elaboración de láminas cortadas para producir canales de 3.5 m como se indica en las tablas siguientes.

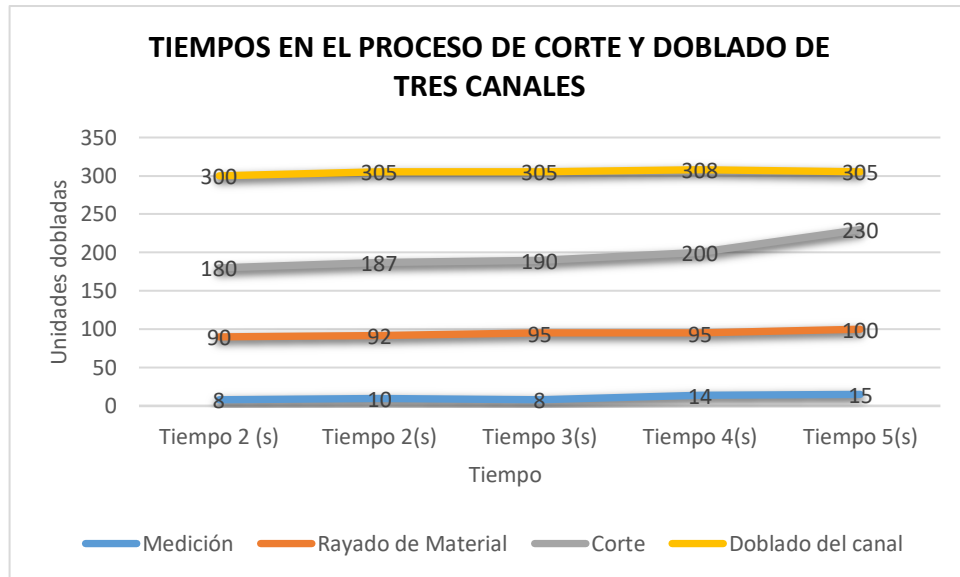
**Tabla 3:** Tiempos del proceso de elaboración de canales.

<b>TIEMPOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CANALES</b>						
<b>Operaciones</b>	<b>Tiempo 1 (s)</b>	<b>Tiempo 2(s)</b>	<b>Tiempo 3(s)</b>	<b>Tiempo 4(s)</b>	<b>Tiempo 5(s)</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>Medición</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>11</b>
<b>Rayado de Material</b>	<b>90</b>	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>94,4</b>
<b>Corte</b>	<b>180</b>	<b>187</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>230</b>	<b>197,4</b>
<b>Doblado del canal</b>	<b>300</b>	<b>305</b>	<b>305</b>	<b>308</b>	<b>305</b>	<b>304,6</b>
<b>Total</b>	<b>578</b>	<b>594</b>	<b>598</b>	<b>617</b>	<b>650</b>	<b>607,4</b>

Realizado por: Darwin Coello, 2021.

Tiempo promedio (607s), (10min).

Como se observa en el gráfico 1, que mientras mayor es el número de cortes el tiempo tiende a subir esto se da por la fatiga y el cansancio del operador y por ende empiezan los dolores en las manos etc.



**Gráfico 1:** Tiempos del proceso de corte para tres canales.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

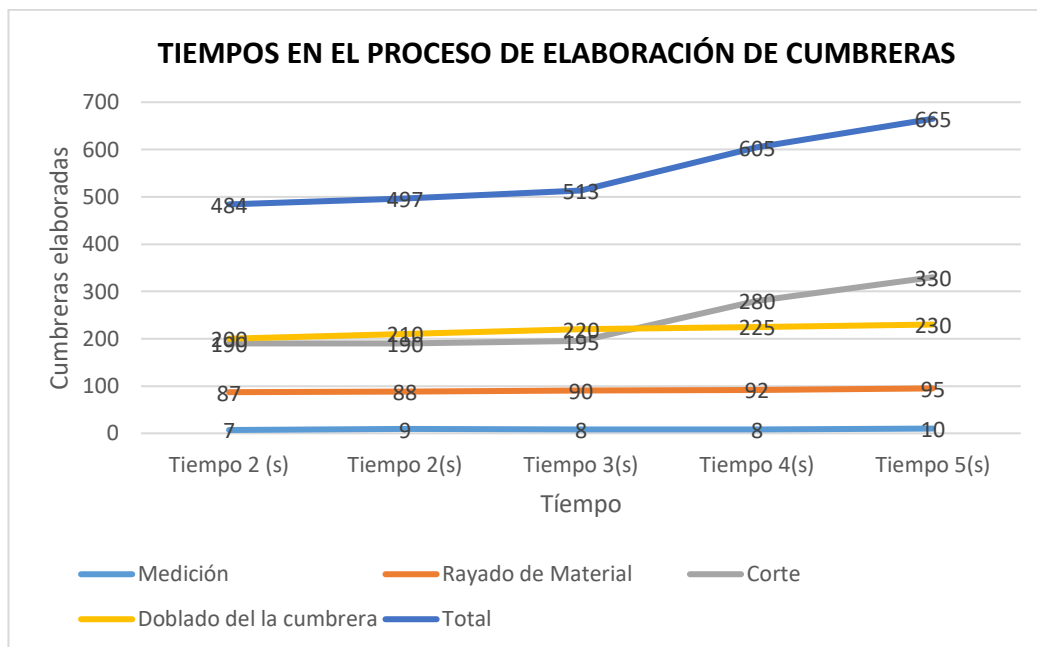
**Tabla 4:** Tiempos en el proceso de elaboración de cumbreras.

Tiempos en el proceso de elaboración de cumbreras						
Operaciones	Tiempo 2 (s)	Tiempo 2(s)	Tiempo 3(s)	Tiempo 4(s)	Tiempo 5(s)	PROMEDIO
Medición	7	9	8	8	10	8,4
Rayado de Material	87	88	90	92	95	90,4
Corte	190	190	195	280	330	237
Doblado del la cun	200	210	220	225	230	217
<b>Total</b>	484	497	513	605	665	552,8

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

Tiempo promedio (552s), (9min).





**Gráfico 2:** Tiempo en el proceso de elaboración de cumbreras.

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

**Identificación de los problemas que presenta el proceso productivo y seleccionar el proceso a ser mejorado.**

En este apartado se identifica el subproceso que está ocasionando problemas en la empresa, observando las gráficas anteriores se observa que es el proceso de corte es el que tiene más falencias, generando pérdidas de tiempo y podría ocasionar enfermedades profesionales en los trabajadores, accidentes laborales como corte etc. Debido a que de lo desarrolla de forma manual con tijeras.

**Desarrollo de una propuesta de mejora sobre el proceso seleccionado, incorporando una máquina en el proceso de corte.**

En esta etapa se propone mejorar el proceso de corte mediante el diseño de una máquina de corte la cual ayudará en la reducción de tiempos de producción, mejora de la calidad del producto y disminución de la mano de obra en esta área.

**Realizar la simulación en un software de una máquina para el proceso de corte.**

Se realiza el modelado y la simulación de los elementos de la máquina de corte

diseñada para el proceso, donde se estudiará por elementos finitos, principalmente los ejes que soportan las cuchillas y así comprobando que el diámetro diseñado es el indicado.

### **Presentación del cronograma y aplicación de la propuesta.**

Para la presentación de la propuesta se realiza un cronograma de actividades en el cual se detalla el orden y el tiempo en que se va a realizar esta optimización del proceso mejorando el proceso de corte, el cual se propone el desarrollo y entrega de este proyecto en un tiempo de 6 meses.

### **Presentar los resultados esperados y análisis de la mejora desarrollada.**

Con los datos tomados en la empresa y determinado que el proceso de corte es el problema en la fábrica se propone la optimización con la inserción de una máquina con la cual se pretende mejorar la producción y optimizar recursos.

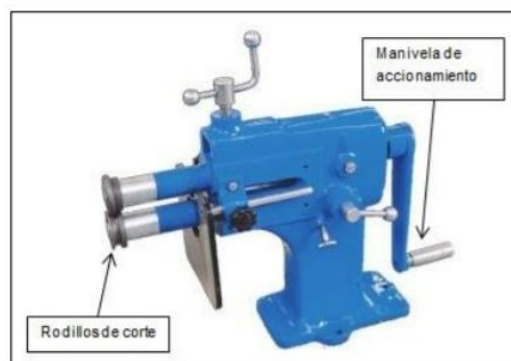
### CAPÍTULO III

## PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

#### Presentación de la Propuesta.

Para la realización del diseño de una máquina se deben considerar algunos criterios de selección, ideal para el proceso a optimizar y así lograr el objetivo deseado, estos criterios se han determinado de distintas máquinas que se consideran a continuación:

En la imagen 12 o alternativa A, se observa una cizalla manual de guillotina circular.



**Imagen 11:** Cizalla manual de guillotina circular.  
**Fuente:** (García, 2018).

La imagen 13 o alternativa B, es una cizalla de accionamiento manual, esta es una máquina usada comúnmente en todos los centros de doblados y corte de la ciudad por el costo y de fácil maniobra.



**Imagen 12:** Cizalla de accionamiento manual.  
**Fuente:** Industrias metálicas Sánchez, 2021.

La imagen 14 o alternativa C, es una máquina cortadora sencilla compuesta por dos cuchillas circulares, que se puede regular su corte hasta 600mm de ancho.



**Imagen 13:** Cortadora de rodillos Simple.  
**Fuente:** (Slitter, 2015).

La imagen 15 o alternativa D, es una máquina de cortes de rodillos automática y se utiliza para producir grandes cantidades, realizando hasta 5 cortes a la vez.



**Imagen 14:** Máquina de corte de rodillos automática.  
**Fuente:** (Haixing Industrial Group Co., 2019).

### **Análisis de alternativas.**

Se evalúan algunas alternativas para la construcción de una máquina cortadora considerando varios parámetros y requerimientos técnicos que necesita la empresa FRANJED.

Este análisis se lo hace mediante el uso de una matriz de selección tomando en consideración varios criterios que se describen a continuación.

#### **Criterios de selección:**

**Costo:** El costo del equipo está considerado entre los principales criterios de selección, puesto que se maneja un presupuesto y el mismo no se debe sobrepasar.

**Calidad:** Es el principal criterio de selección de nuestro equipo puesto que la empresa busca una cortadora por rodillos de láminas que tenga una alta durabilidad y entregue un corte perfecto reduciendo el tiempo y el costo que ello representa.

**Seguridad:** La seguridad al igual que el costo es un aspecto fundamental para la empresa ya que esta maneja políticas de cero accidentes, y el equipo que se diseñará debe contemplar las protecciones necesarias y tener un diseño ergonómico adecuado para el uso de los operadores.

**Mantenimiento:** Los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo son fundamentales que sean realizados en menor tiempo posible y en caso de necesitar repuestos sean de fácil acceso en el mercado nacional.

**Montaje:** Debido a que la materia prima donde se realizan los cortes tiene volúmenes y pesos considerables, es necesario que su montaje sea realizado por máquinas.

**Calibración:** Este criterio es necesario debido a que se requieren diferentes medidas del material para ello la calibración debe ser de fácil regulación y que no necesite el uso de personal especializado.

**Alternativas:**

A: Cizalla manual de guillotina.

B: Cizalla de accionamiento manual.

C: Cortadora simple automática.

D: Cortadora con rodillos automática.

En la tabla 5 y tabla 6, se realiza el análisis con las ponderaciones correspondientes para los criterios y alternativas de selección.

**Tabla 5:** Selección de Alternativas.

<b>CRITERIOS ALTERNATIVAS</b>	<b>Ponderación</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Calidad	30	8	6	8	8
Costo	20	7	9	9	9
Seguridad	20	9	8	7	8
Mantenimiento	10	8	9	8	9
Montaje	10	9	9	6	9
Calibración	10	6	7	8	6

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.**Tabla 6:** Selección de Alternativas.

<b>CRITERIOS ALTERNATIVAS</b>	<b>Ponderación</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Calidad	0,30	2,40	1,8	2,4	2,4
Costo	0,20	1,40	1,8	1,8	1,8
Seguridad	0,20	1,80	1,6	1,4	1,6
Mantenimiento	0,10	0,80	0,9	0,8	0,9
Montaje	0,10	0,90	0,9	0,6	0,9
Calibración	0,10	0,60	0,7	0,8	0,6
	<b>1,00</b>	<b>7,90</b>	<b>7,70</b>	<b>7,80</b>	<b>8,20</b>

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

**Tabla 7:** Resultados de la matriz de alternativas.

ALTERNATIVAS	A	B	C	D
PUNTAJE	7,9	7,7	7,8	8,2
ORDEN	2	3	4	1

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

En la tabla 7, se detallan los resultados de las matrices de alternativas para la selección de la máquina que se ajusta a las necesidades de la empresa por lo tanto la alternativa D, la máquina cortadora de rodillos semi automática con ponderación de 8.2, es la que tiene mayor puntaje, siendo esta la mejor alternativa para utilizar en el proceso de corte.

Luego de haber analizado el problema de empresa se procede a presentación de la propuesta planteada para la optimización, analizando los instrumentos de medición, la normativa a ser utilizada en el estudio de diseño de la máquina que se va a emplear para la mejora del proceso de corte.

#### **Instrumentos de la medición de datos.**

- **Tiempos de producción.**

Para medir la producción se va a realizar medidas de los tiempos de rayado y tiempo de corte de las láminas para realizar los cumbros.

- **Modelado**

Se realizará el modelado de la máquina propuesta en SolidWorks y sucesivamente la simulación de los esfuerzos a los que están sometidos los ejes en ANSYS.

## Normativa para estas propuestas.

- **NTE INEN- ISO 12100-2 2014.**

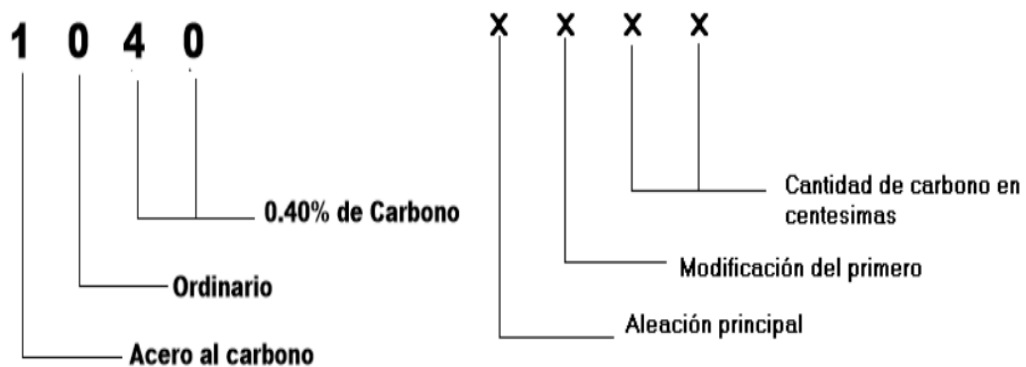
Se encarga de los conceptos y principios básicos para el diseño. Principios Técnicos, Esta norma permite realizar máquinas seguras para su propósito de uso ( ISO INEN- ISO 12100-2, 2014).

- **LA NORMATIVA AISI.**

Esta normativa es una normativa inglesa que se utiliza para clasificar los aceros y aceros de materiales no ferrosos, en el cual determina la nomenclatura y su descripción como se indica en la imagen 16.

- **SAE. – NORMATIVA PARA ACEROS.**

Ésta es una normativa americana, y sus siglas SAE corresponden a (Society of Automotive Engineers) es decir, Sociedad de Ingenieros Automotrices el cual define la composición química del material dependiendo de su dígito en la imagen 16 se detalla la denominación del primer dígito de la designación.



**Imagen 15:** Nomenclatura AISI-SAE.

**Fuente:** (Laminas y Aceros, 2020).

La designación de esta norma se realiza según su dígito del 1 al 9 como se lo detalla en la tabla 8.



**Tabla 8:** Denominación del primer prefijo según la normativa SAE-AISI.

Designación SAE	Aleación principal
1XXX	Carbono
2XXX	Níquel
3XXX	Níquel-Cromo
4XXX	Molibdeno
5XXX	Cromo
6XXX	Cromo-Vanadio
7XXX	Tungsteno-Cobalto
8XXX	Níquel-Cromo-Molibdeno
9XXX	Manganeso-Silicio

**Fuente:** Normativa SAE-AISI.

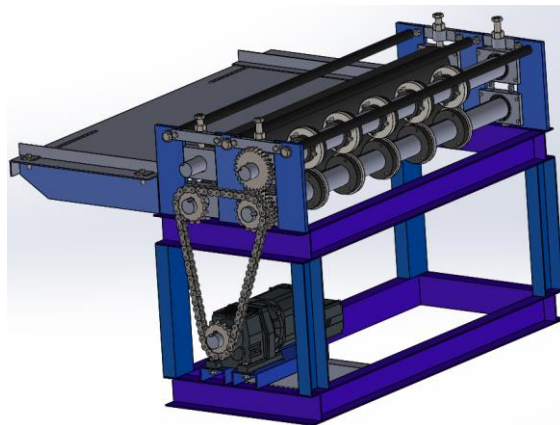
Las propiedades de materiales de los ejes son tomadas de Shigley, para este diseño se ha escogido el acero SAE 1018 que se encuentra en el anexo 3 y se detalla en la tabla 9.

**Tabla 9:** Propiedades de los Aceros SAE-AISI.

ACERO SAE 1018-AISI 1018	
Sut	Sy
440Mpa.	370Mpa.

**Fuente:** (Budynas, 2008).

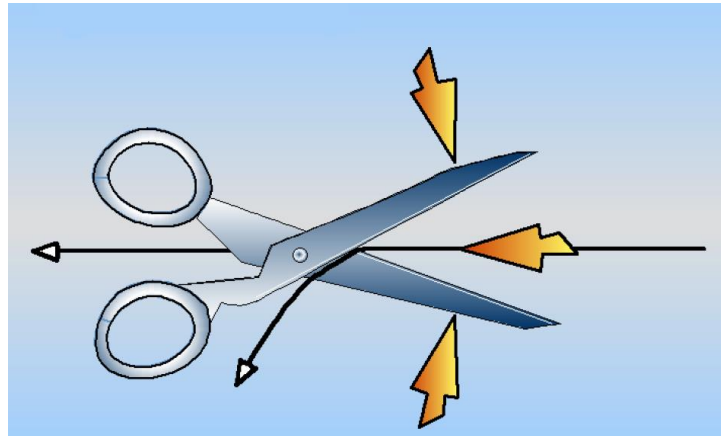
### Diseño de la máquina de corte.



**Imagen 16:** Modelado de la máquina cortadora por rodillos.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

Para iniciar el diseño se ha investigado la velocidad lineal de salida de la plancha de galvalum de la máquina de corte, esta velocidad según el libro de (ASTM-Handbook, 1993) pág. 1545 va en un promedio de 16 a 20 m/min, tomando 16m/min.

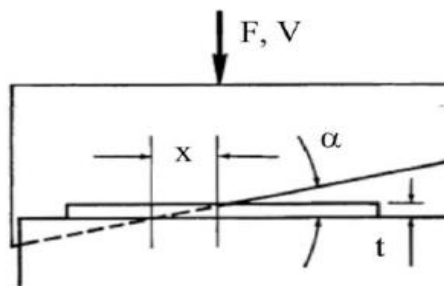
Para este proyecto se necesita entender el proceso de corte, para este caso se tiene que realizar un corte similar a las tijeras como se detalla en la imagen 18.



**Imagen 17:** Corte tipo tijera.  
**Fuente:** (Wood, 2007).

### Ecuación para calcular la fuerza.

La ecuación para calcular la fuerza de corte en láminas se la detalla continuación:



**Imagen 18:** Disposición del corte lineal.  
**Fuente:** (Edgar Vinicio Iza Carrillo, 2017).

$$F = \sigma * A \quad [Ec.4]$$

$$A = \frac{x * t}{2} \quad [\text{Ec.5}]$$

$$\tan\alpha = \frac{t}{x} \Rightarrow x = \frac{t}{\tan\alpha} \quad [\text{Ec.6}]$$

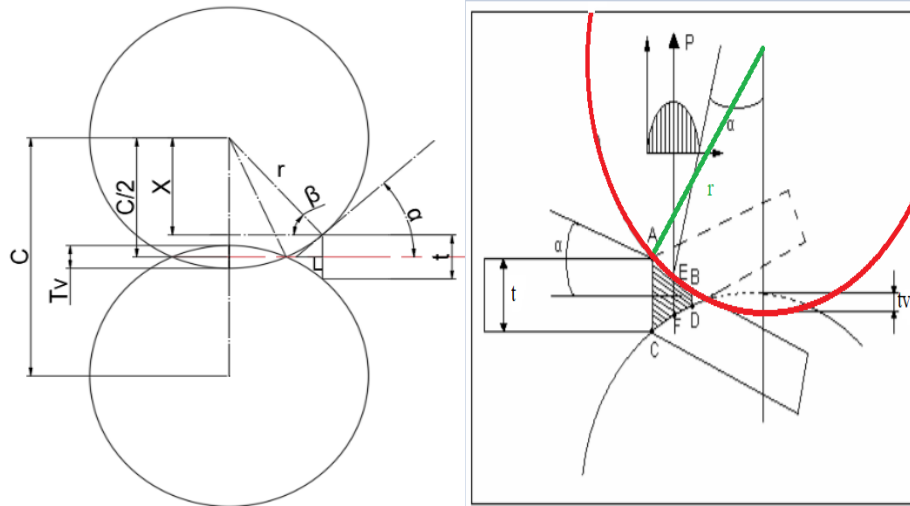
$$A = \frac{t^2}{\tan\alpha} \quad \text{Ec (6) en (5)} \quad [\text{Ec.7}]$$

$$F = \frac{\sigma * t^2}{2 * \tan\alpha} \quad \text{Ec (7) en (4)} \quad [\text{Ec.8}]$$

- F: es la fuerza para efectuar el corte  $\sigma$ : Su Resistencia última del material
- A: Área de la sección transversal al corte.
- t: Espesor de la lámina.
- x: longitud horizontal entre la cuchilla inferior y la cuchilla superior en el corte
- $\alpha$ : Ángulo entre la horizontal de la lámina y el punto de contacto de corte

El ángulo de corte que se detalla en la imagen 20, se determina en las ecuaciones siguientes que se ha realizado con ayuda de la tesis del Ingeniero Edgar Vinicio Iza de la Universidad técnica de Ambato del año 2017 (Edgar Vinicio Iza Carrillo, 2017).

- r: Radio de la Cuchilla.
- t: Espesor de la plancha de galvalum.
- S: Distancia entre centros de las cuchillas.
- Tv: Traslape vertical de las cuchillas.
- $\alpha$ : Ángulo de corte



**Imagen 19:** Trazo de las líneas de presión de Corte.  
**Fuente:** (Edgar Vinicio Iza Carrillo, 2017).

El claro vertical o traslape para el espesor de máximo de 1.7 mm que se va a trabajar es 0.51 que se lo ha obtenido de la tabla 10.

$$t_v = 0.51 \text{ mm (ver tabla 10)}$$

$$t = 1.7 \text{ mm.}$$

En la tesis de Sebastián Palacios de la universidad de EAFT de la ciudad de Medellín en el año 2008 (Palacios Arango, 2008), cita al libro de Trenes de Laminación del autor T Selikov pág. 170 en la cual detalla la siguiente ecuación.

$$EF = \left(1 - \frac{\text{coef de ruptura}}{2}\right) * t \quad [\text{Ec.9}]$$

$$EF = \left(1 - \frac{\text{coef de ruptura}}{2}\right) * t = \left(1 - \frac{0.35}{2}\right) * 1.7 = 1.4\text{mm}$$

$$AC = t \quad [\text{Ec.10}]$$

$$\frac{AC+BD}{2} = EF = 1.4 \quad [\text{Ec.11}]$$

BD se aproxima a  $T_v = 0.51\text{mm}$ .

$$D = \frac{Tv + EF}{1 - \cos\alpha} \quad [\text{Ec.12}]$$

En la tesis del Ing. Sebastián Palacios de la universidad de Medellín en el año 2008 (Palacios Arango, 2008), cita el libro Trenes de Laminación de la editorial Piel del año 1970. Donde determina que el valor del ángulo de corte esta entre 10 y 15°. Para este cálculo se toma 10°.

$$D = \frac{0.51\text{mm} + 1.403\text{mm}}{1 - \cos(10^\circ)} = 95.64\text{mm}$$

Teniendo este valor como el diámetro aproximado de las cuchillas.

La velocidad de corte para el diseño se toma 16m/min.

$$n = \frac{v * 60}{D * \pi} [\text{RPM}] \quad [\text{Ec.13}]$$

- n: número de revolucione en [RPM]
- v: velocidad lineal de corte de la cuchilla [m/s]
- D: Diámetro de la cuchilla [m].

$$n = \frac{16[\frac{m}{min}]}{0.096m * \pi} = 40.45[\text{RPM}] \quad [\text{Ec.14}]$$

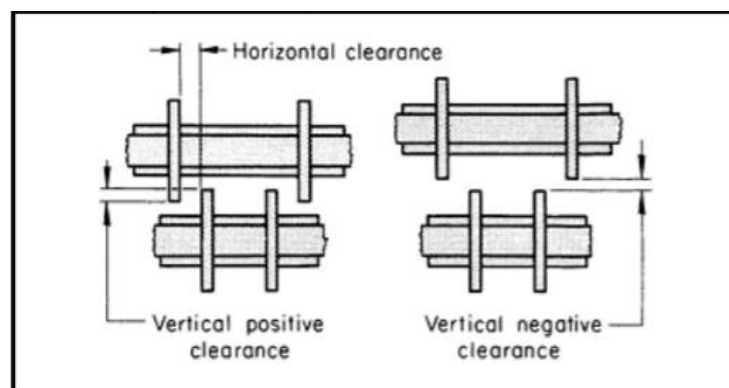
### **Fuerza de Corte.**

Su: Esfuerzo último del material de la lámina en (Kg/mm<sup>2</sup>).

**Tabla 10:** Claro vertical y horizontal para corte longitudinal.

Work metal thickness		Clearance	
mm	in.	mm	in.
Vertical positive			
0.25	0.010	0.08	<b>0.003</b>
0.51	0.020	0.18	<b>0.007</b>
0.76	0.030	0.25	<b>0.010</b>
1.07	0.042	0.36	<b>0.014</b>
1.24	0.049	0.43	<b>0.017</b>
1.50	0.059	0.56	<b>0.022</b>
1.73	0.068	0.51	<b>0.020</b>
2.11	0.083	0.46	<b>0.018</b>

Fuente: (ASTM-Handbook, 1993).



**Imagen 20:** Claro vertical y horizontal.

Fuente: (ASTM-Handbook, 1993).

$$F_{corte} = S_u * A \quad [Ec.15]$$

$$\tan \alpha = \frac{t}{L} \quad [Ec.16]$$

$$L = \frac{t}{\tan \alpha} = \frac{1.24mm}{\tan(10)} = 4.82mm \quad [\text{Ec.17}]$$

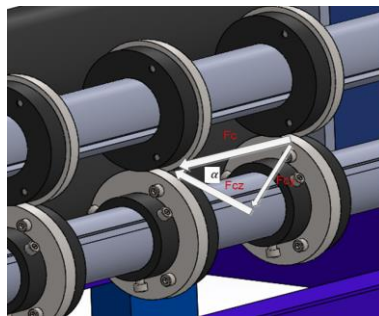
$$A = \frac{1}{2}L * \frac{t}{2} = \frac{1}{2}3.51 * \frac{1.24}{2} = 2.05mm^2 \quad [\text{Ec.18}]$$

En el estudio realizado por el Ing. Marcos Lazo en el año 2002, en su tesis de titulación de Ingeniero Mecánico de la ESPOL, analiza el material de galvalum y determina que el esfuerzo último de la lámina en espesores desde 0.25 hasta 0.70 el  $S_{ut} = 436 \text{ Mpa}$ .

$$F_{corte} = \frac{t^2 * S_{ut}}{2 * \tan(2 * \alpha)} = S_{ut} * A \quad [\text{Ec.19}]$$

$$F_{corte} = S_u * A = 436Mpa * 2.048mm^2 = 893.25[N] \quad [\text{Ec.20}]$$

Del DCL de la imagen 22, se encuentra la ecuación 21 así determinando las componentes de las fuerzas en Z y Y.



**Imagen 21:** Diagrama del cuerpo libre de las cuchillas.  
Realizado por: Darwin Coello, 2021.

$$\cos(\alpha) = \frac{F_c}{F_{cz}} \quad [\text{Ec.21}]$$

$$\text{sen}(\alpha) = \frac{F_c}{F_{cy}} \quad [\text{Ec.22}]$$

$$F_{cz} = \cos(10) * 893.25[N] = 879.68[N]$$

$$F_{cy} = \text{sen}(10) * 475.24[N] = 155.11[N]$$

Como el número de cuchillas que se tiene son 5 entonces:

$$F_t = 5 * F_{corte} = 5 * 893.25[N] = 4466,27[N] \quad [Ec.23]$$

### **Cálculo de la potencia.**

La potencia se determina mediante la ecuación 24, en donde:

P = potencia [hp]

F = Fuerza [N]

V = velocidad lineal en [m/s]

$$P = F * V \quad [Ec.24]$$

$$P = 4466.27[N] * 0.27 \left[ \frac{m}{s} \right] = 1191[watts] \cong 1.2Kw$$

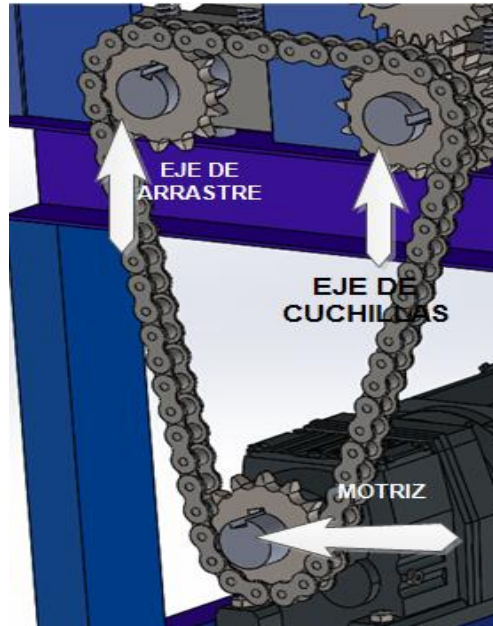
$$P = 1191[watts] * \frac{1hp}{746watts} = 1.59hp \quad [Ec.25]$$

Como en el mercado no existe motores de 1.59 hp se toma el siguiente de 2 hp.

### **Selección de la cadena.**

Para transmitir el movimiento del motor a los ejes de las cuchillas y el eje de arrastre se realiza mediante una transmisión por cadena, como se indica en la imagen 23, este tipo transmisiones se utiliza para trasferir grandes potencias a bajas velocidades ya que no resbalan y por tanto mantienen la velocidad constante (Budynas, 2008).





**Imagen 22:** Transmisión por cadena de la cortadora circular.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

Mott en su libro diseño de elementos de máquinas cuarta edición, detalla lineamientos para el diseño de transmisión por cadenas como:

- La mínima cantidad de dientes en una catalina es de 17 dientes, solo puede ser menor a esta cantidad si trabaja a velocidades menores a 100 rpm.
- La relación máxima de transmisión debe ser 7 si es mayor se puede realizar esta relación en dos o más etapas.
- La distancia entre centros de este sistema debe estar dentro del rango de 30 a 50 veces el paso de la cadena.
- Para el cálculo de la longitud de la cadena se lo realiza mediante la siguiente ecuación.

$$L = 2 * C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4 * \pi^2 * C} \quad [\text{Ec.26}]$$

Donde:

- L = Longitud de la cadena.
- C = Distancia entre centros.
- N<sub>1</sub> = Numero de diente del piñón motriz.
- N<sub>2</sub> = Numero de dientes del conducido.

### Factor de servicio de la transmisión por cadena.

Para la selección de cadena se toma el factor de servicio de la tabla 11, obtenida del libro de Mott, en la cual se escoge 1.3, por lo que para esta máquina se utiliza motor y es un tipo de carga de choque moderado.

**Tabla 11:** Factor de servicio para la selección de la cadena.

FACTORES DE SERVICIO			
TIPO DE CARGA	TIPO DE IMPULSOR		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustible interno
Uniforme (agitadores, ventiladores, transporte con carga ligera y uniforme).	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladores de alimentos y molinos).	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillo, transportadores alternos, accionamiento de molinos de rodillos).	1.4	1.5	1.7

Fuente: (Budynas, 2008).

### Potencia de diseño.

Para la potencia de diseño se obtiene de la fórmula siguiente:

- Pd = Potencia de diseño.
- Fs = Factor de servicio (tabla 10).
- P = potencia calculada (Ec.13)

$$Pd = Fs * P \quad [Ec.27]$$

$$Pd = 1.3 * 1.59 \text{ hp} = 2.075 \text{ hp} = 1.55 \text{ Kw}$$

### Relación de velocidad.

Es dividir la relación de velocidad de la entrada con la velocidad de la salida, en

este caso como se tiene un reductor, ya se ha conseguido la velocidad adecuada para el corte, por tanto, la velocidad de entrada es igual a la velocidad de salida, siendo la relación de velocidad 1.

De las curvas de selección de piñón de Renold, que se encuentra en el anexo 6, con los 1.55Kw y 40.45RPM se determina el paso del piñón de 1 pulgada o 25.4mm, siendo este piñón tipo A ya que por espacios no es necesario la manzana del piñón con este dato se determina el piñón necesario para este sistema de transmisión.

El tipo de piñón y cadena se lo determina de la tabla 12, observando que el piñón 16A es el indicado para esta transmisión.

$$i = \frac{n_{entrada}}{n_{salida}} \quad [\text{Ec.28}]$$

$$i = \frac{40.45[\text{RPM}]}{40.45[\text{RPM}]} = 1$$

**Tabla 12:** Dimensión de Cadena y Rodillo.

Denominación ISO	paso		Diámetro de rodillo mm	Ancho interior mm	Paso transversal mm	Diámetro de pasador mm	Altura de la placa interior mm	Área resistiva mm <sup>2</sup>	Masa lineal kg/m
	mm	pulgada							
05B	8		5	3	5,64	2,31	7,11	11	0,18
06B	9,525	3/8	6,35	5,72	10,24	3,28	8,26	28	0,41
08A	12,7	1/2	7,92	7,85	14,38	3,98	12,07	44	0,60
08B	12,7	1/2	8,51	7,75	13,92	4,45	11,81	50	0,70
081	12,7	1/2	7,75	3,3	-	3,66	9,91	21	0,28
083	12,7	1/2	7,75	4,88	-	4,09	10,3	29	0,44
084	12,7	1/2	7,75	4,88	-	4,09	11,15	36	0,59
085	12,7	1/2	7,77	6,25	-	3,58	9,91	-	-
10A	15,875	5/8	10,16	9,4	18,11	5,09	15,09	70	1,00
10B	15,875	5/8	10,16	9,65	16,59	5,08	14,73	67	0,95
12A	19,05	3/4	11,91	12,57	22,78	5,96	18,08	105	1,50
12B	19,05	3/4	12,07	11,68	19,46	5,72	16,13	89	1,25
16A	25,4	1	15,88	15,75	29,29	7,94	24,13	178	2,60
16B	25,4	1	15,88	17,02	31,88	8,28	21,08	210	2,70
20A	31,75	1¼	19,05	18,9	35,76	9,54	30,18	261	3,70
20B	31,75	1¼	19,05	19,56	36,45	10,19	26,42	296	3,60
24A	38,1	1½	22,23	25,22	45,44	11,11	36,20	392	5,50

**Fuente:** (Domínguez & Gonzales, 2007).

Para determinar las propiedades y características de diseño de un piñón y cadena se puede obtener con facilidad en el software de diseño de la página de Renold colocando los datos de las tablas que se encuentran el anexo 4 y que se detalla en la siguiente imagen.

**RENOLD Chain Selector** Idioma: Inglés Renold.com

**DATOS DE RENDIMIENTO**

Potencia de entrada: 1.55 kW  
 Velocidad de entrada en la rueda: 40.45 rpm

**NUMERO DE DIENTES**

Piñón de conducción: 14  
 Piñón impulsado: 14  
 Proporción: 1

**DISTANCIA AL CENTRO / N.º DE ENLACES**

Modo: Número específico de enlaces  
 Número de enlaces: 30

**UNIDADES** Métrico Imperial

**CLASIFICACIÓN DE CARGA**

Características de la máquina de conducción

Funcionamiento suave (motores eléctricos, etc.)  
 Choques leves (más de 6 ciclos, etc.)  
 Choques moderados (menos de 6 ciclos, etc.)

Características de la máquina accionada

Funcionamiento suave (bombas centrífugas, etc.)  
 Choques moderados (agitadores sólidos, etc.)  
 Choques fuertes (cepilladoras, excavadoras, etc.)

**LUBRICACIÓN**

Funcionamiento en seco (sin lubricación)  
 Lubricación inadecuada (en relación con la lubricación)  
 Recomendado  
 Mejor que recomendado

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Medio ambiente: Normal Abrasivo  
 Localización: Interior Exterior

**SELECCIÓN DE CADENA**

Selección automática  
 Selección manual

Estándar: británico  
 Gama de productos: Sinergia Renold

**RECOMENDACIONES**

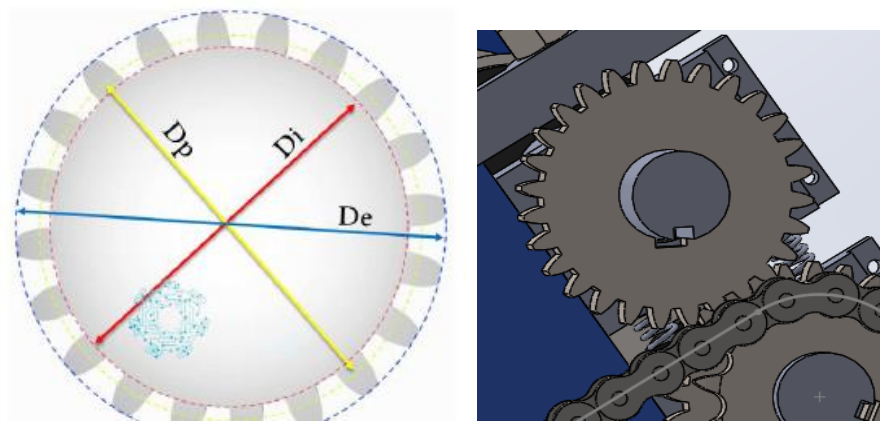
16 B (ISO 606) Simplex    16 B (ISO 606) Dúplex    12 B (ISO 606) Triplex

**Imagen 23:** Software selector de cadena de Renold.

**Fuente:** (<https://www.renoldchainselector.com/ChainSelector>).

De los datos encontrados de la imagen 24, del selector de cadena se toma la fuerza necesaria de la cadena que es 6883[N].

Con el diámetro encontrado anteriormente se determina el diámetro primitivo del engranaje.



**Imagen 24:** Diámetros para considerar en engranes.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

Del libro de Shigley se obtuvo la siguiente relación entre los diámetros del piñón.

- N: número de dientes.
- Dp: diámetro primitivo.
- M: módulo para este caso se toma un módulo de 5
- H: altura del diente.

$$De = Dp + 2M \quad [\text{Ec.29}]$$

$$De = Mx(N + 2) \quad [\text{Ec.30}]$$

$$De = Mx(N + 2) = Dp + 2M \quad [\text{Ec.29=30}]$$

$$N = \frac{Dp+2M}{M} - 2 = \frac{145+2*5}{5} - 2 = 29 \text{ se toma 28 dientes}$$

$$H = 2.25 * M = 2,25 * 5 = 11.25mm \quad [\text{Ec.31}]$$

Siendo:

$$De = Mx(N + 2)$$

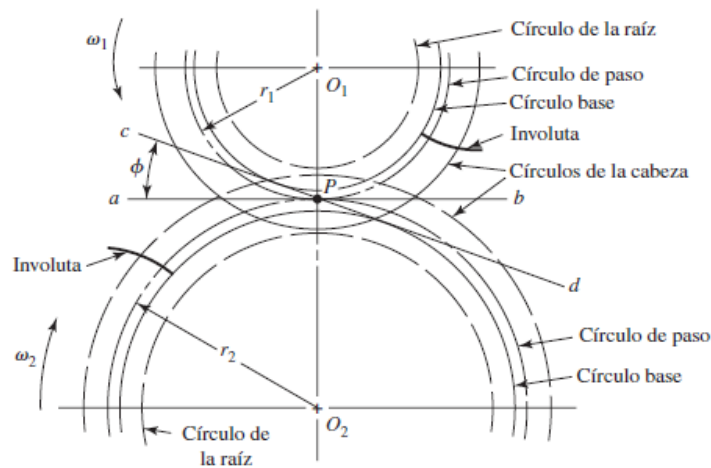
$$De = 5x(28 + 2) = 150mm$$

Como la velocidad del eje 1 y el eje 2 son iguales entonces la relación de engranes es igual a 1 debido a la ecuación 32, tomada del libro de diseño mecánico de Shigley que se detalla a continuación

$$d1 * Z1 = d2 * Z2 \quad [\text{Ec.32}]$$

Donde,  $d_1$  es el diámetro primitivo del engrane y  $Z_1$  es el número de dientes.

El ángulo de presión  $\phi$  que se observa en la imagen 26, es la dirección en la que actúa la Fuerza resultante de estos engranes y está entre los valores de 14.5, 20 o 25° (Budynas, 2008).



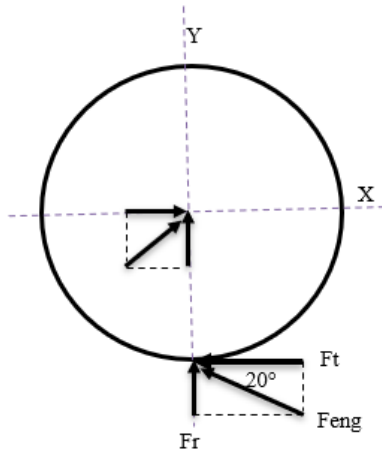
**Imagen 25:** Ángulo de presión diámetros de los engranes rectos.  
**Fuente:** (Budynas, 2008).

Para la Fuerza transmitida en el engrane en KN se tiene la ecuación:

$$W_t = \frac{60000Hp}{\pi * d * n} \quad [\text{Ec.33}]$$

- $W_t$ : fuerza transmitida por el engrane en KN.
- $H$ : Potencia en KW.
- $(d)$ : diámetro del engrane.
- $(n)$ : velocidad en rpm.

$$W_t = \frac{60000 * 1.5HP}{\pi * 150mm * 53rpm} = 6.53KN = Fteng$$

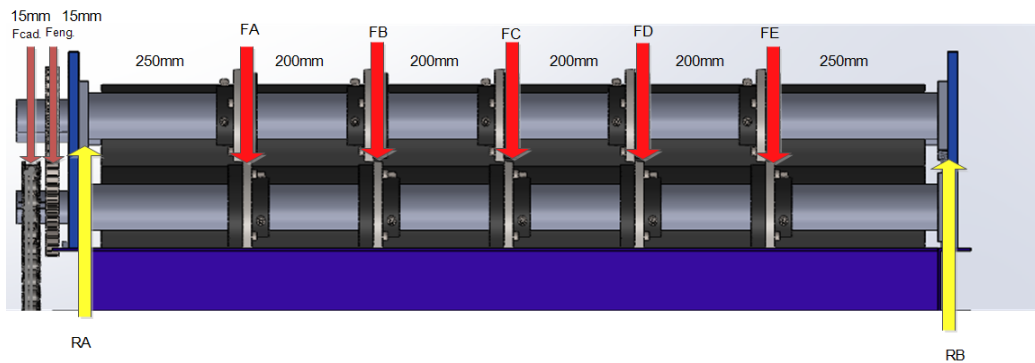


**Imagen 26:** DCL del Engrane.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

$$F_{reng} = Ft_{eng} * \tan(20^\circ) = 4.38KN * \tan(20^\circ) \quad [Ec.34]$$

$$= 2.37KN$$

En la imagen 27, se detalla el DCL del eje de una longitud de 1480 mm esta longitud es necesaria ya que se va a cortar laminas de hasta 1220mm de ancho, en este diagrama se ubican las fuerzas y momentos que actúan sobre el encintrando sus reacciones en los rodamientos.



**Imagen 27:** DCL del eje de la cuchilla.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

Para el diseño de flechas se ha recopilado las ecuaciones necesarias de Shigley, obteniendo la siguiente ecuación que ayuda al cálculo del diámetro de eje.

$$d = \left[ \left( \frac{32n}{\pi * S_y} \right) (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{Ec.35}]$$

Para este diseño se considera un motor de 1.5KW y el cálculo se lo va a realizar (N-m).

$$Mt = \frac{9550Kw}{n} * (N - m) \quad [\text{Ec.36}]$$

$$Mt = \frac{9550 * 3Kw}{53.05rpm} * (N - m) = 708.16[Nm]$$

Fuerza en el eje.

$$\sum M_A = 0 \quad [\text{Ec.37}]$$

$$-F_{cad} * 0.070 - F_{eng} * 0.030 - 0.26 * F_A - 0.46 * F_B - 0.66 * F_C - 0.86 * F_D - 1.060 * F_E - R_B * 1.315 = 0$$

$R_B =$

$$\frac{7105,12[N] * 0.070m + 6531.8[N] * 0.030m + 0.26m * 155,11[N] + 0.46m * 155,11[N] + 0.66m * 155,11[N] + 0.86m * 155,11[N] + 1.060m * 155,11[N]}{1.315}$$

$$= 916.44[N]$$

$$\sum F_y = 0 \quad [\text{Ec.38}]$$

$$-F_{cad} - F_{engra} + R_A - F_{Ay} - F_{By} - F_{Cy} - F_{Dy} - F_{Ey} + R_B = 0$$

$$R_A = +F_{cad} + F_{engran} + F_A + F_B + F_C + F_D + F_E - R_B \quad [\text{Ec.39}]$$

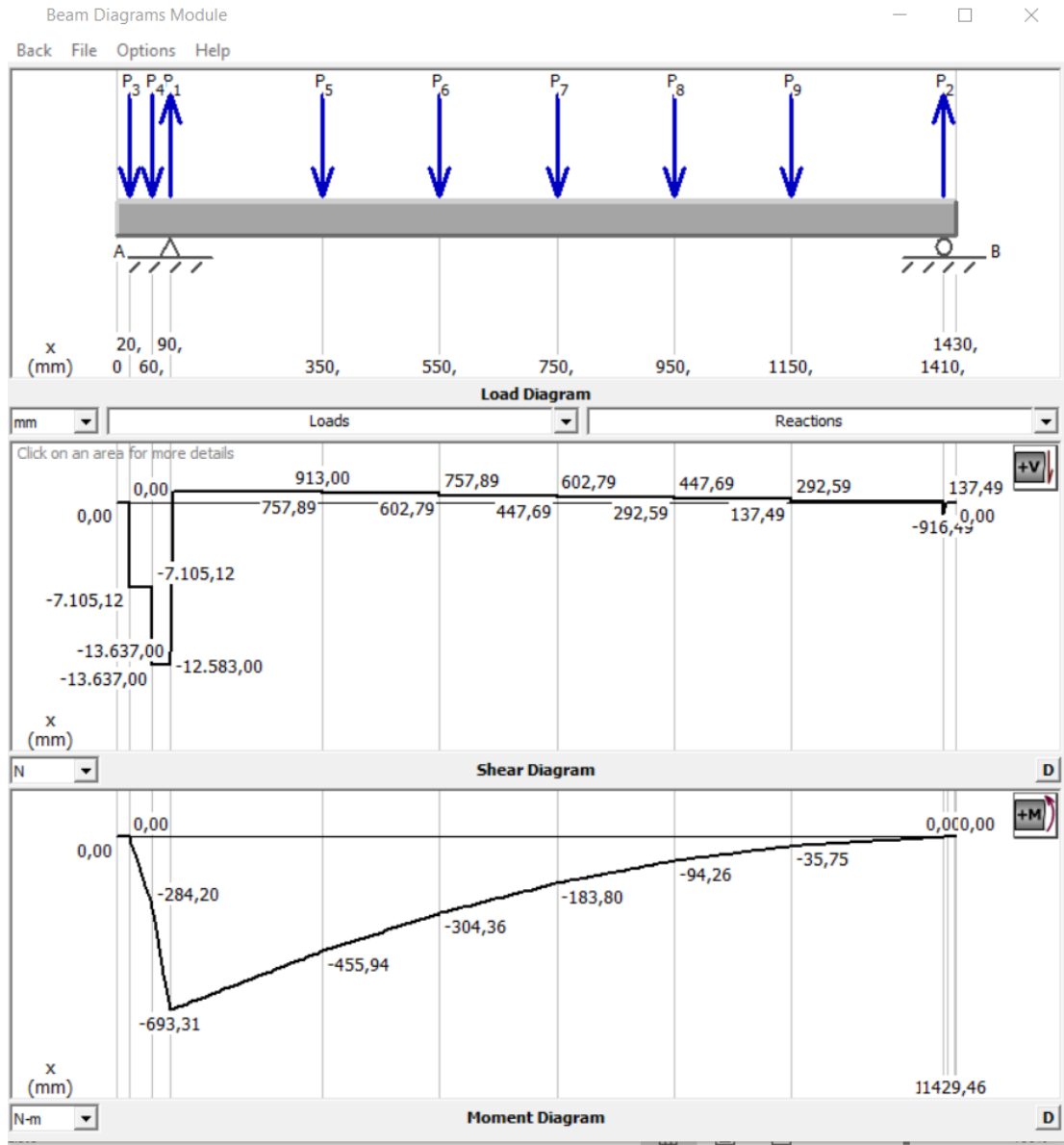
$$R_A = +F_{cad} + F_{engran} + F_A + F_B + F_C + F_D + F_E - R_B$$

$$R_A = (7105,12 + 6531.88 + 155.11 * 5 - 916.44)[N]$$

$$R_A = 13496.07[N]$$



En la imagen 29, se detalla los diagramas de fuerza cortante y momentos con ayuda del software Mdsolid 4.0 para el eje porta cuchillas en donde se observa que el momento es 693.31[Nm].



**Imagen 28:** Diagramas de Momentos del eje.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

De la tabla de propiedades de materiales del anexo 3, se escoge el material el AISI 1018, que va acorde con el diseño requerido.

**Tabla 13:** Resistencia del material SAE 1080.

<b>Acero SAE-AISI 1018</b>	
Sy	Sut
220Mpa	400Mpa

**Fuente:** (Budynas, 2008).

$$d = \left[ \frac{32 * n}{\pi * Sy} (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{Ec.40}]$$

$$d = \left[ \frac{32 * 3}{\pi * 220 \frac{N}{mm^2} * (1000mm)^2 / (1m)} ((693.319Nm)^2 + (708.16Nm)^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= 0.051m$$

$$D=51mm$$

Para el cálculo de a fatiga se tomas las fórmulas del libro de diseño de máquinas de Shigley.

### **Cálculo a fatiga.**

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S'_e \quad [\text{Ec.41}]$$

$$S'_e = 0.506 * S_{ut} \quad [\text{Ec.42}]$$

$$S'_e = 0.506 * 440Mpa = 224[Mpa]$$

Los criterios para determinar los factores de la resistencia mecánica dependen de la forma de trabajo de los elementos en diseño y se los toma de las tablas de Shigley y se detallan a continuación:

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad [\text{Ec.43}]$$

De la tabla 14, se determina los factores de a y b.

**Tabla 14:** Factor a y b para los acabados superficiales.

Acabado Superficial	Factor a		Exponente
	Sut, Kpsi	Sut, Mpa	b
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o estirado en frio	2,7	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	-0,718
Como sale de la forja	39,9	272	-0,995

**Fuente:** Diseño mecánico de Shigley.

$$Ka = 4.51 * 400^{-0.265} = 0.92$$

$$\mathbf{Ka = 0.92}$$

Se toma la siguiente ecuación se d esta entre  $51 \leq d \leq 254 \text{mm}$

$$Kb = 1.51 * d^{-0.157} = 1.51 * 70^{(-0.157)} = 0.77 \quad [\text{Ec.44}]$$

$$Kc = 1 \quad [\text{Ec.45}]$$

$$Kc = 1 \text{ trabaja a flexion}$$

$$Kd = \text{factor de temperatura} \quad [\text{Ec.46}]$$

$$Kd = 1 \quad \text{sí } T \leq 450^\circ$$

$$Ke = 0.868$$

$$Ke = \text{factor de confiabilidad a 95\%} = 0.868$$

$$Kf = 1 + q(Kt - 1) \quad [\text{Ec.47}]$$

$$q = 0.8$$

$$Kt = 1.5$$

$$Kf = 1 + 0.8(1.5 - 1) = 1.4$$

$$Se = Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * Kf * Se'$$

$$Se = 0.92 * 0.81 * 1 * 1 * 0.868 * 1.4 * 224 = 205,35 \text{ Mpa.}$$

$$d = \left[ \frac{48 * n}{\pi} \left( \left( \frac{T}{Sy} \right)^2 + \left( \frac{M}{Se} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{Ec.48}]$$

$$d = \left[ \frac{48 * 3}{\pi} \left( \left( \frac{708,16}{220E6} \right)^2 + \left( \frac{270,03}{205,3E6} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} = 0.056 \text{ m}$$

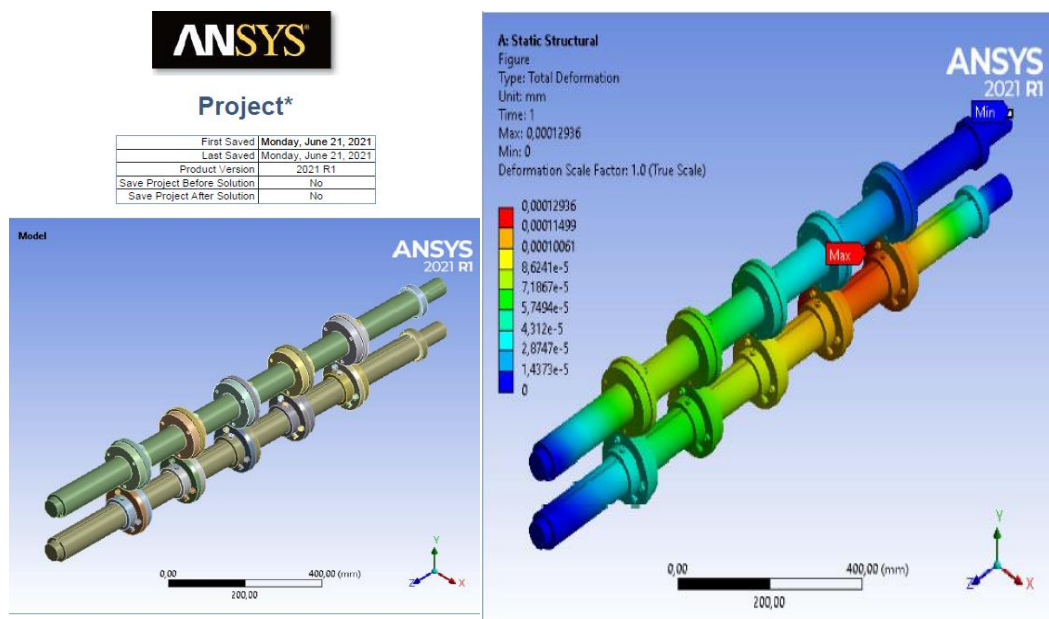
$$d = 0.056 \text{ m} = 60 \text{ mm}$$

Por la disponibilidad del material al momento de la construcción se toma un eje de 70mm de diámetro con el cual se realiza el análisis y diseño.

- El modelado y los planos de la máquina se detalla en el anexo 7.

### Análisis en Ansys.

Para comprobar el diseño se realiza un análisis en el programa ANSYS donde se muestra que el diseño es satisfactorio todo el estudio se lo detalla en el anexo 5.



**Imagen 29:** Análisis de los ejes.  
**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

## Resultados esperados.

### Tiempos de corte para elaborar canales y cumbreras con la máquina

En la misma orden de producción de 25 cumbreras de 3m. de largo x 40cm ancho y 25 canaletas de 3 m. x 15cm. de ancho. Se necesita que dos obreros corten 150m. para estos pedidos. El promedio de demora es de 90 minutos en cortar.

La productividad sería la siguiente:

La productividad es directamente proporcional a las salidas e inversamente proporcional a las entradas con se observa en la ecuación 49.

$$productividad = \frac{Salidas}{Entradas} \quad [Ec.49]$$

Si la máquina corta 16m/min y el pedido es 150 metros la máquina demora:

Aplicando la fórmula de la velocidad de la ecuación 50, citada del libro de Física de Schaum se determina el tiempo de corte para los 150m.

X= espacio recorrido[m].

V= velocidad de la máquina [m/min]

t= tiempo [min]

$$X = v * t \quad [Ec.50]$$

Se despeja el tiempo  $t = \frac{x}{v} = \frac{150[m]}{16[\frac{m}{min}]} = 9.36min$

*Tiempo de corte de la maquina = 9.36 en 150m*

$$\begin{aligned} Productividad \text{ con obreros} &= \frac{50 \text{ piezas.}}{2 \text{ obrer}90 \text{ min.}} = 0,27 \frac{\text{piezas}}{\text{min.} * \text{obrero}} * \frac{60 \text{ min.}}{1h} \\ &= 16.66 \frac{\text{piezas}}{\text{hora} * \text{hombre}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Productividad con máquina} &= \frac{50 \text{ piezas.}}{1 \text{ maqñn } 9,36.} = 1.39 \frac{\text{piezas}}{\text{min,*obrero}} * \frac{60 \text{ min.}}{1h} \\
 &= 83.4 \frac{\text{piezas}}{\text{hora * máquina}}
 \end{aligned}$$

Incremento de la productividad con la máquina:

$$\text{Incremento de la productividad} = \frac{83.4}{16.66} * 100 = 506\%$$

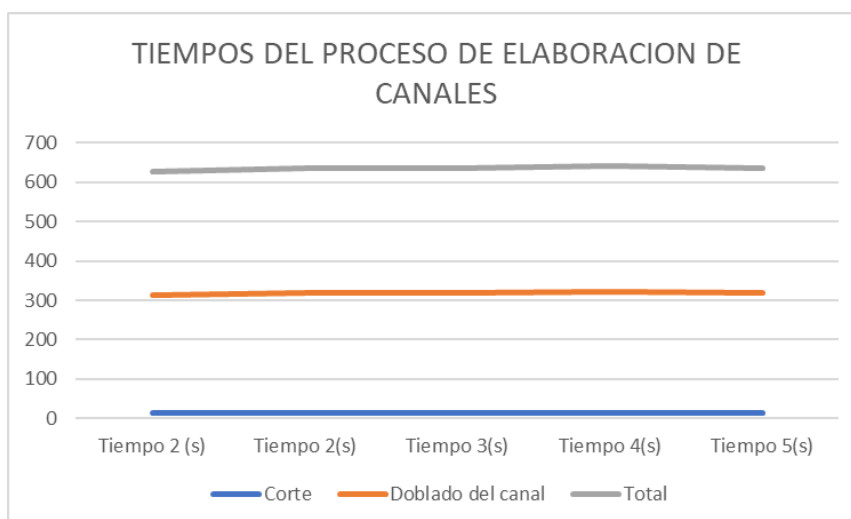
La mejora ha sido en un 506% en cuestión del tiempo en el corte.

Los resultados esperados en esta propuesta se detallan a continuación en la tabla 15, con los datos obtenidos gracias a la simulación en el software SolidWorks se puede observar que se ha disminuido dos procesos, el de medición y rayado y en la gráfica se observa claramente la disminución del tiempo del proceso.

**Tabla 15:** Tiempos del proceso de elaboración de canales.

<b>TIEMPOS DEL PROCESO DE ELABORACION DE CANALES</b>					
<b>Operaciones</b>	<b>Tiempo 2 (s)</b>	<b>Tiempo 2(s)</b>	<b>Tiempo 3(s)</b>	<b>Tiempo 4(s)</b>	<b>Tiempo 5(s)</b>
Corte	13	13	13	13	13
Doblado del	300	305	305	308	305
<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>318</b>	<b>318</b>	<b>321</b>	<b>318</b>

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.



**Gráfico 3:** Tiempos de elaboración de canales.

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

## Cronograma de actividades.

La aplicación de la propuesta se la detalla en la tabla 16.

**Tabla 16:** Cronograma de actividades del proyecto.

Planificación de Ejecución del Proyecto																
	ene-21		feb-21				mar-21				abr-21				may-21	
Actividades	3° semana	4° semana	1° semana	2° semana	3° semana	4° semana	1° semana	2° semana	3° semana	4° semana	1° semana	2° semana	3° semana	4° semana	1° semana	2° semana
Revisión del proyecto por parte de la empresa.	■	■														
Aprobación del proyecto por parte de la empresa.			■													
Negociación de maquinaria con empresa Tianjin			■	■												
Envío de características de la máquina.				■	■											
Aprobación y contrato para la construcción de la maquina.					■											
Construcción de la máquina						■	■	■	■							
Envío de la maquina al puerto									■							
Transito marítimo									■	■	■	■				
Tramites de desaduanización de la maquinaria											■	■				
Transporte guayaquil- Lago agrio													■			
Instalación de la máquina														■		
Pruebas de la máquina															■	
Toma de datos y verificación de la mejora															■	

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.

## Análisis de costos

De acuerdo con el análisis y al estudio realizado en este proyecto de optimización del proceso de construcción de canales y cumbreras en la empresa FRANJED, se detalla en la tabla 17, los costos de la aplicación metodológica y de los materiales a utilizarse para la realización de este proyecto en el país.

**Tabla 17:** Análisis de costos del proyecto en Lago Agrío.

N.º	Cant.	Materiales y Componentes	Valor Uni.	Valor Total
1	2	Ejes para porta cuchilla AISI 1018 de 70mm diámetro x1430mm de longitud	180	\$ 360,00
2	4	Rodamientos SKF 62210 2RS1	40	\$ 160,00
3	1	Neopreno de 130 de $\phi$ ext. x 60mm de $\phi$ int. 1300 I	80	\$ 80,00
4	2	Ejes de arrastre AISI 1018 diámetro 60mmx 1430mm	100	\$ 200,00
5	3	Perfil C 80x40x6mm	45	\$ 135,00
6	6	Plancha de tol A536 de 15mm para sujeción ejes	30	\$ 180,00
7	3	Piñón ISO 14 Z 16A	50	\$ 150,00
8	2	Engranaje 5M 28T 20PA 20FW-S28N75H50L50R1	80	\$ 160,00
9	1	Cadena Paso 1 pulgada 30 eslabones	180	\$ 180,00
10	8	Caja porta rodamiento	80	\$ 640,00
11	1	Plancha de 4mm espesor lisa	112	\$ 112,00
12	10	Porta cuchilla	40	\$ 400,00
13	10	Cuchillas	60	\$ 600,00
14	1	Varilla lisa de 25mm de diámetro	15	\$ 15,00
15	8	Resortes	4	\$ 32,00
16	12	Pernos M12x45	1,5	\$ 18,00
17	6	Pernos M22x20	2,25	\$ 13,50
18	1	Motorreductor de 3Hp	800	\$ 800,00
19	1	Selector Cambio de giro	20	\$ 20,00
20	1	Pintura	50	\$ 50,00
			<b>SUBTOTAL:</b>	\$ 4.305,50
			<b>IVA 12%:</b>	\$ 516,66
			<b>TOTAL:</b>	\$ <b>4.822,16</b>

**Realizado por:** Darwin Coello, 2021.



Gracias a que la empresa mantiene relaciones con empresas del país asiático China y está realizando importaciones continuas, se realizó la respectiva cotización de la maquinaria para este proyecto en ese país, teniendo valores que se expresan en la tabla 18.

**Tabla 18:** Cotización Maquina cortadora empresa Tianjin.



**HAIXING INDUSTRIAL GROUP CO.,LIMITED**

Email: [jodie@haixingsteel.com](mailto:jodie@haixingsteel.com) Mob/Whatsapp/Facebook:+8618920395263

## QUOTATION

Date: January. 2021

Items	设备名称及型号 Equipment Name	单价 Price(USD)	数量(套) Quantity(SET)	总金额 Amount(USD)
1	Simple Cutter Machine With Hand Cutting Thickness:0.25-1.7mm Width:1250mm Materials :Carbon steel coil	985.00	1	985.00
Total:USD985.00 FOB Tianjin				

Maquina Cortadora Longitudinal				
	Total 3 maquinas	Costo maquina cortadora	Porcentaje del valor maquina/ cortadora	Porcentaje salida de divisas
Precio FOB	18900	985,00	5,21%	5,50%
salida de divisas	1039,5	54,18		
Gastos Flete marítimo	7788	405,88		
Embarque carga segura y THC	1118	58,27		
Arancel Importación Aduanera	4504	234,73		
Bodegaje y manejo de aduana	534	27,82		
Transporte Gyquil-Lago Agrio	1200	62,54		
Costo Total	35083,288	1828,41		

**Fuente:** Ferro-aceros FRANJED, 2021

Realizando una comparación entre el análisis de costos de la tabla 18 y la tabla 19 se propone a la empresa, que la mejor opción para la adquisición de la maquinas, es la importación, ya que va a existir un ahorro de 2993,75 dólares por motivo que la empresa pretende importar otra maquinaria y esto ayudaría a disminuir costos.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones:**

- Se realizó el análisis situacional en la empresa y se constató que tienen pérdidas de materiales, demoras en los cortes y menor calidad, en el proceso de corte longitudinal de las láminas para la producción de canales y cumbreras en la empresa.
- Se realizó el estudio de diferentes máquinas para la optimización y elaboración de canales y cumbreras para lo cual se considerarán tres opciones para el proceso de corte: tijeras neumáticas, por cizalladura manual y una máquina de cuchillas rotativas. Optando por el diseño de la máquina de cuchillas rotativas.
- Se logró optimizar el proceso de corte con la ayuda del software, SolidWorks ANSYS donde se realizó el diseño y simulación de la máquina de cuchilla rotativas para la fabricación de canales y cumbreras.
- Se implementó la máquina de cuchillas rotativas para este proceso de corte longitudinal, de 1500 mm de ancho, 1200 mm de largo y 1500 mm de alto con una fuerza de corte de 4466,22 N con dos ejes transversales de 70 mm de diámetro y un motor de 3HP.

**Recomendaciones:**

- Se recomienda aprovechar el diseño de la máquina propuesto para futuras mejoras e implantación en diferentes industrias donde se requiera cortes longitudinales.
- Se recomienda que la universidad obtenga licencias de software como: SolidWorks, ANSYS y FUSION 360 ya que son indispensables para el estudio y diseño de elementos mecánicos y así mejorar la formación de los estudiantes.
- Se recomienda que se realicen análisis económicos con las mejoras implementadas para constatar el crecimiento productivo y económico de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

- ISO INEN- ISO 12100-2. (2014). Seguridad de las maquinas, conceptos basicos, principios generales para el diseño.
- Gómez Villoldo, A. (03 de 2017). QFD la Casa de la Calidad. Obtenido de <http://asesordecalidad.blogspot.com/2017/03/qfd-la-casa-de-la-calidad-herramienta.html#.YcPjPGjMLIV>.
- ASTM-Handbook. 1993. "Forming and Forging." 14:68–70.
- Budynas, Richard. 2008. "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shyglye." Journal of Chemical Information and Modeling 53(9):1689–99.
- DOMÍNGUEZ, GARCÍA, and REY GONZÁLES. 2007. "Cadenas de Rodillos. Tendencias de Desarrollo y Dimensionales según Normas ISO." Ingeniería Mecánica 10(2):33-39–39.
- Edgar Vinicio Iza Carrillo. 2017. "Diseño y Construcción de Máquina Rotativa de Corte Longitudinal de Planchas de Acero Galvanizado de 1mm de Espesor En la Empresa IBIMCO SA."
- Galora, Tesmotocles. 2018. Diseño y Construcción de una Máquina Desgranadora de Ajo en La Parroquia Pilahui - Ambato.
- García, Daniel. 2018. "Diseño y Cálculo de una Cizalla Mecánica para Cortar Ferralla." Zagan.Unizar.Es 2021:0–43.
- García, Francisco. 2020. Diseño y Construcción de una Cortadora de Laminas de Acero, Tipo Guillotina Hidraulica, de Hasta 1.4mm de Espesor, para la Empresa Ingeniería del Acero y Matriceria de la Ciudad de Ambato.
- Haixing Industrial Group Co., Ltd. 2019. "Fabricantes, Proveedores - Máquina de Corte Longitudinal de Tiras de Acero Estrechas de China - Precio - Haixing." Retrieved February 10, 2021 (<http://www.roll-forming-machines.com/leveling-slitting-produce-line/slitting-machine/narrow-steel-strip-slitting-machine.html#p1>).
- Hernández Alvarado, Oralio. 2015. "Diseño y Simulación de una Máquina Cortadora para Tiras de Otatillo." (1):191.
- Investigación, Lineas D. E. 2020. "Universidad Tecnológica Indoamérica."
- Laminas y Aceros. 2020. "Laminas y Aceros Cortar Acero 1.Jpg (632×474)."

- Retrieved February 10, 2021 ([https://blog.laminasyaceros.com/hs-fs/hubfs/Diego\\_Hay/Cortar\\_acero\\_pt1/Laminas\\_y\\_aceros\\_cortar\\_acero\\_1.jpg?width=632&height=474&name=Laminas\\_y\\_aceros\\_cortar\\_acero\\_1.jpg](https://blog.laminasyaceros.com/hs-fs/hubfs/Diego_Hay/Cortar_acero_pt1/Laminas_y_aceros_cortar_acero_1.jpg?width=632&height=474&name=Laminas_y_aceros_cortar_acero_1.jpg)).
- Ortiz, J., V. H. Alvarado, and J. A. Salinas. 2013. "Proceso de Diseño Mecánico de Maquina Cortadora de Lamina Con Po-." 376–82.
- Palacios Arango, Sebastián. 2008. "Diseño de Cizalla por Corte Circular para obtener Rollos de 10mm de ancho a partir de Rollos de 150mm." *Metalurgia*.
- RENOLD. 2010. "Transmission Chain Installation, Maintenance & Designer Guide."
- Saquina, Carlos. 2019. "Universidad Tecnológica Indoamérica."
- SEARQ. 2021. "El Cerramiento - 3 Edición - Agosto 2012 by AMEVEC - Issuu." 6. Retrieved February 9, 2021 (<https://issuu.com/amevec/docs/elcerramiento-3-ago2012/8>).
- Slitter, Wilder. 2015. "No TitleWilter Slitter Manual."
- Stavros, Aj. 1986. "Galvalume Corrugated Steel Pipe: A Performance Summary." Retrieved February 9, 2021 (<https://trid.trb.org/view/269729>).
- Wood, Peter. 2007. "Optimizing the Shear Slitting Process Summary." TAPPI PLACE Conference 2007 - "Polymers, Laminations, Adhesives, Coatings, Extrusions" 1:164–242.

## ANEXOS

### Anexo 1: Casa de la calidad QFD.

Proyecto: Construcción de una máquina de corte de tiras de acero  
 Revision: Equipo de planificación  
 Fecha: 15 de febrero 2021

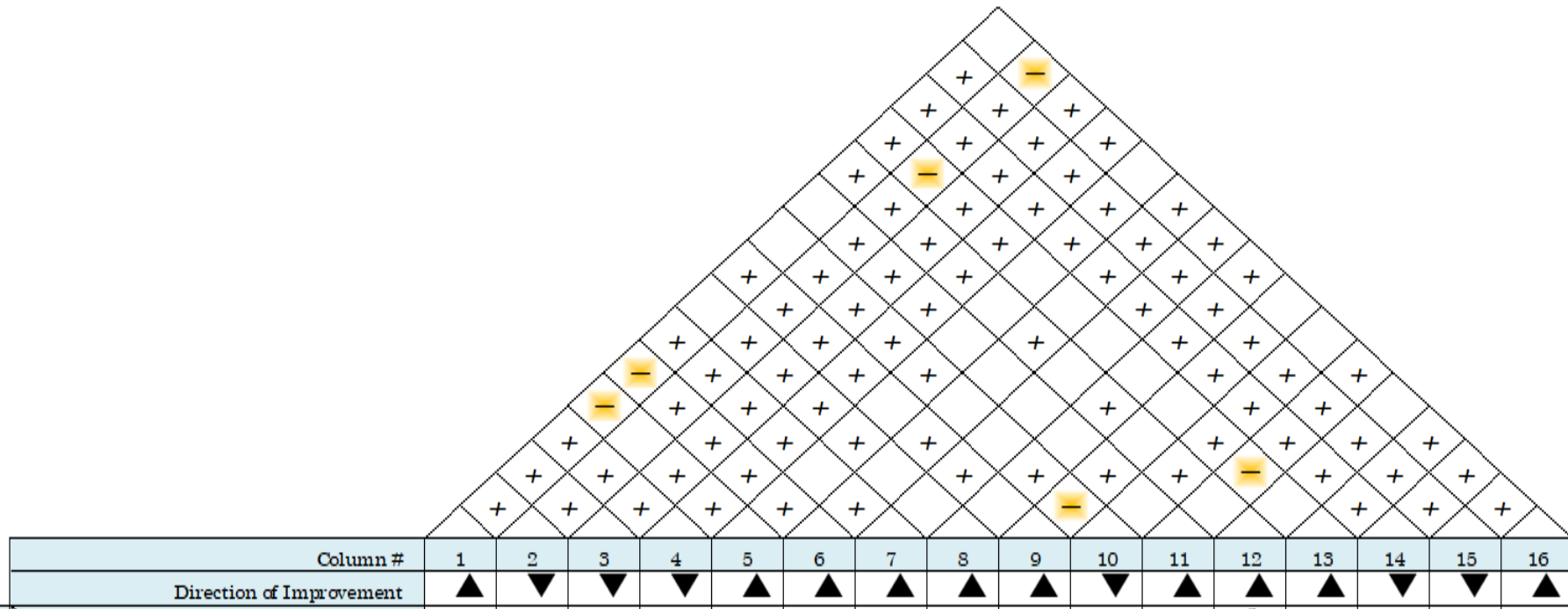
Correlations	
Positive	+
Negative	-
No Correlation	

Relationships	
Strong	●
Moderate	○
Weak	▽

Direction of Improvement	
Maximize	▲
Target	◇
Minimize	▼

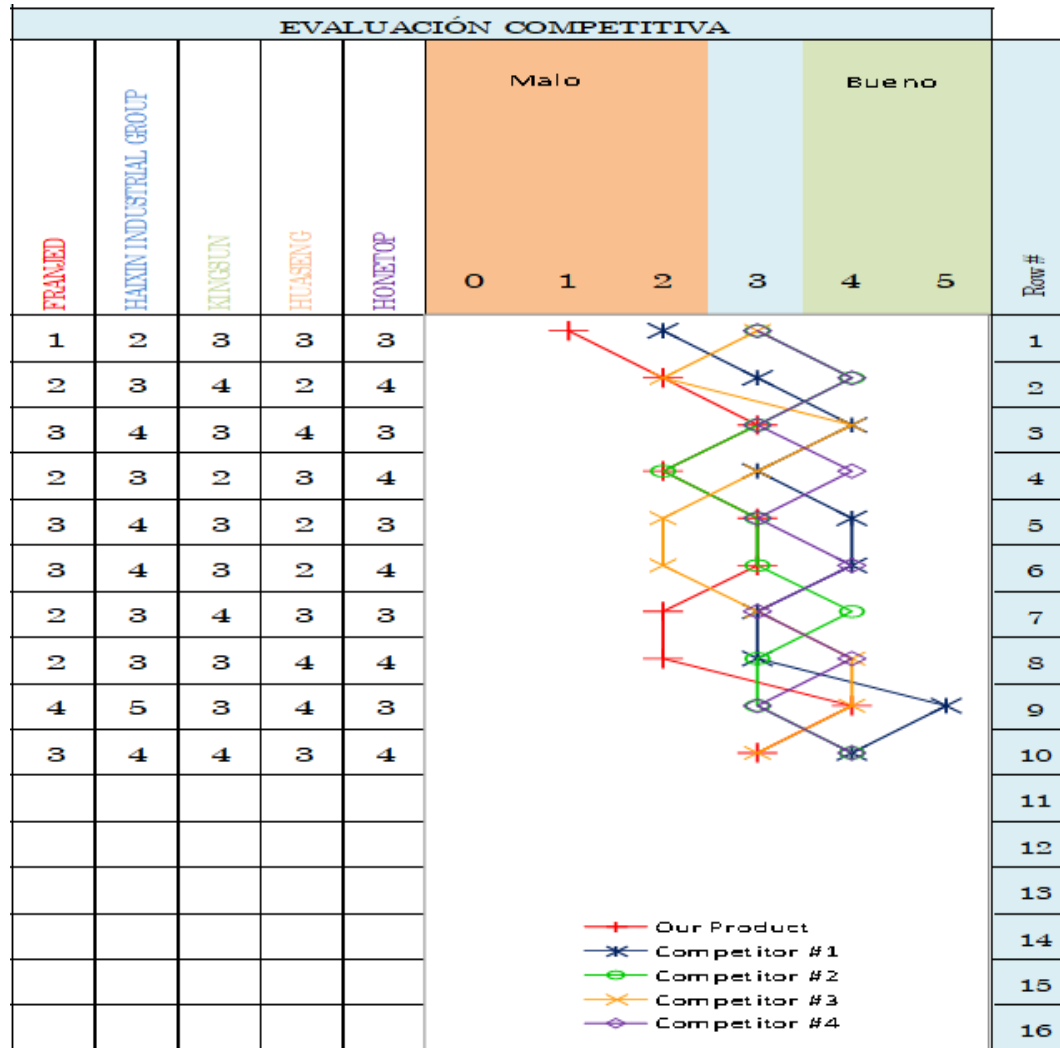


**Descripción de la imagen:** Evaluación de las relaciones entre los requerimientos técnicos de la máquina.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

Row #	Weight Chart	Relative Weight	Customer Importance	Maximum Relationship	Customer Requirements (Explicit and Implicit)	Column #															
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
						Direction of Improvement															
						▲	▼	▼	▼	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▲	▼	▼	▲	
						Mecanismo de corte regulable	Número de bloques de armado	Tamaño máquina	Peso adecuado	Potencia del motor principal	Ancho del mecanizado	Dureza de la cuchilla	Método de alimentación	Material cabezote central	Voltaje de alimentación	Lubricación de partes	Protección parte eléctrica y sensores	Repuestos en stock	Número de rodillos	Número de ejes	Material impermeable
1	■■■	11%	4.88	9	Que las cuchillas sean resistentes	○	▼	▼	●	▼	●	●	▼	▼	▼	○	▼	▼	●	○	▼
2	■■■	10%	4.8	9	Que se pueda cambiar dimensiones de corte	●	○	●	▼	▼	●	●	▼	○	▼	▼	▼	▼	○	○	▼
3	■■■	10%	4.7	9	Que sea de fácil operación	●	●	▼	▼	●	●	▼	○	○	●	●	●	○	●	●	○
4	■■■	10%	4.67	9	Que sea de fácil montaje	●	●	●	●	○	▼	▼	○	●	○	○	●	○	●	●	▼
5	■■■	10%	4.6	9	Que sea de fácil mantenimiento	●	●	○	○	○	●	▼	●	○	●	●	●	●	○	○	●
6	■■■	10%	4.5	9	Que sea automática	▼	○	○	▼	●	▼	▼	●	▼	●	▼	●	▼	▼	▼	▼
7	■■■	10%	4.5	9	Que tenga dimensiones ergonómicas	○	○	●	●	○	○	▼	○	○	○	○	○	○	●	●	○
8	■■■	10%	4.45	9	Que tenga protectores de corte	●	▼	▼	▼	▼	●	●	▼	○	▼	▼	●	○	○	○	○
9	■■■	10%	4.4	9	Que sea durable	○	●	○	○	●	●	●	○	●	○	○	○	▼	▼	▼	●
10	■■■	9%	4.3	9	Baja consumo de electricidad	○	○	○	○	●	○	○	●	○	●	○	○	○	○	○	○
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					

**Descripción de la imagen:** Matriz de la relación entre requerimientos del cliente y atributos de la máquina.  
**Fuente:** Darwin Coello, 2021.



**Descripción de la imagen:** Evaluación entre las empresas del mercado y la percepción de la empresa FRANJED.  
**Fuente:** Darwin Coello, 2021.



	Target	4 posiciones	3 Bloques	1.5*1.3*1.25 m	0.35 toneladas	0.75-2.2 Kw	1250 mm	55-63 grados	De eje de cola de 2Φ 130 mm	Canal de 140 mm de acero máximo	380 V 60 Hz 3 Phase	aceite antioxidante	película de plástico	2 por bloque	3	3	Papel impermeable
	Max Relationship	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Technical Importance Rating	584.54	499.91	421.75	403.49	472.79	624.54	442.45	413.84	377.86	475.41	361.79	557.99	279.13	506.77	442.84	335.59
	Relative Weight	8%	7%	6%	6%	7%	9%	6%	6%	5%	7%	5%	8%	4%	7%	6%	5%
	Dificultad organizacional 1 difícil 5 fácil (DO)	3	4	3	3	3	4	4	3	5	3	3	4	4	4	4	3
	Weight Chart																
Technical Competitive Assessment	FRANJED	2	3	2	3	2	4	3	4	3	3	4	2	3	4	4	3
	HAIKIN INDUSTRIAL GROUP	2	3	1	2	3	4	3	4	2	3	4	4	3	4	3	4
	KINGSUN	3	4	3	4	4	3	4	3	4	3	3	4	4	3	4	3
	HUASENG	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	3	3	4	5	5	3
	HONETOP	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	5
	Line Chart																
Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

**Descripción de la imagen:** Evaluación técnica.  
**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

**Anexo 2:** Diagnóstico de la casa de la calidad QFD.

Target	4 posiciones	3 Bloques	1.5*1.8*1.25 m	0.35 toneladas	0.75-2.2 Kw	1250 mm	56-62 grados	De eje de cola de 2Φ 130 mm	Canal de 140 mm de acero máximo	380 V 60 Hz 3 Phase	aceite antioxidante	película de plástico	2 por bloque	3	3	Papel impermeable
Max Relationship	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Technical Importance Rating	584,54	499,91	421,75	403,49	472,79	624,54	442,45	413,84	377,86	475,41	361,79	557,99	279,13	506,77	442,84	335,59
Relative Weight	8%	7%	6%	6%	7%	9%	6%	6%	5%	7%	5%	8%	4%	7%	6%	5%
Dificultad organizacional 1 difícil 5 fácil (DO)	3	4	3	3	3	4	4	3	5	3	3	4	4	4	4	3
Weight Chart																
FRANJED	2	3	2	3	2	4	3	4	3	3	4	2	3	4	4	3
HAIKIN INDUSTRIAL GROUP																
KINGSUN																
HUASENG																
HONETOP																
Technical Competitive Assessment	<p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Our Product (Red line with '+' markers)</li> <li>Competitor #1 (Blue line with '*' markers)</li> <li>Competitor #2 (Green line with 'o' markers)</li> <li>Competitor #3 (Orange line with 'x' markers)</li> <li>Competitor #4 (Purple line with 'v' markers)</li> </ul>															
Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

**Descripción de la imagen:** En la imagen se detalla el diagnóstico QFD, en donde, la mejor opción de construcción de la máquina de corte, la tiene empresa FRANJED.

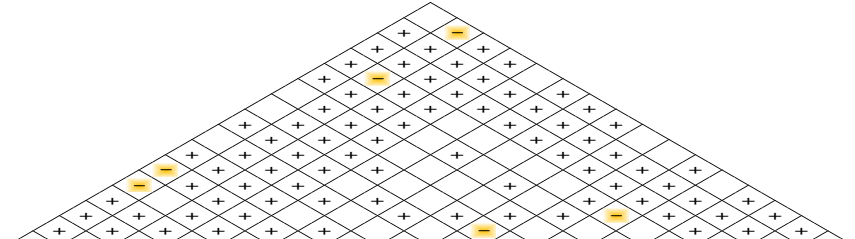
**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

# Descripción de la imagen: Construcción completa de la casa de la calidad para la máquina de corte en Excel.

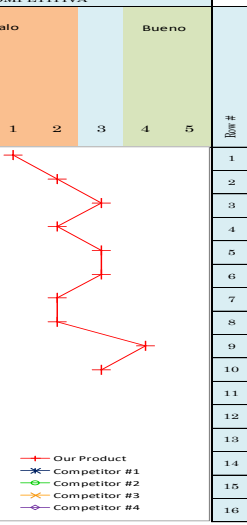
Fuente: Darwin Coello, 2021.

**QFD: Casa de la Calidad**  
 Proyecto: Construcción de una máquina de corte de tiras de acero  
 Revision: Equipo de planificación  
 Fecha: 15 de febrero 2021

Correlations	
Positive	+
Negative	-
No Correlation	
Relationships	
Strong	●
Moderate	○
Weak	▽
Direction of Improvement	
Maximize	▲
Target	◇
Minimize	▼



Row #	Weight Chart	Relative Weight	Customer Importance	Maximum Relationship	Customer Requirements (Explicit and Implicit)	Column #																EVALUACIÓN COMPETITIVA					Row #
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Malo				Bueno	
					Direction of Improvement	▲	▼	▼	▼	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▲	▲	▼	▼	▲	FRANJED	HAINX INDUSTRIAL GROUP	KINGSUN	HUASENG	HONETOP		
1	■	11%	4.88	9	Que las cuchillas sean resistentes	○	▽	▽	●	▽	●	●	▽	▽	○	▽	▽	○	○	○	1						
2	■	10%	4.8	9	Que se pueda cambiar dimensiones de corte	●	○	○	▽	▽	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	2						
3	■	10%	4.7	9	Que sea de fácil operación	●	●	▽	▽	▽	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	3						
4	■	10%	4.67	9	Que sea de fácil montaje	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4						
5	■	10%	4.6	9	Que sea de fácil mantenimiento	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	5						
6	■	10%	4.5	9	Que sea automática	▽	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	6						
7	■	10%	4.5	9	Que tenga dimensiones ergonómicas	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	7						
8	■	10%	4.45	9	Que tenga protectores de corte	●	▽	▽	▽	▽	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	8						
9	■	10%	4.4	9	Que sea durable	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9						
10	■	9%	4.3	9	Baja consumo de electricidad	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	10							
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											



Target	4 ejes	3 bloques	1,5' x 1,35 m	0,5 toneladas	0,7-2,2 Kw	120 mm	50-60 grados	Di. esp. de rola de 30 - 130 mm	Canal de 10 mm de acero máximo	380V 60 Hz 3 Phase	aceite anticorrosivo	petrolato de plástico	2 perfiles	3	3	Papel impermeable	
	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Max Relationship	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Technical Importance Rating	584,54	499,91	421,75	403,49	478,79	624,54	442,45	413,84	377,86	475,41	361,79	557,99	279,13	506,77	448,84	335,59	
Relative Weight	8%	7%	6%	6%	7%	9%	6%	6%	5%	7%	5%	8%	4%	7%	6%	5%	
Difultad organizacional 1 difícil 5 facil (DO)	3	4	3	3	3	4	4	3	5	3	3	4	4	4	4	3	
Weight Chart		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Technical Competitive Assessment		FRANJED	HAINX INDUSTRIAL GROUP	KINGSUN	HUASENG	HONETOP											
0 1 2 3 4 5																	
Column #		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Template Revision: 0.9  
 Coello  
 Date: 19/02/2021

### Anexo 3: Propiedades de los Materiales de ejes.

**Tabla A-20**

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD) [Las resistencias listadas son valores ASTM mínimos estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm ( $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{4}$  pulg)]. Estas resistencias resultan adecuadas para usarse con el factor de diseño definido en la sección 1-10, a condición que los materiales se ajusten a los requisitos ASTM A6 o A568 o que se requieran en las especificaciones de compra. Recuerde que un sistema de numeración no es una especificación] Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente:(Budynas, 2008).

**Descripción de la imagen:** Propiedades de los Materiales de ejes, en donde, se puede localizar el material de los ejes para utilizar en el diseño de la máquina.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

## Anexo 4: Selección de cadena.

# RENOLD

### Chain Drive Calculation - 20-Oct-2021

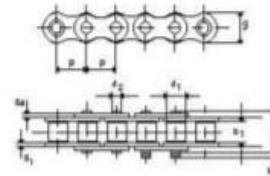
Company: UTI  
 Address: AMBATO  
 Contact: **DARWIN COELLO**  
 TESIS

**Chain: 16 B (ISO 606) Simplex Renold Synergy**

**Serial Number: GY16B1**

#### Chain Data

Pitch:	$p = 25.400 \text{ mm}$	Height:	$g = 21.08 \text{ mm}$
ISO Breaking Load:	$F_b = 60000 \text{ N}$	Inner Plate Thickness:	$s_i = 4.10 \text{ mm}$
Inner Width:	$b_1 = 17.02 \text{ mm}$	Outer Plate Thickness:	$s_a = 3.10 \text{ mm}$
Roller Diameter:	$d_1 = 15.88 \text{ mm}$	Pin Length:	$l = 34.90 \text{ mm}$
Pin Diameter:	$d_2 = 8.28 \text{ mm}$	Connecting Pin Ext.:	$k = 2.20 \text{ mm}$
Mass:	$q = 2.80 \text{ kg/m}$	Bearing Area:	$f = 2.10 \text{ cm}^2$



#### Loading Condition

Input Power:	$P = 1.55 \text{ kW}$	Input Speed:	$n_1 = 40.45 \text{ rpm}$
Torque:	$T = 365.95 \text{ Nm}$	Static Force:	$F = 6465 \text{ N}$
Chain Linear Velocity:	$v = 0.24 \text{ m/s}$	Centrifugal Force:	$F_f = 0.16 \text{ N}$
Bearing Pressure:	$P_r = 33.83 \text{ N/mm}^2$	Dynamic Force:	$F_d = 7104 \text{ N}$
Chain Safety Factors:	Static: 9.28 Dynamic: 8.44	Total Force:	$F_g = 7105.12 \text{ N}$

#### Environment Conditions

Loading Classification:	Driving Machine: Slight Shocks. Driven Machine: Smooth Running.
Service Conditions:	Inadequate lubrication (relative to lubrication).
Environment Condition:	Normal Environment. Indoor Application.

#### Expected Working Life of the Chain

Working Life: 18766 hours

This is within the range of its wear resistance, i.e. after this time 3% wear elongation will be reached.

#### Chain Drive

Number of Links:	$X = 30$
Chain Length:	$l = 762.00 \text{ mm}$
Centre Distance:	$a = 203.20 \text{ mm}$
Ratio:	$i = 1.00$
Number of Teeth:	Driving Sprocket (Z1): 14 Driven Sprocket (Z2): 14
Pitch Circle Diameter:	Driving Sprocket (Z1): 114.15 mm Driven Sprocket (Z2): 114.15 mm
Recommended Lubrication:	Manual Lubrication

Only valid for the above Renold product number.

**Descripción de la imagen:** En esta imagen se detallan los resultados de la selección de cadena obtenida del software de la empresa Renold.

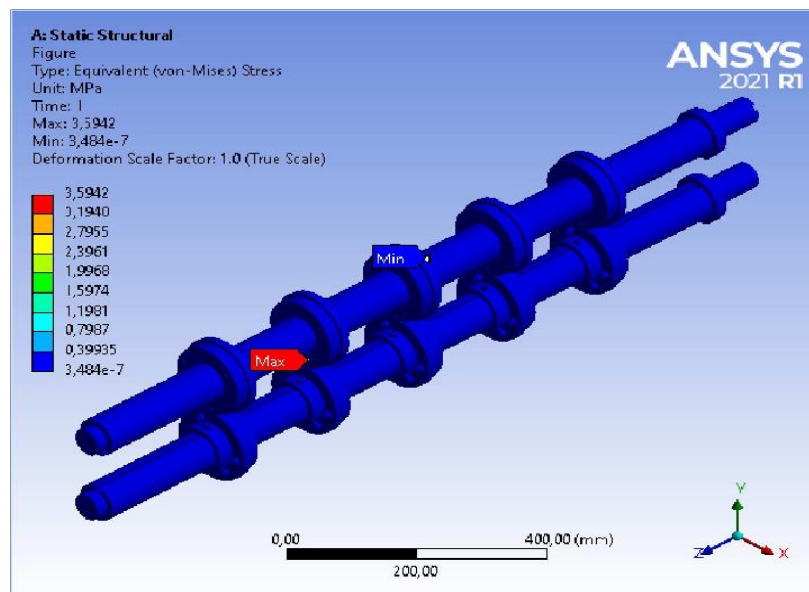
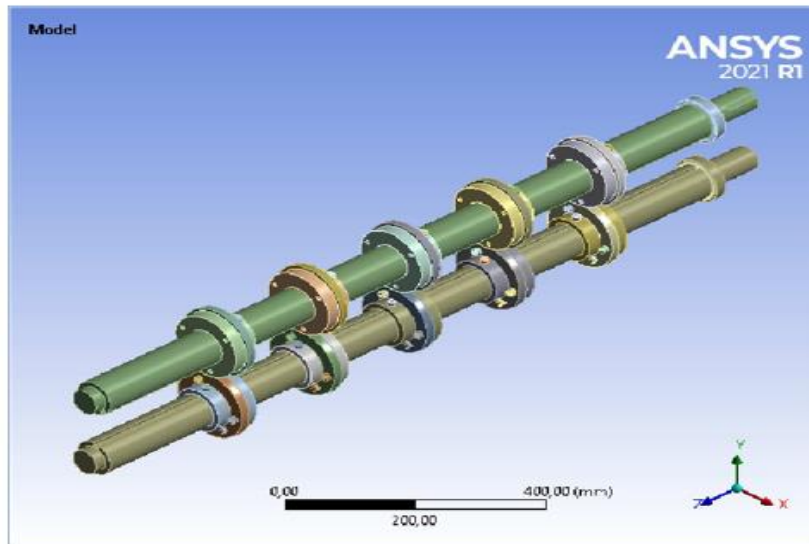
**Fuente:** (RENOLD, 2021).

Anexo 5: Análisis de los ejes.



Project\*

First Saved	Monday, June 21, 2021
Last Saved	Monday, June 21, 2021
Product Version	2021 R1
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



**Descripción de las imágenes:** En estas imágenes se detallan los resultados obtenidos de los análisis respectivos realizados en el software Ansys.

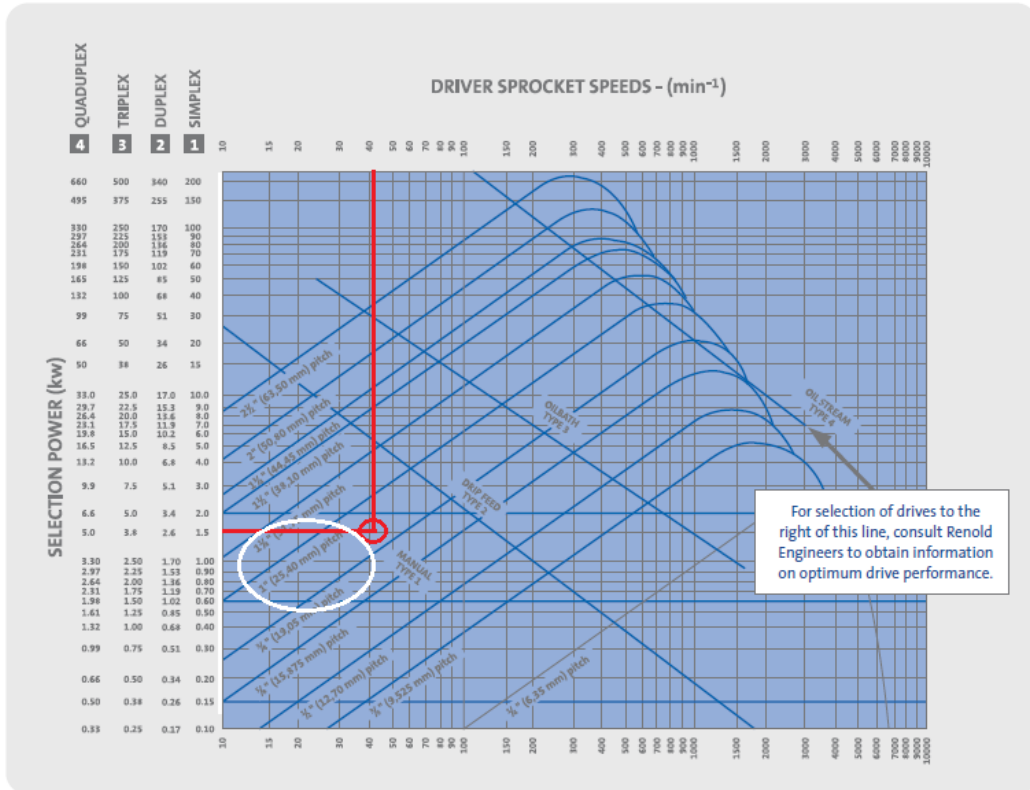
**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

**Anexo 6:** Curvas de selección paso de la cadena y el piñón.

**Renold Chain Designer Guide**  
ANSI Rating Chart

American Standard Chain Drives  
Rating Chart using 19T Driver Sprocket

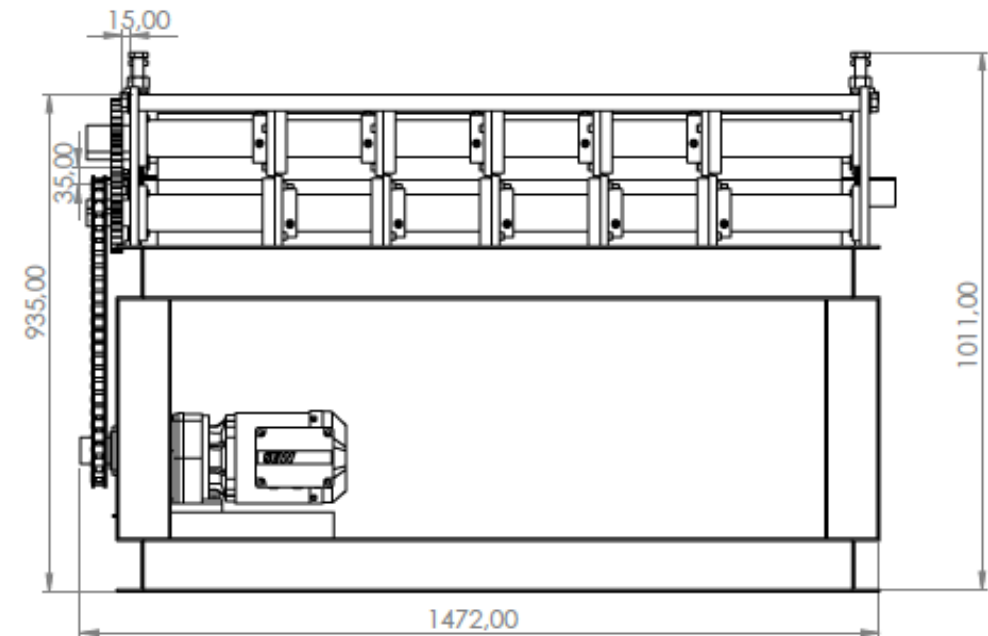
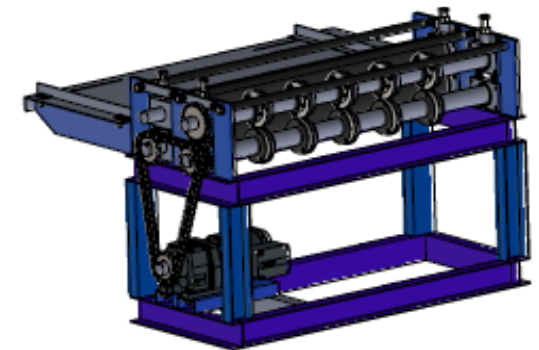
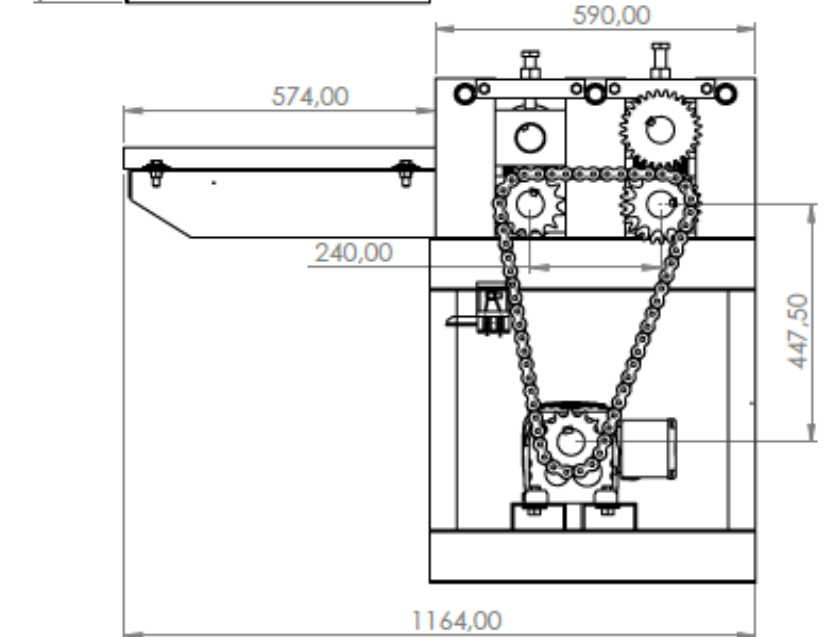
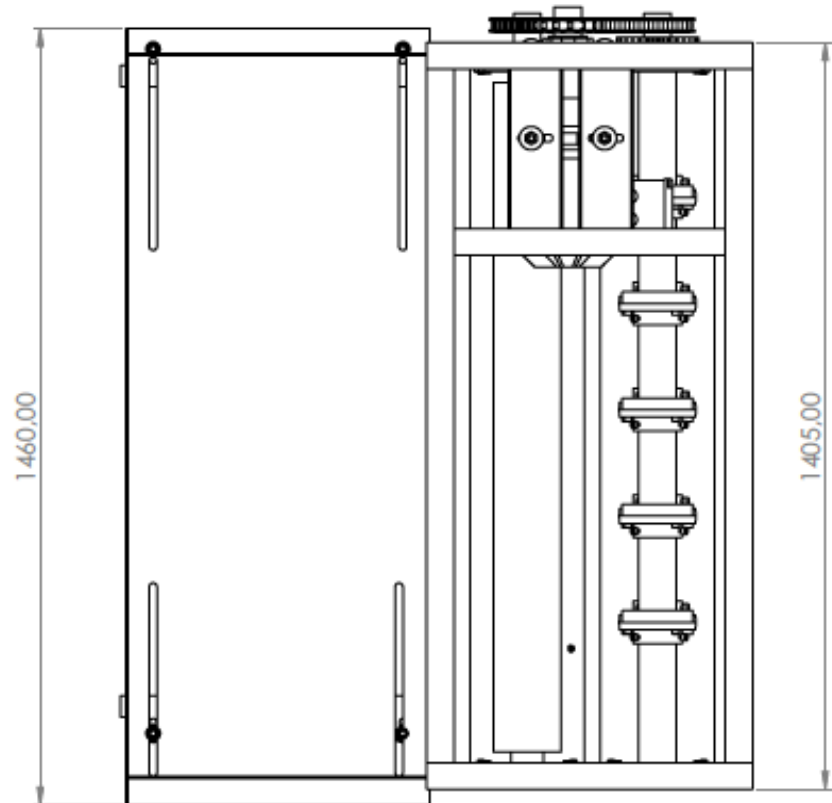
These ratings charts are based on standard Renold-brand transmission chain.  
For guidance on other chain types, go to [www.renold.com/chainselector](http://www.renold.com/chainselector) and use the exclusive Renold Chain Selector software.




**Descripción de la imagen:** En esta imagen de detalla las curvas para selección del paso de la cadena y el piñón.

**Fuente:** (RENOLD, 2021).

# Anexo 7: Planos del diseño de la máquina.

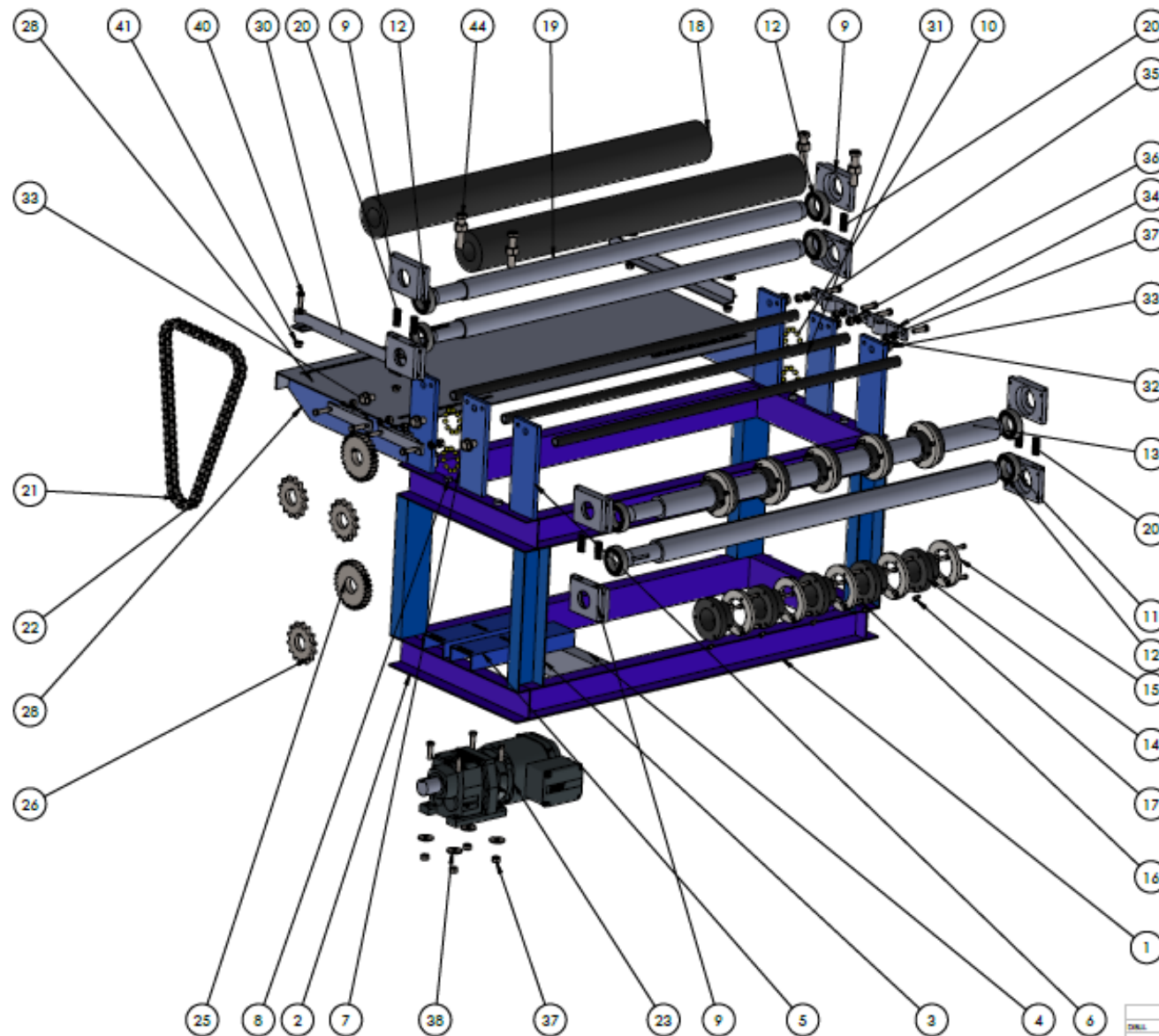


	NOMBRE	FECHA	
DBL.	DARWIN COELLO	10/04/2021	
VER.			
APROB.	ING. AYALA MANUEL		
RESP.			
ESCAL.			MATERIAL:
			DESC:

INSTITUCIÓN **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
  
 N° DE DIBUJO **Plano de medidas cortadora**  
 ESCALA: 1:50  
 HOJA 1 DE 1

A3





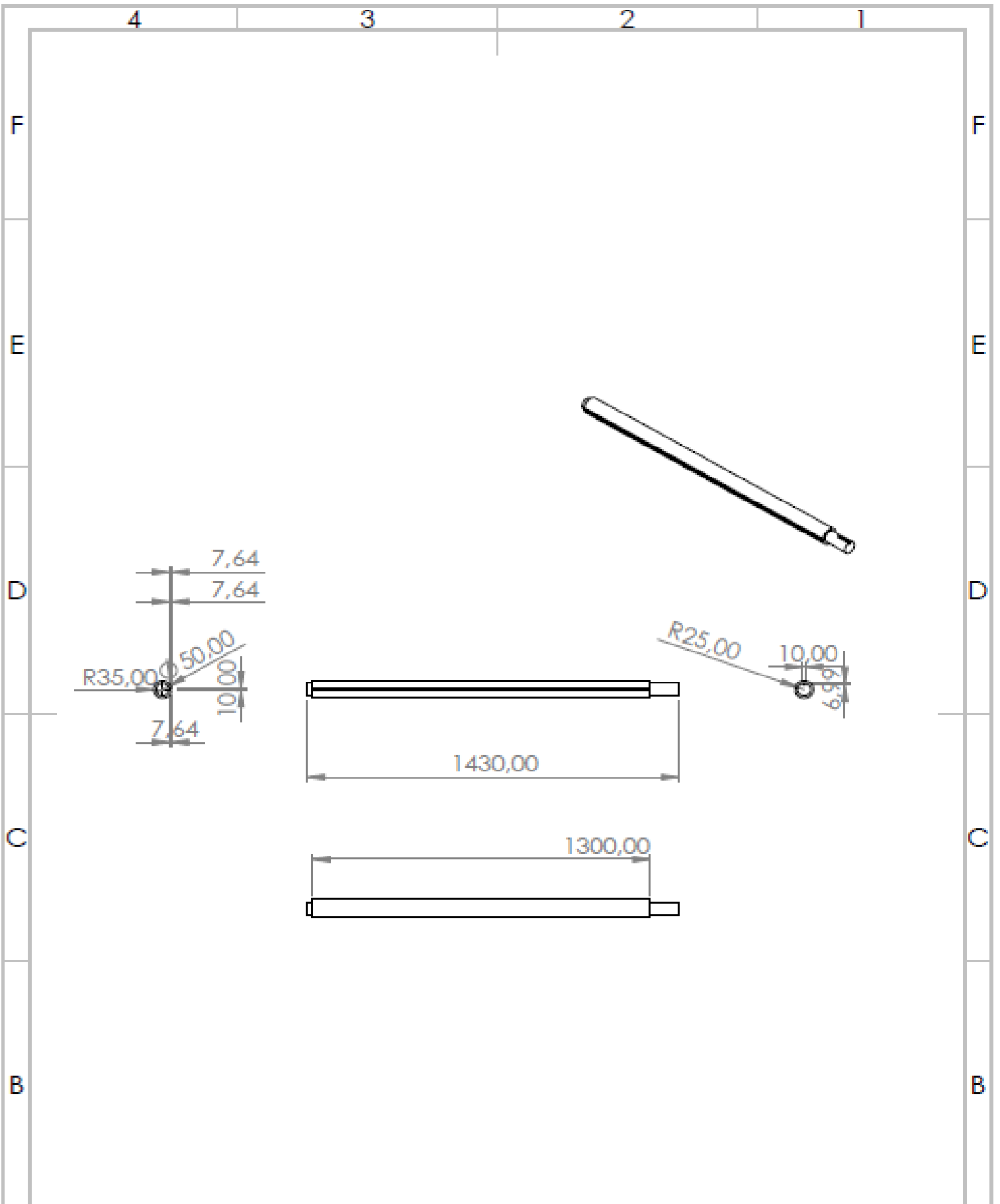
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	viga transversal 1300	4
2	viga lateral 600mm	4
3	Parante 450mm	4
4	viga lateral 500mm	1
5	base motor	2
6	placa pequeña	4
7	placa central	2
8	topes	4
9	cja de rodamiento	8
10	SKF 6210 2RS1 14	80
11	SKF 6210 2RS1 25	8
12	SKF 6210 2RS1 27	8
13	eje 1	2
14	Porta Cuchilla	10
15	Cuchilla	10
16	B18.3.1M - 8 x 1.25 x 35 Hex SHCS - 35NHX	31
17	socket head cap screw	30
18	Caucho de arrastre	2
19	eje de arrastre	2
20	resorte	8
21	ESLABON	30
22	ESLABON EXTERNO DE LA CADENA	30
23	R47DRK90M4 20210608 0627 48 CbtuQYYA_EyY2ghrFMXYx Q	1
24	bochin motor	1
25	Metric - Spur gear 5M 28T 20PA 20FW -S28N75H50L50R1	2
26	Chain wheel ISO - 14Z 16A-1 - 14SA50.0R1	3
27	Piezal'Encantaje explotado	1
28	Tapa de mesa	2
29	Asiento de la Mesa	1
30	Gula	2
31	Tensor	3
32	B18.22M - Plain washer, 20 mm, narrow	6
33	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M20 x 2.5 x 30 -30WN	6
34	Tensor de placas	4
35	B18.2.3.2M - Formed hex screw, M12 x 1.75 x 45 -45NN	12
36	B18.22M - Plain washer, 12 mm, narrow	8
37	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M12 x 1.75 -W-N	12
38	B18.22M - Plain washer, 12 mm, wide	4
39	B18.22M - Plain washer, 12 mm, regular	4
40	B18.2.3.1M - Hex cap screw, M12 x 1.75 x 40 -40N	4
41	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M12 x 1.75 -N	5
42	B18.2.4.6M - Heavy hex nut, M20 x 2.5 -W-N	4
43	AM - M20 x 110 N	4
44	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M20 x 2.5 -W-N	4

HOBBE	FECHA	PROYECTO	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENTREGA
DISEÑO	DAVINI CORLEO BOM	24-08-2021		
AREA				
AFICIA	IND. AYALA MIVUEL IGNAZCO			
TABLA				
Nº DE DIBUJO				
NACIONAL				

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA  
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**CORTADORA DE CUCHILLAS CIRCULARES**

A2



	NOMBRE	FECHA	PRIMA	INSTITUCIÓN:	
DELL.	DAIRWIN COELLO	25-02-2021		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA INGENIERÍA INDUSTRIAL	
VERIF.					
APROB.	PHD. AYALA MANUEL				
FABR.					
CAUD.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
			FUNDICION GRIS	eje 1	A4
		PESO:		ESCALA:1:00	HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

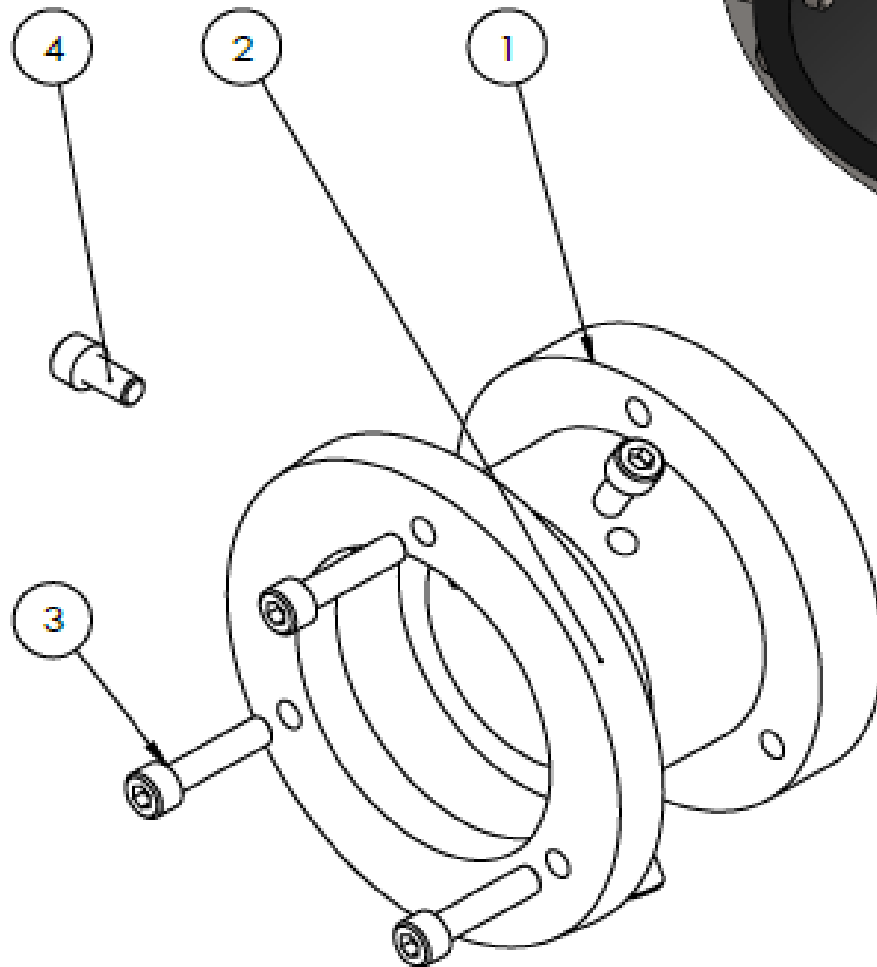
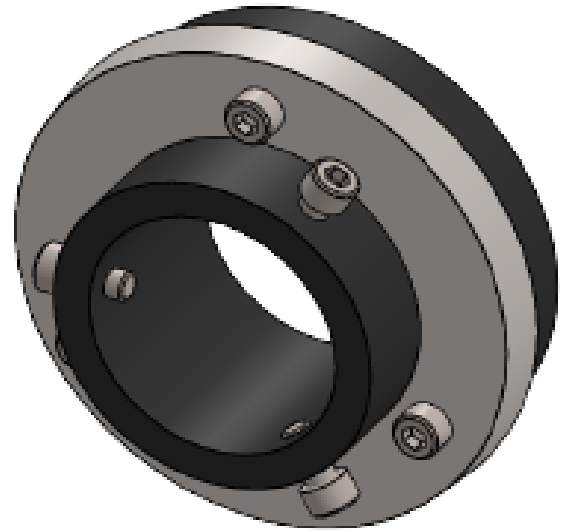
C

B

B

A

A



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Porta Cuchilla		1
2	Cuchilla		1
3	B18.3.1M - 8 x 1.25 x 35 Hex SHCS -- 35NHX		3
4	socket head cap screw_am		3

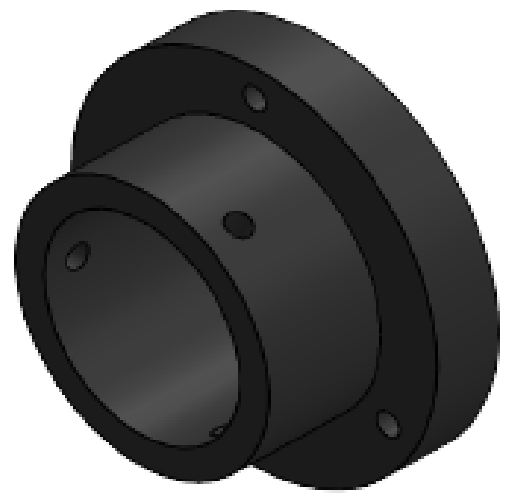
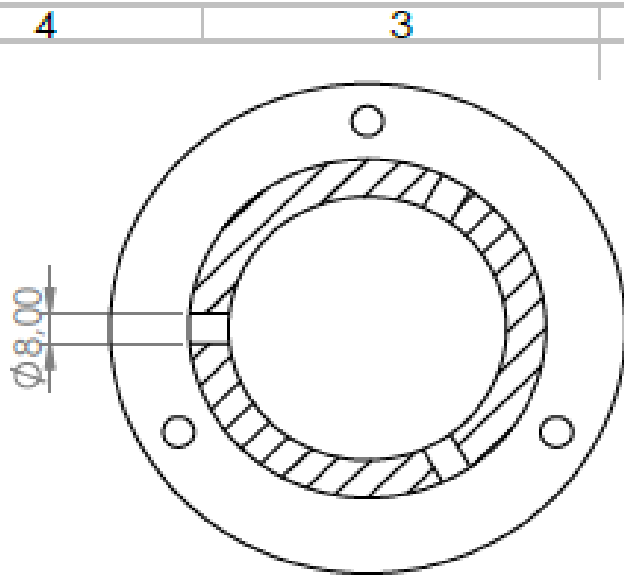
NOMBRE DIBUJ. DARWIN COELLO VERIF. APROB. ING. AYALA MANUEL IGNACIO FABR. CALID.	FECHA 25-06-2021	FIRMA	INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICANA INGENIERÍA INDUSTRIAL
MATERIAL: FUNDICIÓN GRIS		N.º DE DIBUJO Plano Ensamble de cuchilla	A4
PESO:		ESCALA: 1:3	HOJA 1 DE 1

4

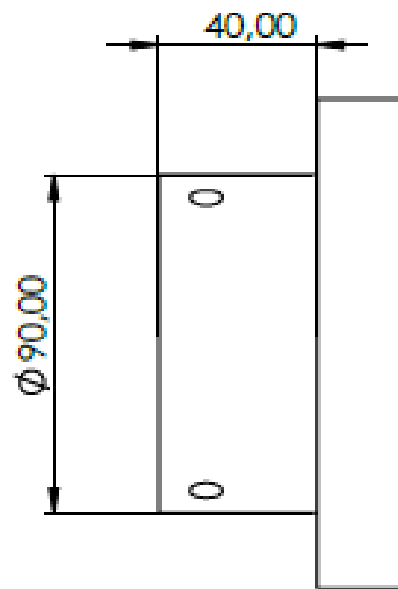
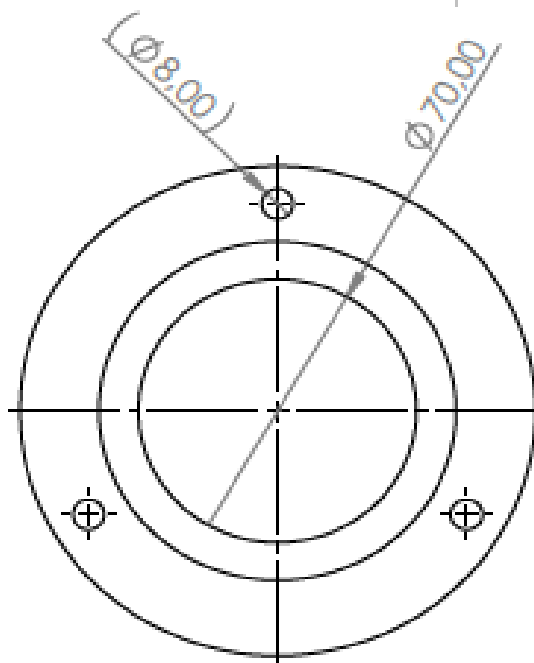
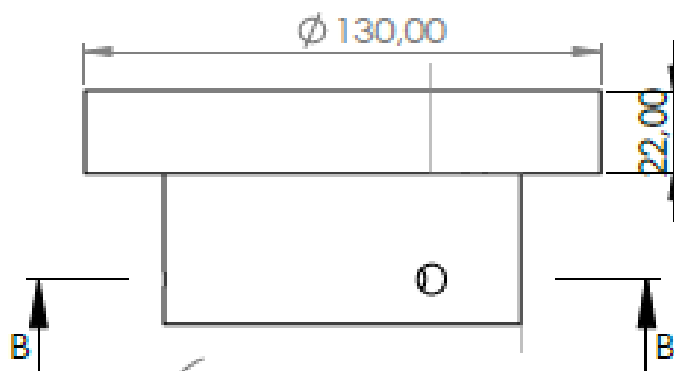
3

2

1



SECCIÓN B-B



	NOMBRE	FECHA	FRMA
DELL.	DARWIN COELLO	25-06-2021	
VERIF.			
APROB.	ING. AYALA MANUEL IGNACIO		
FABR.			
CAUD.			
			MATERIAL: FUNDICION GRIS
		PESO:	

INSTITUCIÓN:	
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA. INGENIERÍA INDUSTRIAL	
N.º DE DIBUJO	A4
Porta Cuchilla	
ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1

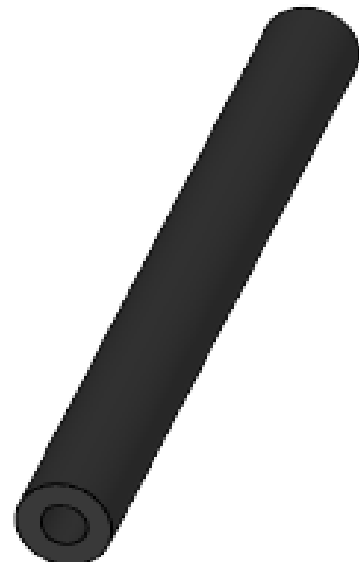
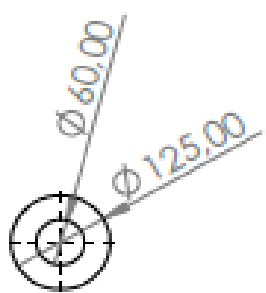
4 3 2 1

F

F

E

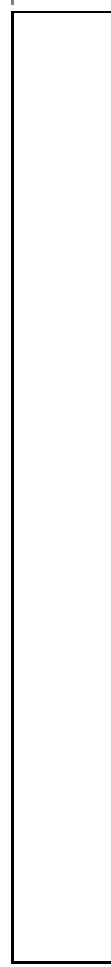
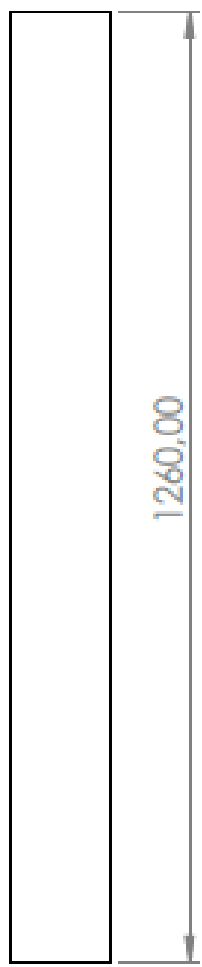
E



D

D

Ø 125,00



C

C

1260,00

B

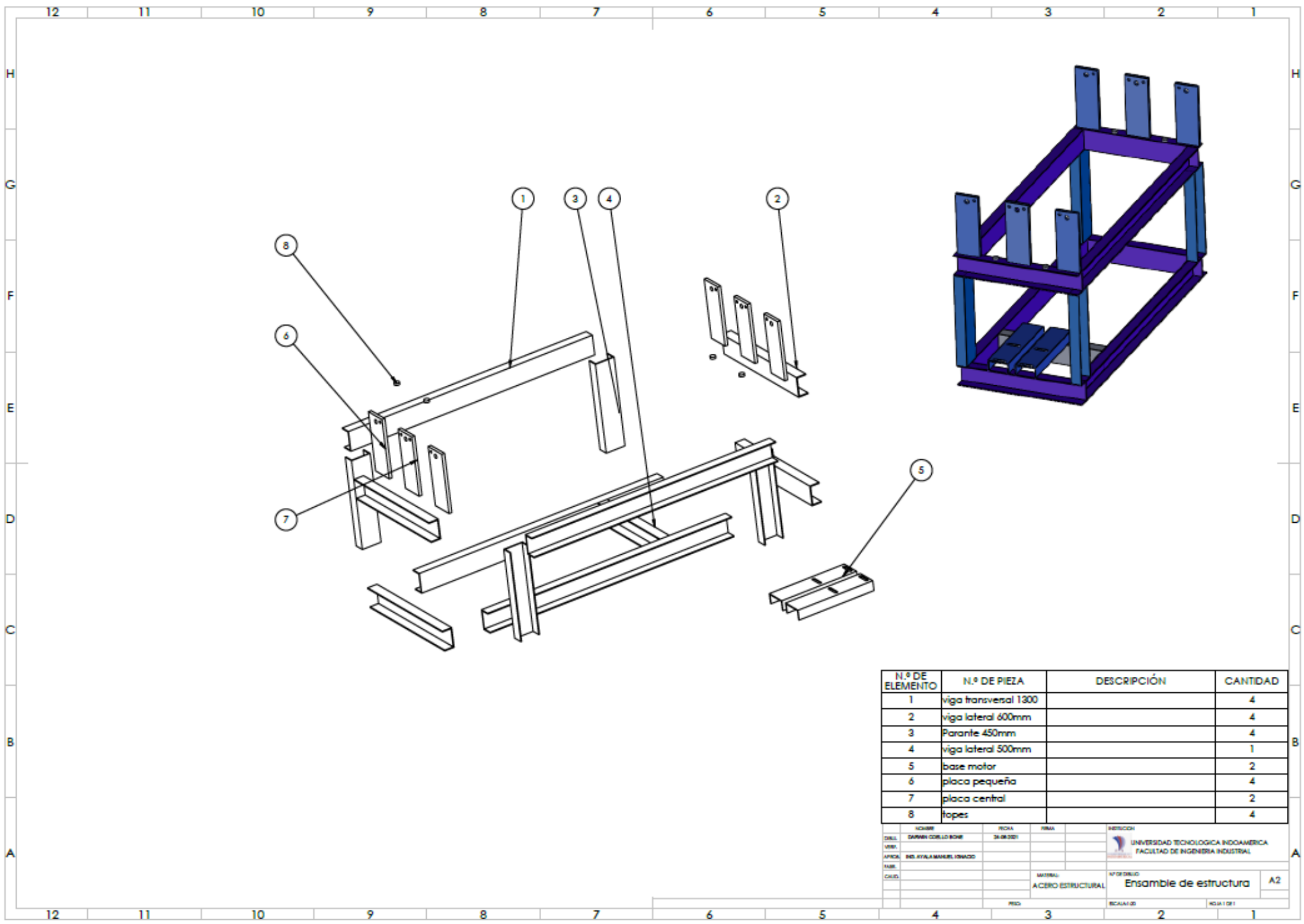
B

A

A

	NOMBRE	FECHA	FEMA	INSTITUCIÓN:	
DELL.	DARWIN COELLO	25-06-2021		 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA. INGENIERÍA INDUSTRIAL	A4
VERIF.					
APROB.	ING. AYALA MANUEL IGNACIO				
FABR.					
CAUD.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	
			BUTYL	Caucho de arrastre	
		PESO:		ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1

4 3 2 1



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	viga transversal 1300		4
2	viga lateral 600mm		4
3	Parante 450mm		4
4	viga lateral 500mm		1
5	base motor		2
6	placa pequeña		4
7	placa central		2
8	topes		4

NOMBRE		FECHA	SERIE	INSTITUCIÓN	
DISEÑ. DAVAN CORLEO BONE		24.06.2021		UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
AFILIAC. ING. KYLA MARCEL TOROZO				MATERIAL: ACERO ESTRUCTURAL	
TÍTULO				PROYECTO: Ensamble de estructura	
CATED.				ESCALA: 1:1	
				HOJA 1 DE 1	

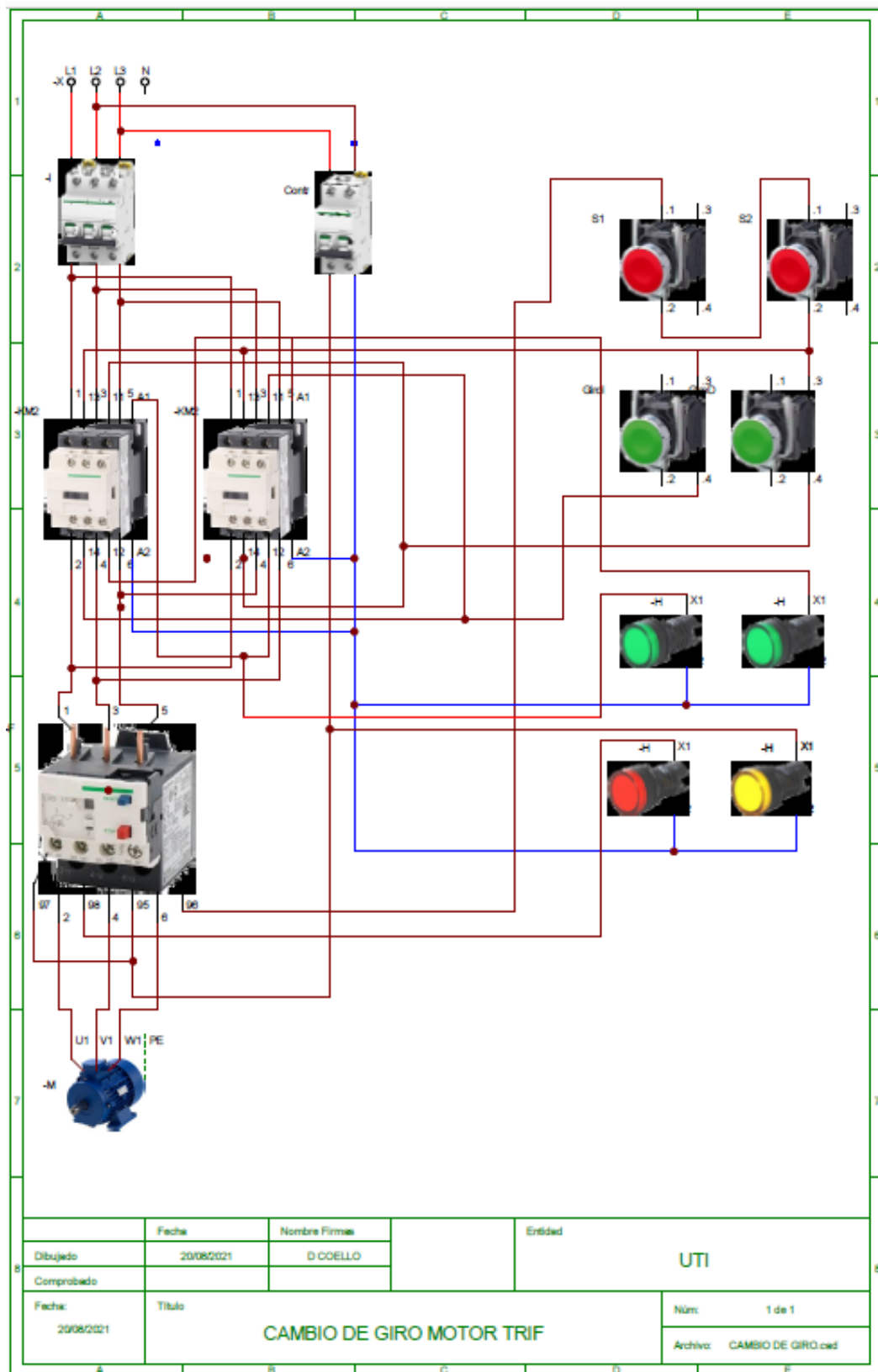
**Anexo 8: Cálculos de diseño.**

tv	0,51	tabla	
t espesor(mm)	1,7	mm	
EF:	1,4025	mm	$EF = \left(1 - \frac{\text{coef de ruptura}}{2}\right) * t$
v	16	m/min	
D	125,886579	mm	$n = \frac{v * 60}{D * \pi} [RPM]$
n (velocidad de corte)	40,45672081	RPM	
Sut(material Mpa)	436	tabla	
L	4,820589547	mm	
A	2,048750557	mm <sup>2</sup>	
Fcorte	893,255243	N	$F_{corte} = \frac{t^2 * S_{ut}}{2 * \tan(2 * \alpha)} = S_{ut} * A$
FCz	879,6846887	N	
Fcy	155,1121451	N	
numero de cuchillas	5		
Ft	4466,276215	N	
Potencia P watts	1191,006991	Watts	1,191006991 Kw
Potencia P Kw	1,596524116	hp	
Factor de servicio	1,3	tabla	
Potencia diseño Pd	2,075481351	hp	1,548309088 Kw
FUERZA engrane Wt	6,531881174	KN	$Wt = \frac{60000Hp}{\pi * d * n}$
FUERZA DE LA CAD	7105,12	N	TABLA REINOLD
Freng	2,377410321		$F_{teng} * \tan(20^\circ)$
Mt	708,1641672	N-m	$Mt = \frac{9550Kw}{n} * (N - m)$
ΣMt=0			
RB	916,490429		
ΣFy=0			
RA	13496,07147		
M	13673		
factor de seguridad n	3		
Sy	220	Mpa	220000000 Pa
T	708,1641672	N-m	
M	693,314	N-m	
D=	0,0516	m	$d = \left[\frac{32 * n}{\pi * S_y} (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}}\right]^{\frac{1}{3}}$
D=	51,63390817	mm	
Sut	400	Mpa	
A Fatiga.			
Se"	224	Mpa	$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S_e'$
Ka	0,921787138		
Kb	0,818300456		$S_e' = 0.506 * S_{ut}$
Kc	1		
Kd	1		
Ke	0,868		
Kf	1,4		
Se	205,3237637	Mpa	205323763,7
D	0,059798785		

**Descripción de la imagen:** En esta imagen se detallan los cálculos de diseño para la construcción de la máquina de corte en el Excel.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

**Anexo 9:** Esquema eléctrico cambio giro de motor.



**Descripción de la imagen:** En esta imagen se detalla el esquema eléctrico para el cambio de giro del motor de la máquina de corte.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.



**Anexo 10:** Imágenes de los procesos de producción de la empresa.



**Medición.**



**Rayado**



**Descripción de las imágenes:** En estas imágenes se observan los métodos manuales de corte antes de la implementación de la máquina de corte.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

## Corte



## Doblado



**Descripción de las imágenes:** En estas imágenes se observan los métodos manuales de corte antes de la implementación de la máquina de corte.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

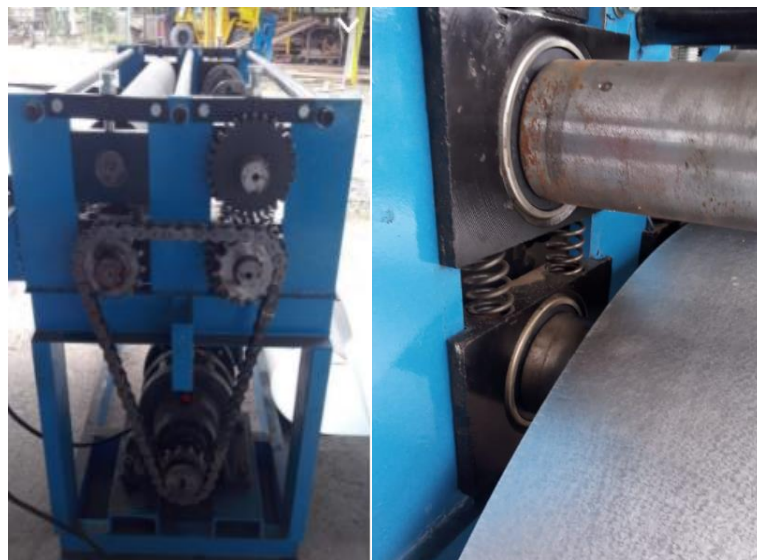
**Anexo 11:** Implementación de la máquina cortadora por rodillos.



**Descripción de las imágenes:** En estas imágenes se observa el desembarque y recepción de la máquina de corte enviada desde China para la empresa FRANJED.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

**Montaje de las cuchillas a utilizar.**



**Descripción de las imágenes:** En estas imágenes se observa el ensamblado de la máquina de corte en el área de producción de la empresa FRANJED.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.

### Pruebas de la máquina y medición del tiempo de corte.



**Descripción de las imágenes:** Una vez ensamblado la máquina de corte, en estas imágenes se puede observar las diferentes pruebas y puesta en marcha de la máquina y se ha optimizado el proceso.

**Fuente:** Darwin Coello, 2021.



---

## CERTIFICADO

Por medio de la presente, certifico que el Sr. **COELLO BONE DARWIN DARIO** con cedula de identidad Nro. 1711283430 de nacionalidad ecuatoriana. Estudiante de la carrera de Ingeniería Industria, modalidad Semipresencial de la Universidad Tecnológica Indoamérica realizó en esta empresa el proyecto de Titulación bajo la modalidad de propuesta metodológica con el tema: **“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE CANALES Y CUMBRERAS EN LA EMPRESA FRANJED EN EL CANTÓN LAGO AGRIO.**

El proyecto realizado servirá en la empresa para:

- Incrementar la capacidad de producción de la empresa.
- Disminuir tiempos de entrega del producto terminado.
- Mejorar la calidad de los productos.
- Disminuir los problemas ergonómicos del personal.

En el tiempo que la empresa tuvo el honor de recibir al Sr. COELLO BONE DARWIN DARIO, demostró tener iniciativa, dedicación y conocimientos amplios para poder desarrollar el trabajo de titulación elegido.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado dar el uso que crea necesario a este certificado.

Atentamente,



**Tlga Alexandra Coello B**  
**Presidenta**  
**FERRO-ACEROS FRANJED CIA. LTDA.**