



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE PATATAS PARA LA SEMILLERA MIRANDA DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE PELILEO.”

AUTOR:

Chicaiza Guato Sergio Alejandro

TUTOR:

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún

Latacunga – Ecuador

Marzo - 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Chicaiza Guato Sergio Alejandro declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE PATATAS PARA LA SEMILLERA MIRANDA DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE PELILEO”**, siendo el Ing. Ángel Segundo Cevallos Betún tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo es de mi exclusiva responsabilidad.



Chicaiza Guato Sergio Alejandro

CI.1805183306

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el título:

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE PATATAS PARA LA SEMILLERA MIRANDA DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE PELILEO”

de Chicaiza Guato Sergio Alejandro de la carrera de ingeniería Electromecánica considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyectos que el Concejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, 2021

Tutor de Titulación

Ing. Ángel Segundo Cevallos Betún Ms.C.

CC: 0501782437



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Chicaiza Guato Sergio Alejandro, con el título de Proyecto de titulación: " **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE PATATAS PARA LA SEMILLERA MIRANDA DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE PELILEO** ", ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo 2021.

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Mgs. Luis Navarrete
CC: 1803747284

Lector 2
Mgs. Luigi Freire
CC: 0502529589

Lector 3
Mgs. Edwin Moreano
CC:0502607500

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios y a mis padres por brindarme todo el apoyo para poder alcanzar mis metas y objetivos a mi padre Iván por brindarme el apoyo y confiar en todo momento a mi madre Marina por estar en esos momentos que más confianza necesitaba para salir de las dificultades que se me presentaron en toda mi vida universitaria a mi tutor Ing. Segundo Cevallos por su apoyo incondicional con sus experiencias y su conocimiento académico y moral

A mis docentes que fueron parte esencial en el desarrollo profesional por su aporte académico y moral a la universidad técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas para formarme y capacitarme, a mis amigos y familiares por sus consejos para culminar mis estudios superiores.

Sergio Alejandro

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por todo su apoyo sacrificio y amor en todo este tiempo por su paciencia me siento orgulloso de ser su hijo ya que me brindaron sus consejos y estuvieron pendientes de mis estudios y proceso de aprendizaje a mis hermanos por su motivación y apoyo moral a mi familia ya que fue un pilar fundamental para motivarme a culminar mi carrera universitaria

Sergio Alejandro

ÍNDICE

PORTADA	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xiv
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.2. TIPO DE ALCANCE	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:	3
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA	3
2.6.1. Situación problemática	3
2.6.2. Problema.....	4
2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA.....	4
2.8. OBJETIVO(S)	4
2.8.1. General	4
2.8.2. Específicos.....	4

2.9.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS.....	5
2.9.1.	Matriz De Operacionalización De Variables.....	6
3.	MARCO TEÓRICO	7
3.1.	Antecedentes.....	7
3.2.	Fundamentación teórica.....	8
3.2.1.	Papa	8
3.2.1.1.	La papa En Ecuador.....	9
3.2.1.2.	Clasificación de las patatas.....	9
3.2.1.3.	Clasificado manual de las papas.....	10
3.2.1.4.	Clasificación automática	11
3.2.1.5.	Requerimientos para máquinas clasificadoras de papas.....	11
3.2.1.6.	Máquinas clasificadoras de productos.....	12
3.2.1.7.	Elementos constitutivos de las máquinas clasificadoras automáticas	15
3.2.1.8.	Normativas empleadas.....	21
4.	METODOLOGÍA.....	22
4.1.	Métodos	22
4.2.	Descripción de las funciones de la máquina.....	22
4.3.	Requerimientos.....	24
4.3.1.	Parámetros funcionales.....	24
4.4.	Selección de alternativas	24
4.4.1.	Evaluación de Alternativas	26
4.4.2.	Selección de Alternativa.....	27
4.5.	Dimensionamiento de elementos.....	27
4.5.1.	Dimensionamiento de la tolva	27
4.5.2.	Dimensionamiento de los rodillos	28
4.5.3.	Potencia del motor	30
4.5.4.	Selección del conductor y protecciones para el sistema eléctrico	31

5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
5.1.	Especificaciones de la máquina.....	33
5.1.1.	Capacidad de la máquina clasificadora	33
5.1.2.	Diseño de la tolva	34
5.1.3.	Diseño de los rodillos	35
5.1.3.1.	Validación de las varillas del rodillo	38
5.1.4.	Diseño del eje motriz.....	39
5.1.4.1.	Dimensionamiento del diámetro del eje motriz.....	40
5.1.4.2.	Validación del eje motriz.....	41
5.1.5.	Validación analítica	43
5.1.6.	Potencia del motor	44
5.1.7.	Selección del conductor y protecciones para el sistema eléctrico.....	44
5.2.	Validación por el método de elementos finitos FEM.....	45
5.2.1.	Validación por el método de elemento finitos FEM del eje motriz.....	45
5.2.2.	Validación por el método de elemento finitos FEM de los rodillos.....	47
5.2.3.	Validación por el método de elementos finitos de la estructura.....	49
6.	PRESUPUESTOS Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	52
6.1.	Impactos	52
6.2.	Presupuestos	52
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
7.1.	Conclusiones.....	55
7.2.	Recomendaciones	56
8.	BIBLIOGRAFÍAS.....	57
	ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.	5
Tabla 2-2. Matriz de operacionalización de variable independiente	6
Tabla 2-3. Matriz de operacionalización de variable dependiente	6
Tabla 3-1. Clasificación de las papas según tamaño	9
Tabla 3-2. Métodos de clasificación manual de las papas.....	10
Tabla 3-3. Métodos de clasificación mecánica de las papas	11
Tabla 4-1. Matriz Morfológica	25
Tabla 4-2. Valoración Económica	26
Tabla 4-3. Valoración Técnica	27
Tabla 5-1. Tubería PVC.....	40
Tabla 6-1. Costos de los materiales de la máquina.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Papa	8
Figura 3-2. Composición química de la papa.....	8
Figura 3-3. Zaranda clasificadora.....	12
Figura 3-4. Clasificador rotativo	13
Figura 3-5. Máquina clasificadora con rodillos.....	14
Figura 3-6. Máquina clasificadora con rodillos.....	15
Figura 3-7. Partes de un motor eléctrico	16
Figura 3-8. Motor Asíncrono o de Inducción (AC).....	16
Figura 3-9. Motor Síncrono de Imanes Permanentes (AC).....	17
Figura 3-10. Motor Síncrono de Reluctancia Conmutadas o Variable (AC)	17
Figura 3-11. Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)	18
Figura 3-12. Partes de un motor eléctrico	18
Figura 3-13. Transmisión por correas - poleas.....	19
Figura 3-14. Transmisión por cadena - catalina	19
Figura 3-15. Transmisión por engranajes.....	20
Figura 3-16. Transmisión por engranaje - cremallera	20
Figura 3-17. Transmisión por tornillo de potencia y corona.....	21
Figura 4-1. Diagrama de Procesos de la Máquina Clasificadora	23
Figura 4-2. Diagrama de Apoyos fijos con carga uniforme	29
Figura 5-1: Esquema de la máquina clasificadora	33
Figura 5-2: Separación entre rodillos	36
Figura 5-3: Análisis de tensiones del eje motriz	46
Figura 5-4: Análisis de desplazamiento del eje motriz	46
Figura 5-5: Análisis de deformaciones unitarias.....	47
Figura 5-6: Análisis del factor de seguridad del eje motriz	47

Figura 5-7: Análisis de tensiones de los rodillos.....	48
Figura 5-8: Análisis de desplazamiento de los rodillos.....	48
Figura 5-9: Análisis de deformaciones unitarias del rodillo	49
Figura 5-10: Análisis del factor de seguridad del rodillo.....	49
Figura 5-11: Análisis de tensiones de la estructura.....	50
Figura 5-12: Análisis de desplazamientos de la estructura	50
Figura 5-13: Análisis del Factor de Seguridad de la estructura	51

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE PATATAS PARA LA SEMILLERA MIRANDA DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE PELILEO”

Autor:

Chicaiza Guato Sergio Alejandro

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y simular una máquina clasificadora de patatas con el tema propuesto se propuso evaluar con el software computacional y con una posibilidad de evaluar el sistema a través de método de elementos finitos (MEF) este es un tema que cobra relevancia en los últimos años a nivel de empresas, se diseñó la maquina clasificadora de rodillos paralelos, ya que ofrece múltiples beneficios la maquina se puede desmontar en módulos para poder transportarla el sistema de clasificación está diseñado con dos bandas transportadoras las mismas que llevan la configuración de rodillos, el proyecto emplea metodología cuantitativa la que considera variables y las compara esto es de vital importancia para el diseño de los rodillos se empleó criterios del libro Manufactura, Ingeniería y Tecnología de Kalpakjian S y Schmid S utilizando el software CAE se obtuvo un análisis de deformación, esfuerzos, momentos que se presentan en la estructura y componentes del sistema de clasificación adicional se realizó un estudio estático empleando el software para determinar cuál material es el apropiado tomando en cuenta el mercado ecuatoriano se tomó en cuenta dos aceros por múltiples ventajas el acero AISI 304 y el acero ASTM A36 fueron realizados el estudio estático para determinar los resultados tales como deformación, factor de seguridad y para la simulación del proceso de clasificación se empleó el software CAD /CAE en donde se representó el sistema multi-conteo, se presenta el trabajo como una solución al problema de la clasificación de los productos.

Palabras claves: máquina clasificadora, análisis estático, rodillos paralelos, elementos finitos

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE: "DESIGN AND SIMULATION OF A POTATO CLASSIFYING
MACHINE FOR THE MIRANDA SEED OF THE CITY OF SAN PEDRO
PELILEO "**

Author:

Chicaiza Guato Sergio Alejandro

ABSTRACT

The objective of this project is to design and simulate a potato sorting machine with the proposed topic, it was proposed to evaluate with computational software and with a possibility of evaluating the system through the finite element method (FEM) this is a topic that becomes relevant in recent years at the company level, the parallel roller sorting machine was designed, since it offers multiple benefits the machine can be disassembled into modules to be transported. The sorting system is designed with two conveyor belts, which have the configuration of rollers, the project uses quantitative methodology which considers variables and compares them, this is of vital importance for the design of the rollers, criteria from the Manufacturing book were used. Engineering and Technology of Kalpakjian S and Schmid S using the CAE software, an analysis of deformation, stresses, moments that occur in the structure and components of the additional classification system was obtained, a static study was carried out using the software to determine which material is the Taking into account the Ecuadorian market, two steels were taken into account for multiple advantages: AISI 304 steel and ASTM A36 steel. The static study was carried out to determine the results such as deformation, safety factor and for the simulation of the classification process. used the CAD / CAE software where the multi-counting system was represented, the work is presented as a solution to the problem of product classification.

Keywords: sorting machine, static analysis, parallel rollers, finite elements



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por el señor de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: CHICAIZA GUATO SERGIO ALEJANDRO**, cuyo título versa “**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE PATATAS PARA LA SEMILLERA MIRANDA DE LA CIUDAD DE SAN PEDRO DE PELILEO**”, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,

Msc. Vladimir Sandoval V.
Docente Centro de Idiomas
0502104219

1803027935 Firmado
digitalmente por
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
1803027935
VICTOR HUGO
ROMERO GARCIA
Fecha: 2021-03-16
09:40:26 -05'00'

1. INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por:

Chicaiza Guato Sergio Alejandro

Tema Aprobado:

“Diseño y simulación de una máquina clasificadora de patatas para la semillera Miranda de la ciudad de San Pedro de Pelileo”

Carrera:

Ingeniería en Electromecánica

Director del proyecto de titulación:

Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún MsC

Equipo de Trabajo

Tutor:

Nombres: Segundo Ángel

Apellidos: Cevallos Betún

Cedula de identidad: 0501782437

Correo electrónico: Segundo.cevallos@utc.edu.ec

Ponente:

Nombre: Chicaiza Guato Sergio Alejandro

Cédula de Ciudadanía: 1805183306

Correo electrónico: sergio.chicaiza6@utc.edu.ec

Lugar de ejecución:

Región: Sierra

Provincia: Tungurahua

Cantón: San Pedro de Pelileo

Parroquia: La Matriz

Tiempo de duración del proyecto:

4 meses

Fecha de entrega:

Febrero -2021

Línea y sublíneas de investigación a la que se asocia el proyecto:

Línea de investigación de la universidad:

Línea 4: Procesos industriales.

Línea de investigación de la carrera:

Línea 1: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

“Diseño y simulación de una máquina clasificadora de patatas en la ciudad de San Pedro de Pelileo.”

2.2. TIPO DE ALCANCE

El presente proyecto requirió el empleo de materias que se estudiaron en el transcurso de la carrera, para el diseño y análisis computarizado CAD/CAE de la máquina clasificadora de patatas para la semillera Miranda de la ciudad de San Pedro de Pelileo

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO:

Área: Ingeniería, industria y construcción (07)

Sub área: 52 ingenierías y profesiones a fines (071)

Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y termodinámica.

Sub área Específica de conocimiento: mecánica y oficio de metales (0715)

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En la presente investigación se diseñó y simuló la máquina clasificadora de papas validándose los resultados del proceso de clasificación mejorando los tiempos y disminuyendo sus costos, pudiendo construirse y realizarse con materiales que se encuentran en nuestro medio, ayudando a nivel local y sobre todo a las empresas que se dedican a este tipo de negocios, proponiéndose una metodología para trabajos posteriores el cual ayudara al sector agrícola debido a la gran importancia de esta tecnología.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

El objeto de estudio: clasificación de papas

Campo de acción: Diseño de máquinas, mecanismos, materiales, sistemas de trasmisión de potencia, análisis de elementos finitos (MEF).

2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática

De acuerdo al Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, se debe “fomentar, desarrollar, proteger el sector agrario con el fin de garantizar la alimentación de todo el país, para lo cual se debe promover capacitaciones en áreas de cosecha, comercialización y procesamiento de los productos, así mismo como la implementación de sistemas y maquinarias para el procesamiento de los productos” [1].

La ausencia de un sistema de clasificación de tubérculos que permita mejorar los tiempos de procesamiento y obtener algunos tamaños de papas de acuerdo a la necesidad, donde la zona 3 en el Ecuador es la más productiva; existiendo distintas clases para lo cual es de mucha importancia estos procesos que mejoren en gran medida la producción.

2.6.2. Problema

¿Cómo reducir el tiempo en el proceso de clasificación de papas que se reporta por el uso del método manual y de esta forma conseguir uniformidad en el tamaño de las papas para su posterior almacenamiento y venta en las empresas semilleras del cantón San Pedro de Pelileo?

2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

Al simular la máquina clasificadora de papas se validarán los resultados de los tiempos del proceso de clasificación, además de tomar en cuenta el diseño conceptual y el diseño ingenieril.

2.8. OBJETIVO(S)

2.8.1. General

Diseñar una máquina clasificadora de papas para reducir los tiempos de selección y mejorar la calidad del producto en la Ciudad De San Pedro de Pelileo

2.8.2. Específicos

- Recopilar información acerca del funcionamiento de los diferentes componentes que comprenden la máquina clasificadora.
- Diseñar la máquina clasificadora de papas mediante la utilización del software para obtener parámetro mecánico sobre la estructura y sus componentes.
- Verificar los resultados de diseño y comportamiento de los componentes y sobre la estructura.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2-1. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.

Objetivos	Tareas
<ul style="list-style-type: none"> • Recopilar información acerca del funcionamiento de los componentes y las características constructivas de la máquina clasificadora de papas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer cómo funcionan los componentes que intervienen en el sistema. • Identificar las características técnicas de cada componente • Analizar que componentes son los adecuados para el correcto funcionamiento de la máquina. • Evaluar cuál es el tamaño de las patatas que se utilizará para la clasificación en la máquina. • Conocer cuál es el tiempo empleado para la selección de papas.
<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar la maquina clasificadora de papas mediante la utilización del software para obtener parámetro mecánico sobre la estructura y sus componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el funcionamiento sistema de bandas o engranes. • Diseñar el sistema conformado principalmente por el motor, variador de velocidad, bandas, engranes. • Diseñar el sistema de clasificación con software CAD • Dimensionar los tipos de materiales que se van a usar. • Diseñar la maquina clasificadora de papas mediante el software CAD
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar los resultados de diseño y comportamiento de los componentes y sobre la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el comportamiento de esfuerzos y momentos que realiza los componentes y la estructura de la máquina. • Analizar el funcionamiento del proceso de selección de las papas al momento de terminar la operación. • Analizar los resultados del software CAE

2.9.1. Matriz De Operacionalización De Variables

Se realiza una comparación de causas y efectos para establecer las necesidades básicas para el diseño de la maquina

Variable independiente

La distancia entre los rodillos de la maquina clasificadora de patatas

Tabla 2-2. Matriz de operacionalización de variable independiente

Variable	Definición	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
La distancia entre los rodillos de la maquina clasificadora de patatas.	Son los elementos o componentes encargados de clasificar las patatas.	Rodillos	Distancia entre los rodillos	Distancia	Medición	Calibrador pie de rey

Variable dependiente

La eficiencia productiva de la maquina clasificadora de patatas

Tabla 2-3. Matriz de operacionalización de variable dependiente

Variable	Definición	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
La eficiencia productiva de la maquina clasificadora de patatas.	Es la capacidad de producción que tiene la maquina clasificadora de patatas.	Capacidad de clasificado	Producción	Kg/h	Medición	Cronometro o Balanza

3. MARCO TEÓRICO

En el presente proyecto muestra, la información más importante para el estudio del tema, dando a resaltar los antecedentes de investigación, cual es el método adecuado para el procedimiento que se debe llevar en cada subproceso para la clasificación de los tubérculos, el tiempo que se debe emplear, así como los diferentes elementos existentes para realizar el diseño de la máquina clasificadora de papas.

El objetivo es proporcionar información concisa, clara y que sirva de guía para una futura investigación sobre el tema, proporcionando herramientas, y principios de funcionamiento, en los cuales se pueda guiar, para una mejora del tema.

3.1. Antecedentes

La selección y clasificación involucra selección de tubérculos sanos, descartando aquellos que presenten magulladuras, deformaciones, daños mecánicos y pudriciones. Para la clasificación de tubérculos se toma en cuenta las exigencias de los mercados, distribuidoras, bodegas [2].

El tubérculo sale de la cosecha húmedo y cubierto de tierra. La presencia de humedad y organismos patógenos en la tierra puede dirigirse a perjudicar la piel de los tubérculos y por lo tanto la calidad del producto. Para evitar daños se recomienda orear la papa con el objeto de disminuir su humedad superficial, facilitar el secado y eliminar la tierra que lleva adherida. Además, se puede dar un mayor valor agregado al producto al momento de la venta en el mercado con el lavado de los tubérculos. Se complementa embalando el producto limpio en envases igualmente limpios [2].

Se estima que el volumen de producción al nivel nacional es 475.000 tm, de lo cual 11% es destinado a procesamiento. De este volumen, la industria y los restaurantes y afines del país respectivamente procesan la mitad [3].

La industria exige papa con distintas características. Existen parámetros y procedimientos estrictos para la calificación de productos procesados de alta calidad. Las características de mayor importancia son: Tamaño, forma y uniformidad del tubérculo: Estas características dependen de la condición genética de la variedad, de la densidad de la población de plantas y de las prácticas culturales de manejo. Generalmente, la industria busca papas relativamente grandes y uniformes [4].

El tubérculo-semilla destinado para el almacenamiento debe estar completamente maduro, sano y entero, los tubérculos enfermos, partidos o atacados por insectos presentan mayores riesgos de deterioro [2].

3.2. Fundamentación teórica

3.2.1. Papa

La papa es un cultivo milenario que presenta un rol fundamental en la cadena alimenticia global, por su alto valor nutritivo, adaptabilidad a diversos climas y sistemas de cultivo, es uno de los diez alimentos de mayor producción en los países en desarrollo, siendo un alimento más nutritivo en menos tiempo, con menos tierra y en climas más difíciles que cualquier otro cultivo importante [5].



Figura 3-1. Papa
Fuente: [6]

Donde la composición química es:

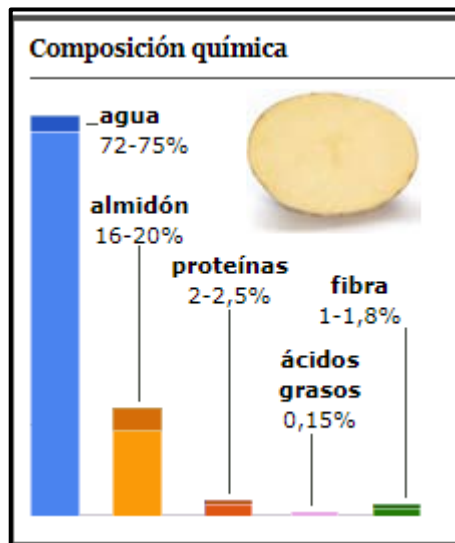


Figura 3-2. Composición química de la papa
Fuente: [6]

La clasificación de patatas requiere:

- Las exigencias de los mercados locales, provinciales y nacionales.
- Su peso y tamaño.

3.2.1.1. La papa En Ecuador

La producción de papa es total del 0,4 % del territorio de uso agropecuario, correspondiente al 56.000 ha², el 84,4 % se encuentra en manos de pequeños productores con extensión de tierra de entre 1 a 5 ha, el 8,3 % en productores que poseen de 5 a 10 ha, el 6,2 % en productores que poseen de 10 a 50 ha, y tan solo el 1,1 % del total de hectáreas de cultivo están en manos de productores grandes con extensiones de más de 50 ha [7].

3.2.1.2. Clasificación de las patatas

La clasificación de las papas por su tamaño es.

Tabla 3-1: Clasificación de las papas según tamaño

Tipo o Categoría	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Peso
Grado N° 1 ó Primera	65 - 79	91 – 100	81 – 100 gr
Grado N° 2 ó Segunda	45 – 64	71 – 90	61 – 80 gr
Grado N° 3 ó Tercera	30 – 44	51 – 70	41 – 60 gr
Grado N° 4 ó Cuarta	10 - 29	31 - 50	21 – 40 gr

Fuente: [8]

El clasificado de las papas es un parámetro que se debe tomar en cuenta para que las mismas puedan ser almacenadas para su posterior comercialización, la cual debe separarse en base a su tamaño, forma o uniformidad. [9]

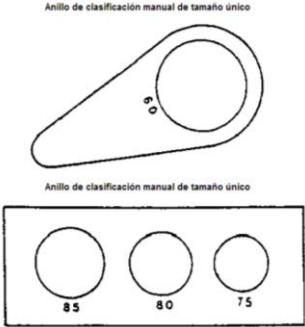
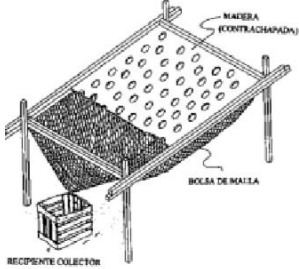
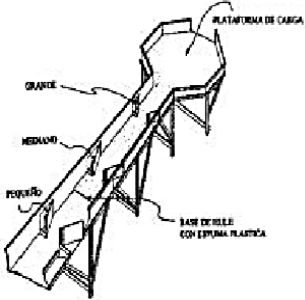
El clasificado se lo realiza de dos maneras:

- Clasificado manual
- Clasificado automático

3.2.1.3. Clasificado manual de las papas

Es el clasificado que se da de forma manual de las patatas, donde los principales métodos de clasificación son:

Tabla 3-2: Métodos de clasificación manual de las papas

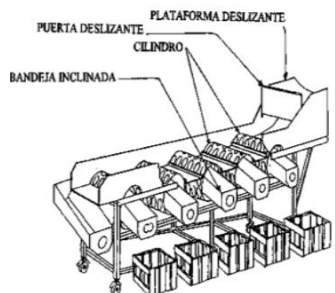

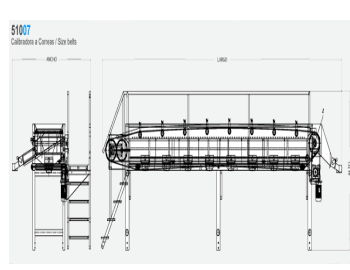
Método	Funcionamiento	Principio	Figura
<p>Clasificación por anillos</p>	<p>Es el método donde se hace que el tubérculo ruede hacia adelante y caiga por gravedad através de los anillos</p>	<p>Tamaño y forma</p>	 <p>Anillo de clasificación manual de tamaño único</p> <p>Anillo de clasificación manual de tamaño único</p> <p>85 80 75</p>
<p>Mesa clasificadora</p>	<p>Este método emplean 3 o mas mesas escalonadas, perforadas a diferentes tamaño de las papas, por lo que el producto cae através de las perforaciones y divide al producto según su tamaño.</p>	<p>Tamaño y forma</p>	 <p>MADERA (KONTRACHAPADZ)</p> <p>BOLSA DE MALLA</p> <p>RECIPIENTE COLECTOR</p>
<p>Clasificadora de conducto inclinado</p>	<p>Se trata de un conducto de tipo inclinado rectangular de madera acolchado, que hace rodar las patatas hacia abajo en la que hay una serie de constricciones.</p>	<p>Tamaño y forma</p>	 <p>PLATAFORMA DE CARGA</p> <p>GRANDE</p> <p>MEDIANO</p> <p>PEQUEÑO</p> <p>BASE DE MALLA CON ESPUMA PLÁSTICA</p>

Fuente: [10]

3.2.1.4. Clasificación automática

Se realiza por medio del empleo de máquinas de producción en serie, que reduce el tiempo de clasificación o división según la forma más aconsejable.

Tabla 3-3: Métodos de clasificación mecánica de las papas

Método	Funcionamiento	Principio	Figura
Clasificación por cilindros rotatorios	Se trata de cilindros rotatorios perforados, que permiten que el producto caiga a través de dichos agujeros; este tipo de máquina esta compuesta de cinco cilindro perforados, los cuales rotan cuanto se ponen en marcha	Por tamaño	
Clasificadora por rodillos	En este tipo de máquina, los productos se trasportan de una a otra sección con ejes en angulo, con el diámetro requerido	Por tamaño	
Clasificadora por correas divergentes	Esta basado en un numero de correas que se mueven a la misma velocidad La distancia interna entre las mismas aumenta a medida que es transportado a lo largo de la maquina	Por tamaño	

Fuente: [10]

3.2.1.5. Requerimientos para máquinas clasificadoras de papas

Los requerimientos y parámetros de una máquina clasificadora de papas son:

- Dimensiones de la patata
- Tipos de papas a clasificar
- Capacidad de clasificado
- La velocidad de trabajo
- El tamaño de la máquina que deberá ser ergonómica
- Debe ser una máquina sencilla de operar
- La durabilidad de la máquina
- Seguridad de la máquina
- Fácil montaje y desmontaje
- Elementos y componentes fácil de conseguir a nivel local y nacional
- Piezas sencillas de recambio

3.2.1.6. Máquinas clasificadoras de productos

Existen distintos tipos de máquinas clasificadoras de este tubérculo (patata) que se pueden utilizar para seleccionar ya sea por tamaño, color, forma, peso; etc.

Los cuales los más utilizados de manera relevantes:

- Zarandas clasificadoras



Figura 3-3. Zaranda clasificadora

Fuente: [11]

Las zarandas son una especie de rejillas que se ubican a la salida del tubérculo se emplean para retirar o separar los productos según la geometría se puede emplear dependiendo su labor normalmente las zarandas tiene pocos requerimientos para el proceso del producto [11].

Las zarandas pueden ser; planas o cilíndricas, las planas normalmente se utilizan para pequeñas producciones y las zarandas cilíndricas para producciones mayores. Con la sola zaranda plana se logra retirar aproximadamente el 43%, por lo que se mejora la calidad de presentación del tubérculo [12].

La ventajas y desventajas del empleo de zarandas clasificadoras son:

“Ventajas:

- Capacidad de clasificar grandes cantidades cuando sea cilíndrica
- Costo relativamente económico

Desventajas:

- Maltrato en la clasificación del producto
- Posibles fallas en el proceso de clasificación
- Limitación de tamaño de clasificación
- El operario no puede seleccionar manualmente el producto si la máquina está en funcionamiento” [11].

b) Clasificadoras rotativas HCR

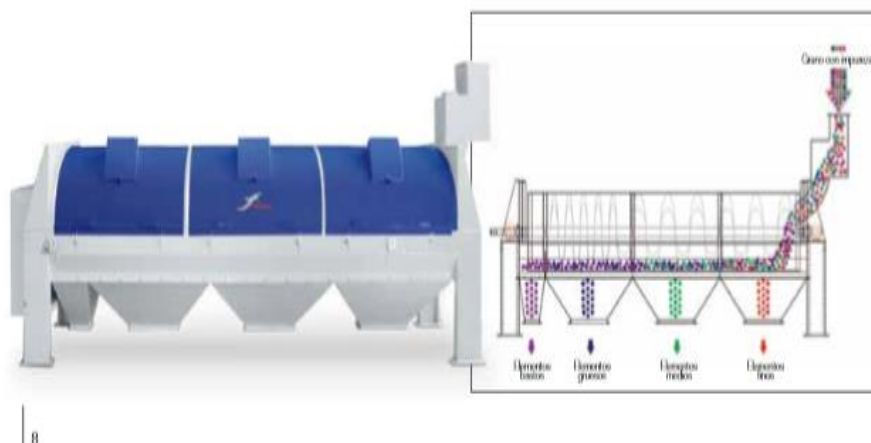


Figura 3-4. Clasificador rotativo

Fuente: [13]

La Línea HCR tiene su mayor aplicación en el sector agrícola, ya que es una línea más simple y económica, permitiendo mayor versatilidad en diferentes aplicaciones. Posee un eje longitudinal a lo largo del tambor de cribado, y una espira interna que permite el avance del flujo del tubérculo hasta el extremo, por donde se descargan los cuerpos mayores a las perforaciones de la malla de cribado instalada [13].

La ventajas y desventajas del empleo de clasificadoras rotativas son:

“Ventajas:

- Puede clasificar diferentes tamaños del producto
- No necesita personal capacitado

Desventajas

- Alta complejidad en la fabricación
- Difícil limpieza y mantenimiento
- Maltrato al producto debido a que emplea una malla
- Alto costo de fabricación” [13].

c) Clasificadora de rodillos

Es una máquina esta constituida de banda formada por rodillos, los cuales se dan en una determinada trayectoria, separando los elementos giratorios por el tamaño del producto a separar.



Figura 3-5. Máquina clasificadora con rodillos

Fuente: [14]

Las ventajas y desventajas de clasificadoras de rodillos son:

“Ventajas:

- Puede clasificar diferentes tamaños del producto
- Capacidad de clasificar grandes cantidades sin restricciones
- Poco maltrato al producto
- Puede ser operado por cualquiera persona
- Fácil mantenimiento

Desventajas:

- Alto costo de fabricación
- Poca aceptación por parte del mercado” [14]

3.2.1.7. Elementos constitutivos de las máquinas clasificadoras automáticas

a) Motor eléctrico

Son motores más empleados en la industria, ya que estos equipos se alimentan con los sistemas de distribución de energías normales; siendo los de corriente alterna los más utilizados para la mayor parte de las aplicaciones, lográndose un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos [15].



Figura 3-6. Máquina clasificadora con rodillos

Fuente: [15]

Las partes de un motor eléctrico son:

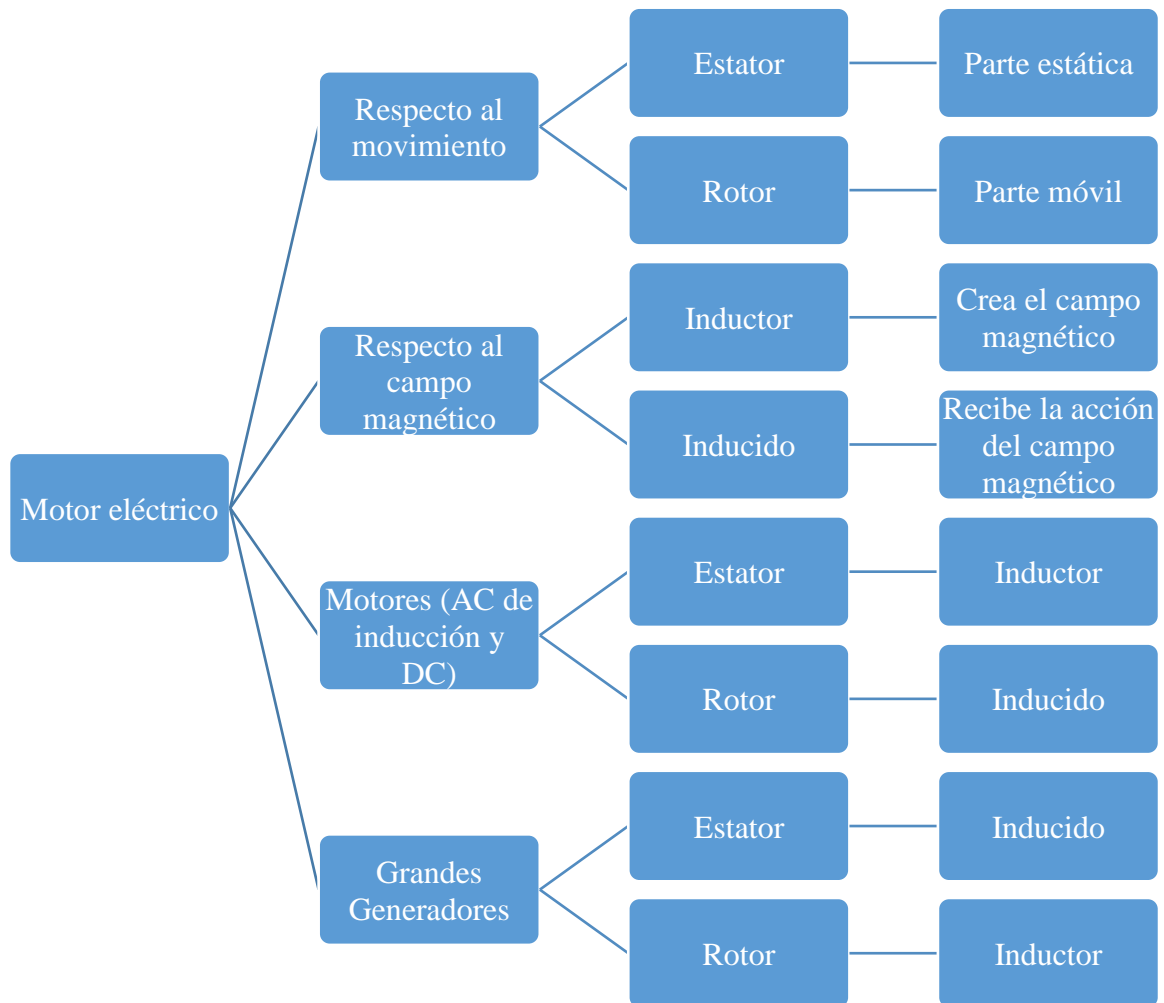


Figura 3-7. Partes de un motor eléctrico
Fuente: [16]

Los tipos de motores eléctricos son:

- Motor Asíncrono o de Inducción (AC), son mecanismos con una característica principal, donde el giro del rotor no va a la misma velocidad que el campo magnético que produce el estator [17].

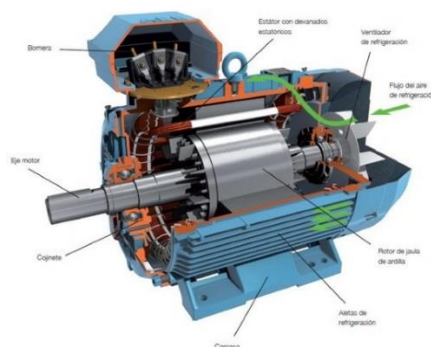


Figura 3-8. Motor Asíncrono o de Inducción (AC)

Fuente: [17]

- Motor Síncrono de Imanes Permanentes (AC), son mecanismos que tienen un alto rendimiento, los cuales controlan la velocidad fácilmente, donde su peso y tamaño es mínimo, donde la velocidad del rotor, es constante, si corresponde con la del campo magnético producido por el estator; de igual manera pueden ser de flujo radial o flujo axial, dependiendo de la posición del campo magnético de inducción [17].

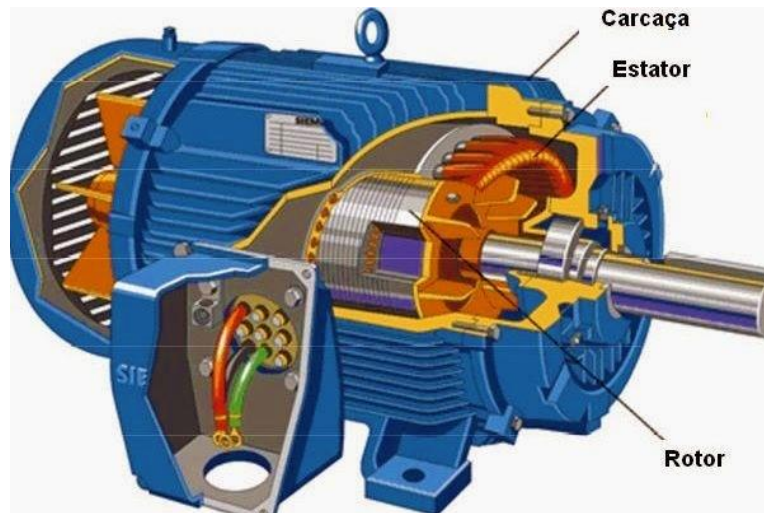


Figura 3-9. Motor Síncrono de Imanes Permanentes (AC)

Fuente: [17]

- Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable (AC), son motores robustos, con poca potencia, sin escobillas ni imanes permanentes; donde la corriente se conmuta a través de las bobinas creando un campo magnético giratorio [17].

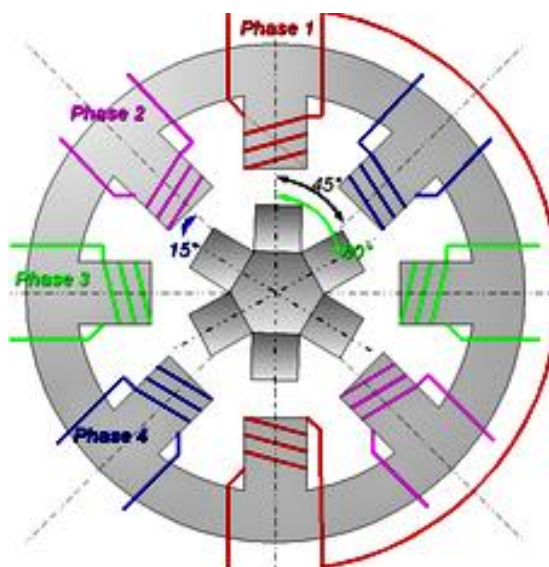


Figura 3-10. Motor Síncrono de Reluctancia Conmutadas o Variable (AC)

Fuente: [17]

- Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC), son mecanismos que funcionan a través de imanes permanentes localizados en el rotor y que se alimentan secuencialmente de cada fase del estator [17].

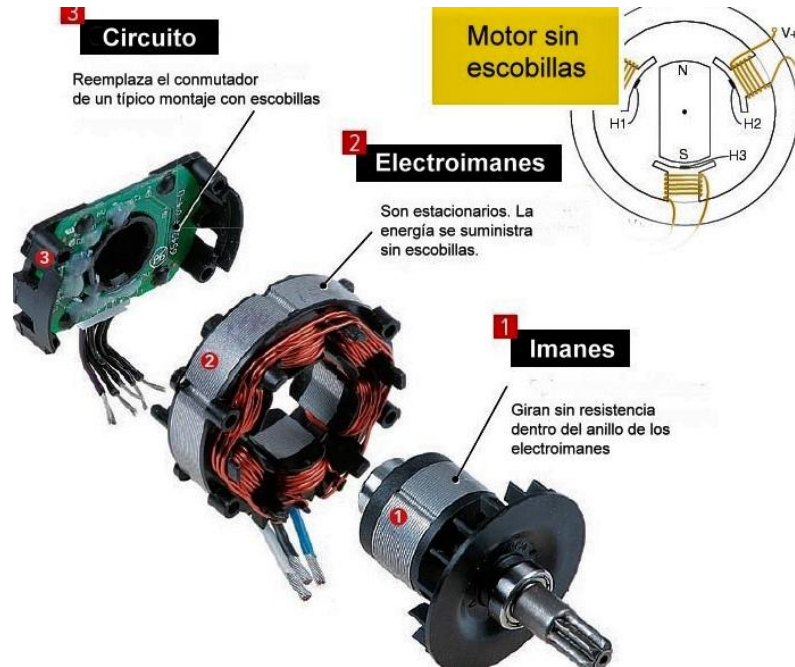


Figura 3-11. Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)

Fuente: [17]

Por lo que en resumen los motores eléctricos se clasifican en:

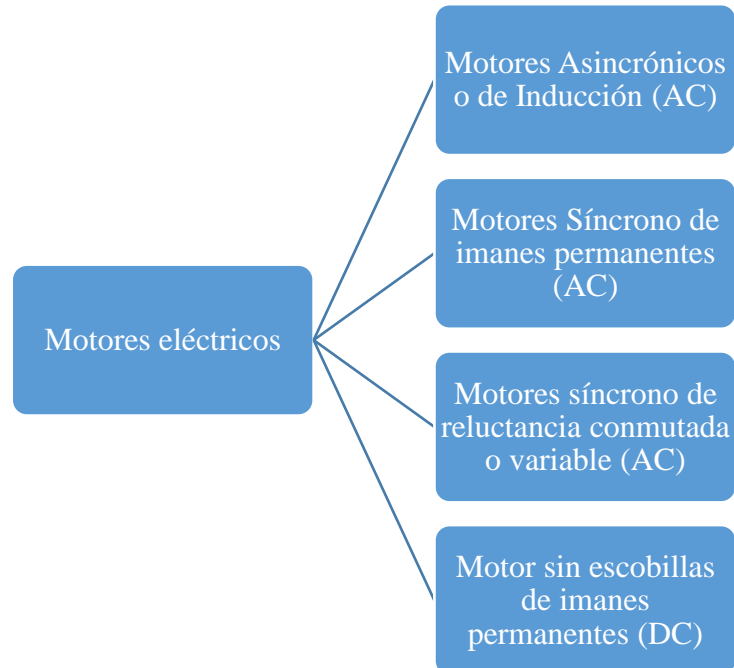


Figura 3-12. Partes de un motor eléctrico

Fuente: [16]

Las principales características de los motores C.A. a tener en cuenta son:

- Potencia: Es la rapidez con la que se realiza un trabajo.
- En física la Potencia = Trabajo/tiempo, la unidad del Sistema Internacional para la potencia es el joule por segundo, y se denomina watt (W).

b) Sistema de transmisión

Son componentes empleados para transmitir energía mecánica desde la máquina o elemento motor a los órganos de trabajo de una máquina.

Los tipos de sistemas de transmisión son:

1. Transmisión por correas – poleas

Son sistemas constituido de poleas con correa situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto del rozamiento de una correa con ambas poleas, las cuales suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes [18].

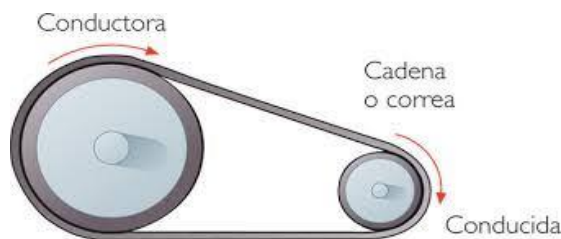


Figura 3-13. Transmisión por correas - poleas

Fuente: [18]

2. Transmisión por cadena – catalina

Son sistemas compuestos por cadena empleados para transmitir movimiento entre dos ejes paralelos a cierta distancia con la finalidad de transmitir movimiento entre los ejes, sirviendo como sistemas de elevación o como sistemas transportadores [18].



Figura 3-14. Transmisión por cadena - catalina

Fuente: [18]

3. Transmisión por engranajes

Son equipos que se constituyen por ruedas dentadas, en uno de los mecanismos más empleados y eficientes para transmitir movimiento entre dos ejes de una máquina de un componente a otro. [18].



Figura 3-15. Transmisión por engranajes

Fuente: [18]

4. Transmisión por engranaje – cremallera

Es un mecanismo compuesto por un piñón o rueda dentada de dientes rectos, que engrana con una barra dentada denominada cremallera de forma que, cuando el piñón gira, la barra dentada se desplaza longitudinalmente [18].



Figura 3-16. Transmisión por engranaje - cremallera

Fuente: [18]

5. Transmisión de tornillo de potencia y corona

Son mecanismos compuestos por un tornillo de potencia con corona, los cuales son empleados para transmitir grandes esfuerzos y enormes reducciones de velocidad entre ejes cruzados, normalmente a 90°, poco ruidosos no reversible, arrastrando la corona [18].



Figura 3-17. Transmisión por tornillo de potencia y corona

Fuente: [18]

3.2.1.8. Normativas empleadas

Para que la maquina cumpla con toda la especificación que dictan las normas nacionales e internacionales se revisaran además del apartado de manipulación de alimentos.

Norma CEP-INEN 01:1987

Norma ecuatoriana que enfoca su uso a la manipulación de alimentos con prácticas generales de higiene, incluso el cultivo y recolección, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte, distribución y venta de alimentos para el consumo humano para garantizar un producto sano y saludable, donde especifica que la naturaleza del alimento, podrán necesitar especificaciones microbiológicas, químicas o físicas, debiendo incluir los métodos apropiados para una metodología analítica y límites para la aceptación [19].

UNE-EN 1672-2:2006 +A1:2009

Maquinaria para procesado de alimentos conceptos básicos. Parte 2: requisitos de higiene

ISO 14159:2002 (E)

Seguridad de las máquinas. Requisitos de higiene para el diseño de las máquinas

4. METODOLOGÍA

La metodología aplicada tiene un enfoque de tipo cuanti – cualitativo, que permite manejar variables discretas, donde se emplean cifras dimensionales; en un paradigma científico que estudia además de las cantidades las cualidades del producto, en base a una realidad directa, la cual analizan las realidades y características diferentes.

4.1. Métodos

Con la investigación realizada previamente para el desarrollo de este proyecto se necesitó emplear el método de investigación científico y de análisis, el cual es útil para el diseño de la máquina clasificadora de patatas, los cuales permitieron realizar el diseño y la simulación de la máquina, permitiendo seleccionar los elementos adecuados; en tanto con la ayuda de una modalidad de investigación bibliográfica-documental con una documentación recolectada preexistente especificaciones técnicas, donde se permite comparar los resultados con otros sistemas y así poder dimensionar los distintos elementos que conforman la máquina y los elementos constitutivos.

- Técnicas

La técnica que se utilizó es la observación científica, con la se puede obtener información de la distancia y espesor para su posterior análisis, y aplicación en el dimensionamiento y selección de la potencia del motor para el sistema de clasificación.

- Instrumentos

Se utilizará instrumentos técnicos de medición como son: calibrador pie de rey, flexómetro, cronometro, multímetro, para recolectar datos de las partes más importantes de la máquina.

4.2. Descripción de las funciones de la máquina

- Diagrama de procesos de la máquina

A continuación, se muestran todos los procesos que debe realizar la máquina clasificadora, los cuales son:

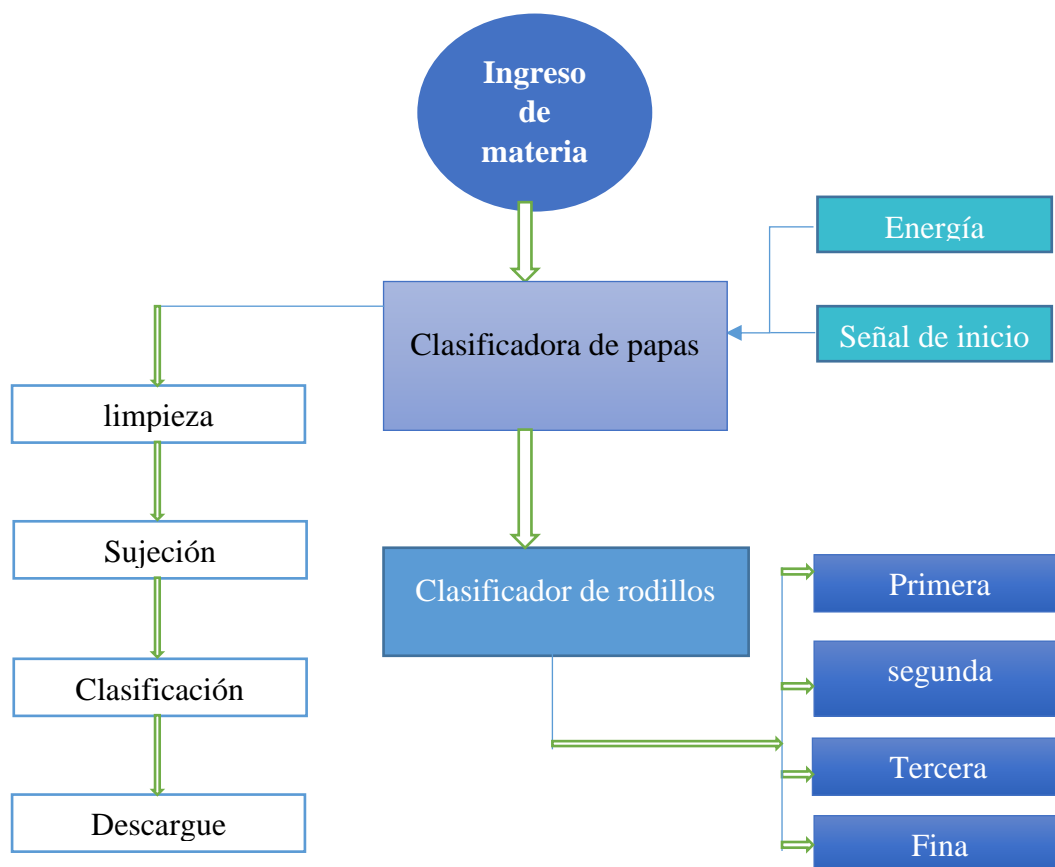


Figura 4-1. Diagrama de Procesos de la Máquina Clasificadora
Elaborado por: Chicaiza (2021)

Los procesos de la máquina clasificadora son:

- **Alimentación**

Cumple con la función de contener la materia prima provenientes directamente de la cosecha para posteriormente canalizarlo al proceso del clasificado.

- **Limpieza**

Se deberá trasladar la materia prima hacia la zona de clasificación módulo 1 por medio de una cinta transportadora de alimentación para que la papa tenga un contacto adecuado con las mallas de configuración (romboide) en esta sección se elimina residuos o tierra.

- **Sujeción**

La máquina debe tener un mecanismo para el transporte y sujeción de una parte de la papa para darle estabilidad y evitar la manipulación directa del operador con la materia prima.

- **Clasificación**

Es la parte más importante donde se realiza la selección de la papa por medio de rodillos paralelos ubicados con una distancia acorde a los requerimientos para evitar daños al producto.

- **Descargador**

Cada módulo tiene una rampa en la cual el producto saldrá con el tamaño adecuado de acuerdo a la selección de la materia prima.

- **Accionamiento**

El accionamiento será por energía eléctrica que será transmitida al motor para luego convertirla en energía mecánica.

4.3. Requerimientos

- Clasificación en tamaños de 4 tipos de patatas
- Producción mínima diaria de 25 quintales de papas
- Tamaño ergonómico
- Longitud = 250 cm
- Ancho = 75 cm

4.3.1. Parámetros funcionales

- La máquina debe ser en lo posible de uso sencillo útil para realizar trabajos repetitivos.
- La durabilidad, seguridad y funcionamiento dependerán del uso que le den a la máquina por la manipulación del operario.
- La máquina debe ser de fácil montaje y desmontaje para que el operador pueda dar mantenimiento de ser necesario.

4.4. Selección de alternativas

La selección de las alternativas se da mediante el empleo de Matriz Morfológica, la cual se basa en el diseño, características propias, entre otras.

Alternativa I: Zarandas clasificadoras

Son una especie de rejillas que se ubican a la salida del tubérculo para separar los productos según la geometría dependiendo su labor normalmente definida.

Alternativa II: Clasificadora rotativa




Son maquinas diseñadas para separar productos por tamaño, empleadas de acero inoxidable AISI 304 y acero al carbono en la estructura de soporte; el cual posee un eje longitudinal a lo largo del tambor de cribado, y una espira interna que permite el avance del flujo del tubérculo

hasta el extremo, por donde se descargan los cuerpos mayores a las perforaciones de la malla de cribado instalada.

Alternativa III. Clasificadora de rodillos

Es una máquina constituida por una banda formada por rodillos, los cuales giran en una determinada trayectoria, separando los elementos giratorios por el tamaño del producto a separar.

Tabla 4-1. Matriz Morfológica

Alternativas	Sistemas constitutivos de un mecanismo clasificador	
	Sistema de clasificación	Material
Alternativa I	Zaranda clasificadora 	AISI 304 ASTM A36 AISI 4340
Alternativa II	Clasificador rotativo 	AISI 304 ASTM A36
Alternativa III	Máquina clasificadora con rodillos 	PVC ASTM A36

Elaborado por: Chicaiza (2021)

4.4.1. Evaluación de Alternativas

Las alternativas tendrán una evaluación técnica y una económica, dando los siguientes valores:

- 1: regular
- 2: bueno
- 3: muy bueno
- 4: fácil adquisición.

A esta evaluación se implantará un factor de importancia dado en los siguientes parámetros que son:

- 1: Importante
- 2: Muy Importante
- 3: Imprescindible.

Por lo que la valoración económica es:

Tabla 4-2. Valoración Económica

Puntos de Evaluación	Factor de Importancia (Fi)	Puntaje (P)			
		Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III	Puntaje Ideal
Costos de Materiales	3	2	3	4	4
Costo de Fabricación	3	2	3	4	4
Costos de Reparación y Mantenimiento	2	4	3	3	4
Costos de Operación	1	3	3	3	4
Total = $\sum (F_i \times P)$		23	27	33	36
Coficiente Económico $C = (P \text{ Total} / P \text{ Ideal}) \times 100$		63.89 %	75.00 %	91.67 %	100%

Elaborado por: Chicaiza (2021)

En tanto que la valoración técnica es:

Tabla 4-3. Valoración Técnica

Puntos de Evaluación	Factor de Importancia (Fi)	Puntaje (P)			Puntaje Ideal
		Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III	
Rendimiento	3	2	4	4	4
Facilidad de Construcción	3	3	3	4	4
Facilidad de operación	2	3	3	3	4
Durabilidad de Componentes	3	3	3	3	4
Mantenimiento y Reparación	2	3	2	3	4
Fácil Limpieza	1	3	3	3	4
Total = $\sum (F_i \times P)$		39	43	48	56
Coefficiente Económico $C = (P \text{ Total} / P \text{ Ideal}) \times 100$		69.64 %	76.79 %	85.71 %	100 %

Elaborado por: Chicaiza (2021)

4.4.2. Selección de Alternativa

Se analizó las tres alternativas expuestas lo cual da como resultado, que la alternativa III de una evaluación económica del 91.67 %, y en la evaluación técnica la alternativa III es la mejor opción con el 85.71 %, quedando esta alternativa como la mejor puntuada por lo que se procedería al diseño de la clasificadora en rodillos.

4.5. Dimensionamiento de elementos

El dimensionamiento de los elementos se procede de la siguiente manera:

4.5.1. Dimensionamiento de la tolva

El dimensionamiento se inicia definiendo el número de patatas en la capacidad de producción detallada por ciclo.

$$N = \frac{C}{M} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde:

- C = Capacidad definida por ciclo
- M = Masa promedio
- N = Número de papas

A continuación, se procede a dimensionar la tolva, con la siguiente ecuación:

$$V = l * a * h \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Donde:

- l = Largo requerido
- a = Ancho requerido
- h = Altura determinada

4.5.2. Dimensionamiento de los rodillos

El dimensionamiento de los rodillos se inicia definiendo:

- La carga a ubicarse sobre el rodillo

$$n = \frac{\text{Vol}_{tolva}}{\text{Vol}_{papa}} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

Donde:

- N = Número de papas
- Vol_{tolva} = Volumen de la Tolva
- Vol_{papa} = Volumen de la papa

Por lo que la carga total uniforme a aplicar sobre el rodillo es.

$$W = \frac{m \times g}{L} \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Donde:

- W = Carga uniforme (N/m)
- m = Masa por cada tomate (kg)
- g = Gravedad = 9.81 m/s²
- L = longitud del rodillo (m)

El siguiente paso es delimitar el diámetro de la varilla de la siguiente manera:

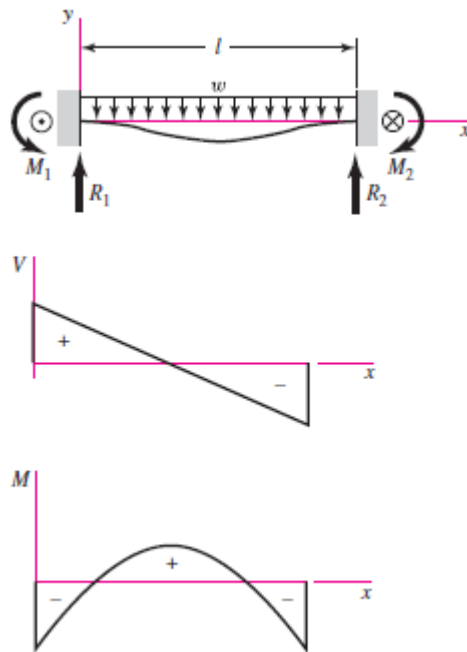


Figura 4-2. Diagrama de Apoyos fijos con carga uniforme

Fuente: [20]

El dimensionamiento de la varilla se da inicialmente con la delimitación del Momento máximo, el cual emplea la siguiente ecuación:

$$M_{\max} = \frac{wl^2}{12} \quad \text{Ec. (4.5)}$$

Donde:

M_{\max} = Momento máximo

W = Carga uniforme

l = Longitud de la varilla

Con la siguiente ecuación se determinará el diámetro de la varilla

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{\frac{\pi d^3}{32}} \quad \text{Ec. (4.6)}$$

Donde:

σ_{\max} = Esfuerzo Máximo

M_{\max} = Momento máximo

d = Diámetro

La validación del diseño se da de la siguiente manera:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Donde:

- k_a = Factor de modificación de la condición superficial
- k_b = Factor de modificación del tamaño
- k_c = Factor de modificación de la carga
- k_d = Factor de modificación de la temperatura
- k_e = Factor de confiabilidad
- k_f = Factor de modificación de efectos varios
- S'_e = Límite de Resistencia a la fatiga en viga rotatoria (MPa)
- S_e = Límite de Resistencia a la fatiga en la ubicación crítica (MPa) Finalmente, el factor de seguridad dinámico es:

$$n_d = \frac{S_f}{\sigma} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

Donde:

- σ = Esfuerzo permisible equivalente (MPa)
- n_d = Factor de seguridad dinámico

4.5.3. Potencia del motor

La potencia del motor, se determinar de la siguiente manera:

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{Ec. (4.9)}$$

Donde:

- P = Potencia (hp)
- W = Trabajo (Nm)
- T = Tiempo (s)

En base a la carga originada por la papa de mayor tamaño descrita en la Tabla 3-1, se procede al dimensionamiento de los elementos.

4.5.4. Selección del conductor y protecciones para el sistema eléctrico

Para la protección del sistema eléctrico es de vital importancia protegerlo de corrientes producidas por corto circuito y sobrecargas, por lo que se dimensionará los elementos guarda motores, relés además de seleccionar el contactor indicado y el conductor.

- Selección del conductor

Se emplea la ecuación 4.10 para determinar la determinar por capacidad de corriente

$$I_{nm} = \frac{P_E}{F_p \times U \times n \times K} \quad \text{Ec. (4.10)}$$

Donde:

I_{nm} = Intensidad nominal (A)

F_p = factor de potencia (adimensional)

U = voltaje nominal (v)

n: rendimiento (adimensional)

k=1 en caso de motores monofásico; $\sqrt{3}$ en caso de trifásicos

$$P_E = \frac{P_s}{n} \quad \text{Ec. (4.11)}$$

Donde:

P_s = potencia de salida del eje (hp)

n = eficiencia (%)

P_E =Potencia de entrada

- **Selección del relé térmico**

Para la selección del relé térmico se emplea la ecuación 4.12

$$I_p = I_n \times SF \quad \text{Ec. (4.12)}$$

Donde:

I_p = corriente de protección (A)

I_n =corriente nominal (A)

SF=factor de servicio (adimensional)

- **Selección del Contactor**

Para la selección del Contactor se toma de igual manera la corriente nominal, los distintos tipos de contactores y sus respectivas características técnicas.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Especificaciones de la máquina

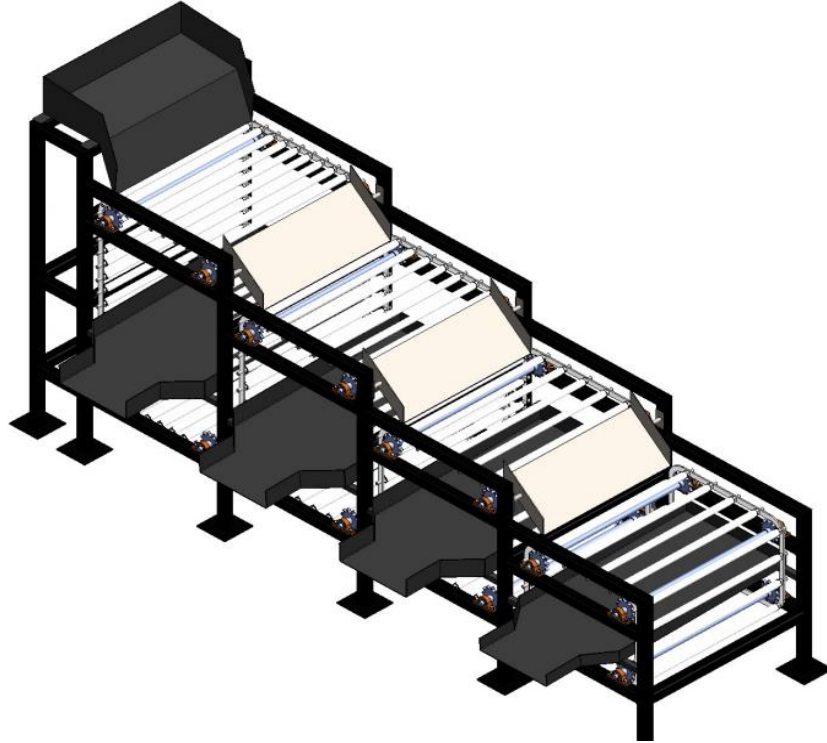


Figura 5-1: Esquema de la máquina clasificadora

Elaborado por: Chicaiza (2021)

5.1.1. Capacidad de la máquina clasificadora

En base a una producción diaria de

- $Pd = 25 \text{ qq} = 2500 \text{ Kg}$
- $Tt = 8 \text{ horas}$
- $\text{Ciclo} = 40 \text{ segundos por ciclo}$

Se tiene que:

- a) Producción diaria

$$Pd = 2500 \text{ Kg}$$

- b) Producción por ciclo

$$Ph = \frac{2500 \text{ Kg}}{8 \text{ h}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{40 \text{ seg}}{1 \text{ ciclo}} = 3.472 \frac{\text{Kg}}{\text{ciclo}}$$

5.1.2. Diseño de la tolva

El dimensionamiento de la tolva se inicia definiendo el número de patatas el cual se da en función de la ecuación (4.1).

$$N = \frac{3.472 \text{ Kg}}{0.1 \text{ Kg}} = 34.72 \approx 35$$

Donde:

- $C = 3.472 \text{ Kg}$
- $M = 100 \text{ gr} = 0.1 \text{ Kg}$ (Tabla 3-1)
- $N = \text{Número de papas}$

A continuación, se procede a dimensionar la tolva, con la ecuación (4.2), por lo que n base a las dimensiones de la patata de primera clase definida de la Tabla 3-1, el volumen que debe tener la tolva es:

Clase primera; $\varnothing = 79 \text{ mm}$, $h = 100 \text{ mm}$

$$V = \pi * (39.5 \text{ mm})^2 * 100 \text{ mm} = 490167 \text{ mm}^3 * 35 = 17155845 \text{ mm}^3$$

Por lo que la longitud es:

$$17155845 \text{ mm}^3 = l * 700 \text{ mm} * 100 \text{ mm}$$

$$l = 245.08 \text{ mmm}$$

Donde:

- $l = 250 \text{ mm}$
- $a = 700 \text{ mm}$
- $h = 100 \text{ mm}$

Por lo que la capacidad de la tolva dimensionada sería de:

$$V = l * a * h = 250 \text{ mm} * 700 \text{ mm} * 100 \text{ mm} = 17500000 \text{ mm}^3$$

Como la capacidad de la tolva sería de $17\,500\,000 \text{ mm}^3$, en comparación con la requerida que debe ser de $17\,155\,845 \text{ mm}^3$, sería aceptable.

$$V_D > V_R \text{ OK}$$

5.1.3. Diseño de los rodillos

Los rodillos estarían compuestos de:

- Tubería de PVC de diámetro nominal de 25 mm, diámetro interior de 22.8 mm, con un espesor de 1.1 mm
- Longitud de 700 mm
- Rodamientos
- Arandelas
- Tuercas de ajustes a los costados
- Varilla de acero de transmisión 1018, con una longitud de 750 mm, que es la máxima anchura requerida de la maquina clasificadora.

El diseño de los rodillos se define de la siguiente manera:

- La carga a ubicarse sobre el rodillo

$$n = \frac{17500000 \text{ mm}^3}{490167 \text{ mm}^3} = 35.7 \approx 36$$

Donde:

- $N = \text{Número de papas (ecuación 4.3)}$
- $\text{Vol}_{\text{totva}} = 17500000 \text{ mm}^3$
- $\text{Vol}_{\text{papa}} = 490167 \text{ mm}^3$

En base a la masa máxima originada de una patata de primera clase, la capacidad máxima aplicar sería de:

$$C = 36 * 100 \text{ g} = 3600 \text{ gr} = 3.6 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta que la clasificadora de patatas es de 4 módulos, los cuales tienen, dimensiones de 0.75 x 2.5 m, donde cada módulo ocupa una longitud de 0.6175 m, por lo que en el primer módulo ocuparía un espacio de 29 mm, en el segundo de 44 mm, en el tercero de 69 mm y en el cuarto 79 mm, según la separación definida por las dimensiones de las patatas descritas en la Tabla 3-1, es:

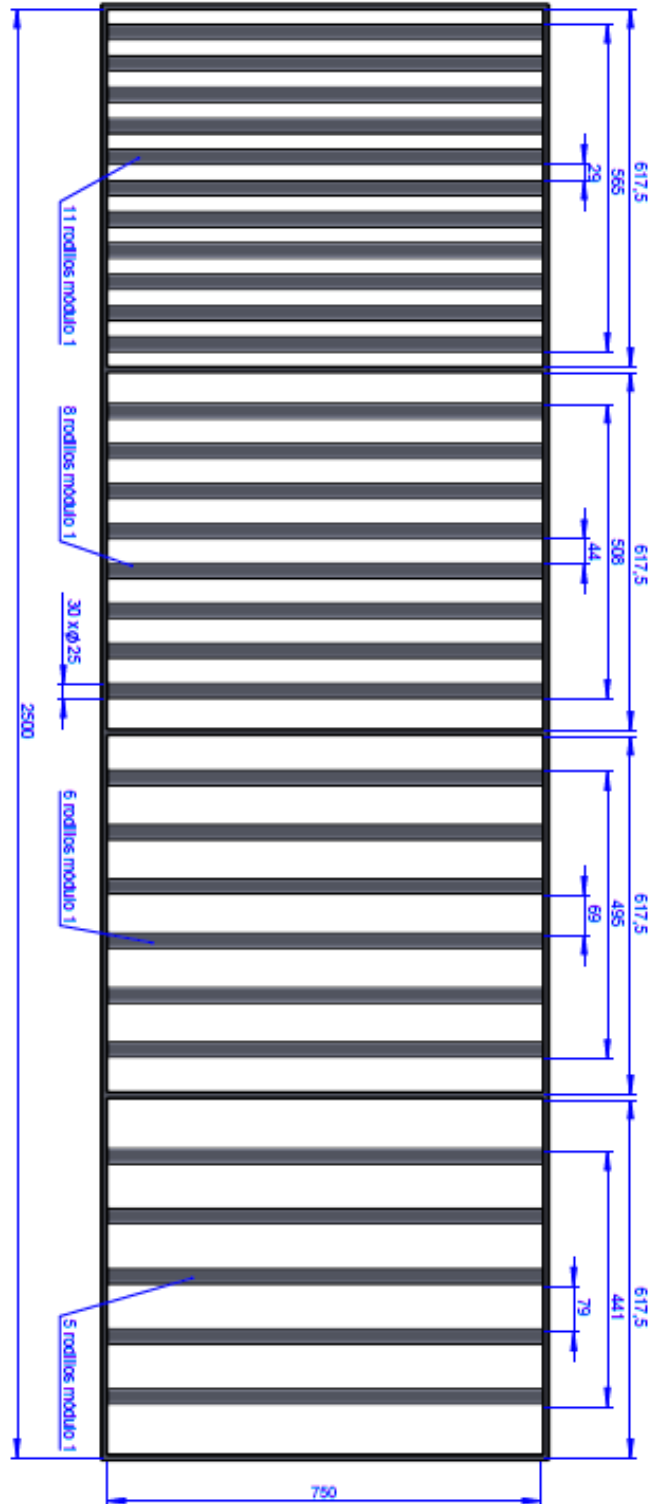


Figura 5-2: Separación entre rodillos

Elaborado por: Chicaiza (2021)

En base al módulo con un menor número de rodillos descritos, se procede a definir la carga máxima que estaría ubicados sobre cada rodillo.

Como en el primer módulo, abarca 5 rodillos, la carga máxima sería de:

$$C_r = \frac{3.6 \text{ kg}}{5} = 0.72 \text{ Kg}$$

Por lo que la carga total uniforme a aplicar sobre el rodillo, según la ecuación (4.4)

$$W = \frac{0.72 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2}{0.75 \text{ m}} = 9.4176 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Donde:

- $m = 0.72 \text{ Kg}$
- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- $L = 0.75 \text{ m}$

El dimensionamiento de la varilla se da inicialmente con la delimitación del Momento máximo, el cual emplea la ecuación (4.5)

$$M_{\max} = \frac{9.4176 \frac{\text{N}}{\text{m}} * (0.75 \text{ m})^2}{12} = 0.44145 \text{ Nm} = 441.45 \text{ Nmm}$$

Donde:

$$W = 9.4176 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$l = 0.75 \text{ m}$$

Con la ecuación (4.6) se determina el diámetro de la varilla, de la siguiente manera:

$$370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{441.45 \text{ Nmm}}{\frac{\pi d^3}{32}}$$

Donde:

σ_{\max} = Esfuerzo Máximo

M_{\max} = Momento máximo

d = Diámetro

$$370 \frac{N}{mm^2} * \frac{\pi d^3}{32} = 441.45 Nmm$$

$$d = 2.3 \text{ mm}$$

Como se empleará un FDS de 5 por seguridad, el diámetro de la varilla será de:

$$d = 2.3 \text{ mm} \times 5 = 11.5 \text{ mm}$$

Por lo que se emplearía una varilla de 12 mm de diámetro.

5.1.3.1. Validación de las varillas del rodillo

La validación del diseño de las varillas se da de la siguiente forma

- **ka = Factor de superficie (Acero AISI 1018; Anexo VI - VII)**

$$ka = 4.51 * 440^{-0.265} = 0.9$$

- **kb = Factor de modificación del tamaño (d = 12 mm y Anexo VII)**

$$kb = \left(\frac{12}{7.62} \right)^{-0.107} = 0.95257$$

- **kc = Factor de carga (torsión) (Anexo VII)**

$$kc = 0.59$$

- **kd = Factor de temperatura (20 °C) (Anexo VIII)**

$$kd = 1$$

- **ke = Factor de confiabilidad (99.9%) (Anexo VIII)**

$$ke = 1 - 0.08 \times 3.091 = 0.75272$$

- **kf = Factores de efectos varios; kf = 1**
- **El límite de Resistencia S'e (Sut = 440 MPa; Ec. 4.7)**

$$S'e = 0.5 Sut = 0.5 * 440 MPa = 220 MPa$$

$$Se = 0.9 \times 0.95257 \times 0.59 \times 1 \times 0.75272 \times 1 \times 220 MPa = 83.8 MPa$$

Por lo que:

- **Resistencia a la fatiga (Sut 440 MPa = 63.82 kpsi -(Anexo IX)**

$$a = \frac{(0.9 \times 440 MPa)^2}{83.8 MPa} = 1871.313 MPa$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0.9 \times 440}{83.8} \right) = -0.225$$

$$Sf = 1871.313 * 1000^{-0.225} = 395.5 MPa$$

Por lo que el factor de seguridad mediante la aplicación de la ecuación (4.8), es:

$$n_d = \frac{395.5 MPa}{370 MPa} = 1.07$$

Donde:

- $\sigma = 370$ (MPa)
- $Sf = 395.5$ MPa

En el análisis dinámico como sobre pasa el $n = 1$, se da por aceptado el análisis.

5.1.4. Diseño del eje motriz

En base al módulo con un mayor número de rodillos descritos, se procede a definir la carga máxima que estaría ubicados sobre cada rodillo.

- Por lado 11 rodillos, por los 4 lados estarían 44 rodillos
- Tubería de PVC de diámetro nominal de 25 mm, para una longitud de 700 mm
- Varilla de acero de transmisión 1018, con una longitud de 750 mm, 12 mm de diámetro.

Tabla 5-1: Tubería PVC

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa	PSI (lb/pulg ²)	Kgf/cm ²
	20	17.8	1.1	1.25	181	12.75
		16.8	1.6	2.00	290	20.40
	25	22.8	1.1	1.00	145	10.20
		21.8	1.6	1.60	232	16.32

Fuente: [21]

- Por lo que la masa del tubo de PVC es = 80.53 gr = 0.08053 Kg (Anexo X)
- Mientras que la varilla de acero del rodillo genera una masa de 0.66586 Kg (Anexo XI)

Por lo que la masa total de los rodillos sería:

$$0.66586 \text{ Kg} + 0.08053 \text{ Kg} = 0.74639 \text{ Kg} \times 44 = 32.84116 \text{ Kg}$$

En tanto que la carga del producto a clasificar sería de: 2500 Kg.

Por lo que la carga total que estaría sobre los ejes motrices sería de: 2500 Kg + 32.84116 Kg x 44 = 3945.01104 Kg, como se conoce que se van a colocar 4 ejes, esta carga se repartiría en los 4 ejes.

Por lo que la carga originada sería = 3945.01104 Kg / 4 = 986.25276 Kg por eje, dividiéndose dicha carga en los 2 extremos del eje.

Por lo que la fuerza a ejercer en cada extremo es de: 493.12638 Kg * 9.81 m/s² = 4.84 KN

5.1.4.1. Dimensionamiento del diámetro del eje motriz

El diámetro de la varilla, se definen en base al Momento Máximo, el Esfuerzo del Material y el Factor de Seguridad, como se indica de la siguiente manera:

El dimensionamiento de la varilla se da inicialmente con la delimitación del Momento máximo, el cual emplea la ecuación (4.5)

$$M_{\max} = 4.84 \text{ KN} * 25 \text{ mm} = 121 \text{ KNmm} * \frac{1000\text{N}}{1\text{KN}} = 121000 \text{ Nmm}$$

Donde:

$$F = 4.84 \text{ KN}$$

$$l = 0.25 \text{ m}$$

Con la ecuación (4.6) se determina el diámetro de la varilla, de la siguiente manera:

$$370 \frac{N}{\text{mm}^2} = \frac{121\,000 \text{ Nmm}}{\frac{\pi d^3}{32}}$$

Donde:

σ_{\max} = Esfuerzo Máximo

M_{\max} = Momento máximo

d = Diámetro

$$370 \frac{N}{\text{mm}^2} * \frac{\pi d^3}{32} = 121\,000 \text{ Nmm}$$

$$d = 14.93 \text{ mm}$$

Por seguridad se ubicará una varilla de d = 16 mm

5.1.4.2. Validación del eje motriz

La validación del diseño del eje motriz se da de la siguiente forma

- **ka = Factor de superficie (Acero AISI 1018; Anexo VI - VII)**

$$ka = 4.51 * 440^{-0.265} = 0.9$$

- **kb = Factor de modificación del tamaño (d = 16 mm y Anexo VII)**

$$kb = \left(\frac{16}{7.62} \right)^{-0.107} = 0.9237$$

- **kc = Factor de carga (torsión) (Anexo VII)**

$$kc = 0.59$$

- **kd = Factor de temperatura (20 °C) (Anexo VIII)**

$$kd = 1$$

- **ke = Factor de confiabilidad (99.9%) (Anexo VIII)**

$$ke = 1 - 0.08 \times 3.091 = 0.75272$$

- **kf = Factores de efectos varios; kf = 1**

- **El límite de Resistencia S'e (Sut = 440 MPa; Ec. 4.7)**

$$S'e = 0.5 Sut = 0.5 \times 440 MPa = 220 MPa$$

$$Se = 0.9 \times 0.9237 \times 0.59 \times 1 \times 0.75272 \times 1 \times 220 MPa = 81.2235 MPa$$

Por lo que:

- **Resistencia a la fatiga (Sut 440 MPa = 63.82 kpsi - (Anexo IX)**

$$a = \frac{(0.9 \times 440 MPa)^2}{81.2235 MPa} = 1930.7 MPa$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \left(\frac{0.9 \times 440}{81.2235} \right) = -0.229$$

$$Sf = 1930.7 MPa * 1000^{-0.229} = 396.931 MPa$$

Por lo que el factor de seguridad mediante la aplicación de la ecuación (4.8), es:

$$n_d = \frac{396.931 MPa}{370 MPa} = 1.073$$

Donde:

- $\sigma = 370$ (MPa)
- $Sf = 396.931$ MPa

En el análisis dinámico como sobre pasa el $n = 1$, se da por aceptado el análisis.

5.1.5. Validación analítica

Teniendo presente que:

- Cada papa de primera clase tiene una masa $m = 100 \text{ gr} = 0.1 \text{ Kg}$ (Tabla 3-1)
- Que la cantidad de papas a clasificar sería de $M = 2500 \text{ Kg}$
- Como se detalló anteriormente que se clasificaría por ciclo hasta 35 papas
- Ciclo = 40 segundos por ciclo

Por lo que el tiempo de clasificar 36 por segundo es

$$tc = \frac{C}{c} = \frac{35 \frac{\text{papas}}{\text{ciclo}}}{40 \frac{\text{seg}}{\text{ciclo}}} = 0.875 \frac{\text{papas}}{\text{seg}}$$

Teniendo presente que cada papa llega a pesar máximo hasta 0.1 Kg y que se debería clasificar hasta 2500 K, el número de ciclos que actuaría la máquina es:

$$Ct = \frac{M}{m} = \frac{2500 \text{ Kg}}{0.1 \text{ Kg}} = 25000$$

Por lo que el tiempo total sería de:

$$Tt = \frac{Ct}{tc} = \frac{25000}{0.875 \frac{\text{papas}}{\text{seg}}} = 28571,43 \frac{\text{seg}}{\text{papas}}$$

$$Tt = 28571,43 \frac{\text{seg}}{\text{papas}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$Tt = 7.93651 \text{ horas}$$

Por lo que el tiempo total sería:

$$Tt = 7.93651 \text{ horas}$$

$$0.93651 \text{ h} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 56.1906 \text{ min}$$

$$0.1906 \text{ min} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 11.436 \text{ seg}$$

Por lo que el tiempo sería de:

$$Tt = 7:56:11$$

El cual sería de:

7 horas, 56 minutos y 11 segundos

5.1.6. Potencia del motor

La potencia del motor, se determinar de la siguiente manera, en base a la ecuación (4.9)

La masa total es de:

- 4 ejes donde cada masa es de 1.18375 Kg por lo que el total es de 4.735 Kg
- 120 rodillos donde cada rodillo tiene una masa de 0.74639 Kg por lo que el total es de 89.5668 Kg
- Carga del producto = 2500 Kg

Por lo que la masa total a mover sería 2594.3018 Kg

Donde el peso es: $2594.3018 \text{ Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 25450.10066 \text{ N} \times 0.025 \text{ m} = 636.2525 \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2}$

$$P = \frac{636.2525 \frac{\text{m}^2}{\text{seg}^2}}{40 \text{ s}} = 15.91 \text{K g} * \frac{\text{m}^2}{\text{s}^3} = 15.91 \text{ Watt}$$

$$P = 0.021335661 \text{ hp}$$

Por facilidad de adquisición se debería adquirir un motor de ½ hp.

5.1.7. Selección del conductor y protecciones para el sistema eléctrico

Para la protección del sistema eléctrico es de vital importancia protegerlo de corrientes producidas por corto circuito y sobrecargas, por lo que se dimensionará los elementos relés además de seleccionar el contactor indicado y el conductor.

- **Selección del conductor**

Se emplea la ecuación 4.11 para determinar la determinar por capacidad de corriente

$$P_E = \frac{372.85 \text{ Watts}}{0.90} = 414.277 \text{ Watt}$$

Donde:

$$P_s = 1/2 \text{ (hp)} = 372.85 \text{ Wts}$$

$$n = 90 \text{ (\%)}$$

Se emplea la ecuación 4.10 para determinar la capacidad de corriente

$$I_{nm} = \frac{414.277 \text{ Watt}}{0.90 * 0.90 * 110 \text{ V} * 1} = 4.65 \text{ Amp}$$

Donde:

$$I_{nm} = 4.65 \text{ Amp}$$

$$F_p = 0.90$$

$$U = 110 \text{ V}$$

$$n = 0.9$$

$k=1$ en caso de motores monofásico; $\sqrt{3}$ en caso de trifásicos

- Selección del relé térmico

Para la selección del relé térmico se emplea la ecuación 4.12

$$I_p = 4.65 \text{ Amp} * 1.15 = 5.3475 \text{ Amp}$$

Donde:

I_p = corriente de protección (A)

$$I_n = 4.65$$

$$SF = 1.15$$

5.2. Validación por el método de elementos finitos FEM.

A continuación, se procede a validar el diseño definido por el método de elementos finitos.

5.2.1. Validación por el método de elemento finitos FEM del eje motriz

En la siguiente sección se valida el diseño elaborado por el método de elementos finitos, el cual se da mediante el empleo de un software.

- Análisis de Tensiones

Según el análisis de tensiones bajo el criterio de von Mises da un esfuerzo máximo de 449.3 MPa, marcando casi todo el objeto en color azul y celeste, por lo que da valido según el código de colores.

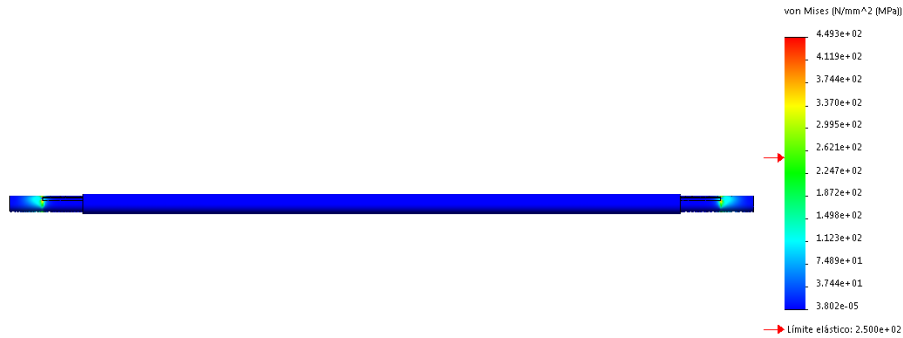


Figura 5-3: Análisis de tensiones del eje motriz
Elaborado por: Chicaiza (2021)

- Análisis de Desplazamiento

En el análisis de desplazamiento se tiene una deformación máxima de 0.05023 mm, la cual es un valor mínimo que puede ser despreciado.



Figura 5-4: Análisis de desplazamiento del eje motriz
Elaborado por: Chicaiza (2021)

- Análisis de Deformaciones Unitarias

Al igual que el análisis de tensiones la deformación unitaria, da valor adimensional de 0.001435, marcando casi todo el objeto en color azul y celeste, por lo que da valido según el código de colores.



Figura 5-5: Análisis de deformaciones unitarias
Elaborado por: Chicaiza (2021)

- Análisis de Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de seguridad da un valor de mínimo de 5.6, el cual es recomendado por Robert Mott, el mismo que sugiere que para el diseño de elementos de máquinas, con una incertidumbre máxima eficiente, debe ser superior o igual a 4.

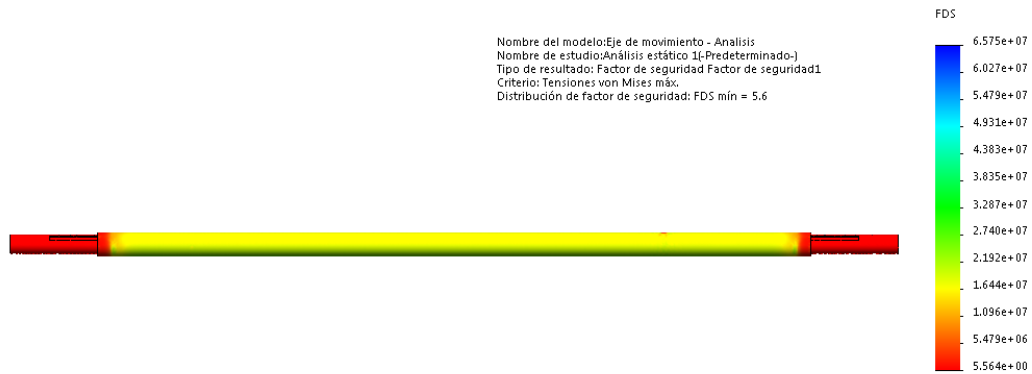


Figura 5-6: Análisis del factor de seguridad del eje motriz
Elaborado por: Chicaiza (2021)

5.2.2. Validación por el método de elemento finitos FEM de los rodillos

A continuación, se valida el diseño elaborado por el método de elementos finitos, de los rodillos, de la siguiente manera:

- Análisis de Tensiones

Según el análisis de tensiones bajo el criterio de von Mises da un esfuerzo máximo de 8.514 MPa, marcando casi todo el objeto en color azul y celeste, por lo que da valido según el código de colores.



Figura 5-7: Análisis de tensiones de los rodillos
Elaborado por: Chicaiza (2021)

- Análisis de Desplazamiento

En el análisis de desplazamiento se tiene una deformación máxima de 0.3945 mm, la cual es un valor mínimo que puede ser despreciado.

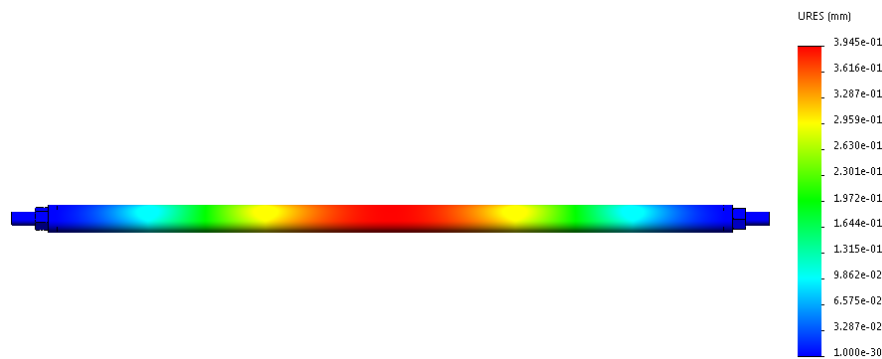


Figura 5-8: Análisis de desplazamiento de los rodillos
Elaborado por: Chicaiza (2021)

- Análisis de Deformaciones Unitarias

Al igual que el análisis de tensiones la deformación unitaria, da valor adimensional de 0.0004936, marcando casi todo el objeto en color celeste, por lo que da valido según el código de colores.

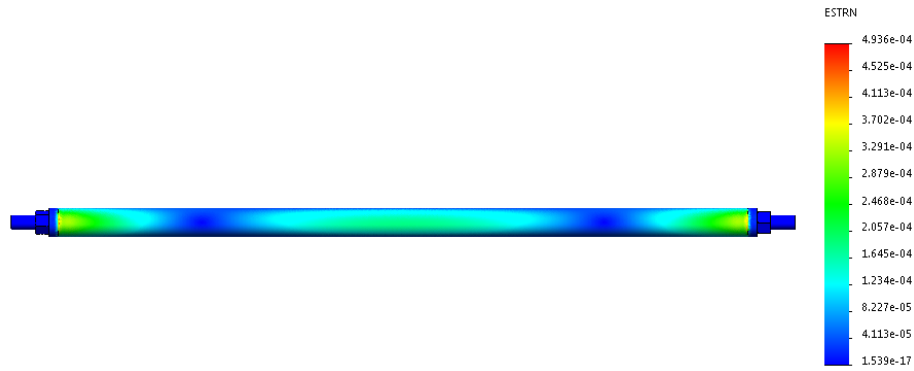


Figura 5-9: Análisis de deformaciones unitarias del rodillo
Elaborado por: Chicaiza (2021)

- Análisis de Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de seguridad da un valor de mínimo de 3.2, el cual es recomendado por Robert Mott, el mismo que sugiere que para el diseño de elementos de máquinas, bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos del diseño, el cual sugiere que sea de 2 a 2.5.

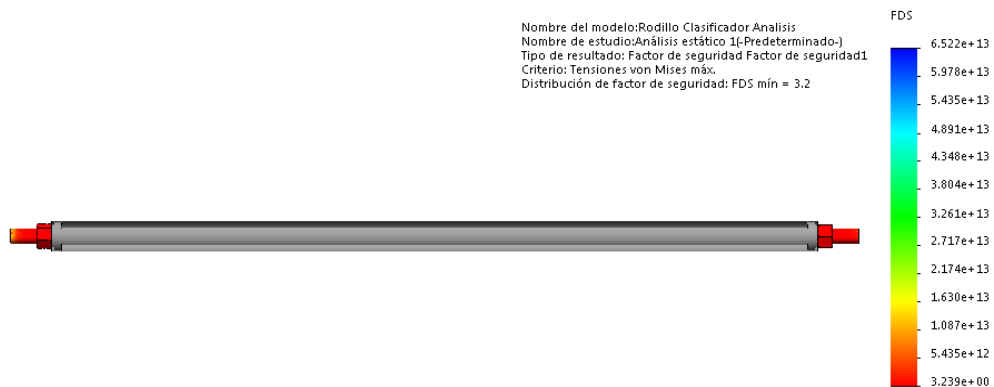


Figura 5-10: Análisis del factor de seguridad del rodillo
Elaborado por: Chicaiza (2021)

5.2.3. Validación por el método de elementos finitos de la estructura

La validación por el método de elementos finito de la estructura se da de la siguiente manera:

- Análisis de Tensiones

Según el análisis de tensiones bajo el criterio de von Mises da un esfuerzo máximo de 266.8 MPa, el cual según el código de colores esta entre verde y celeste, validando el diseño.

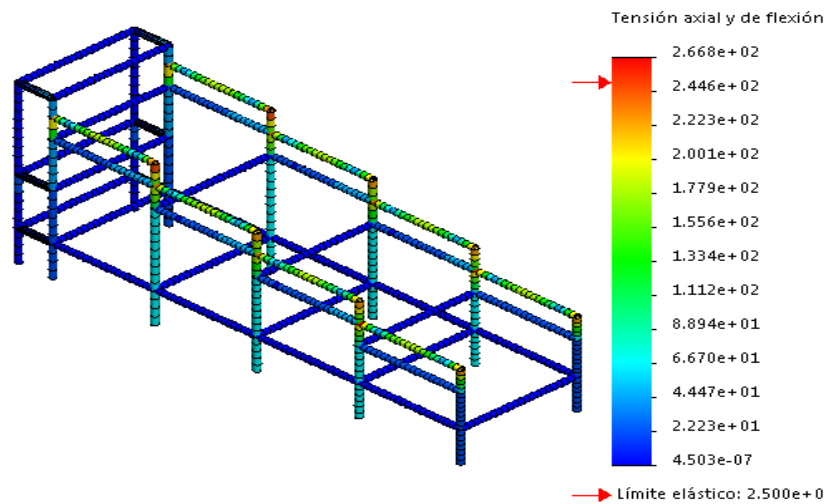


Figura 5-11: Análisis de tensiones de la estructura
Elaborado por: Chicaiza (2021)

- Análisis de Desplazamiento

En el análisis de desplazamiento se tiene una deformación máxima de 1.625 mm, el cual es un valor mínimo que puede ser despreciado.

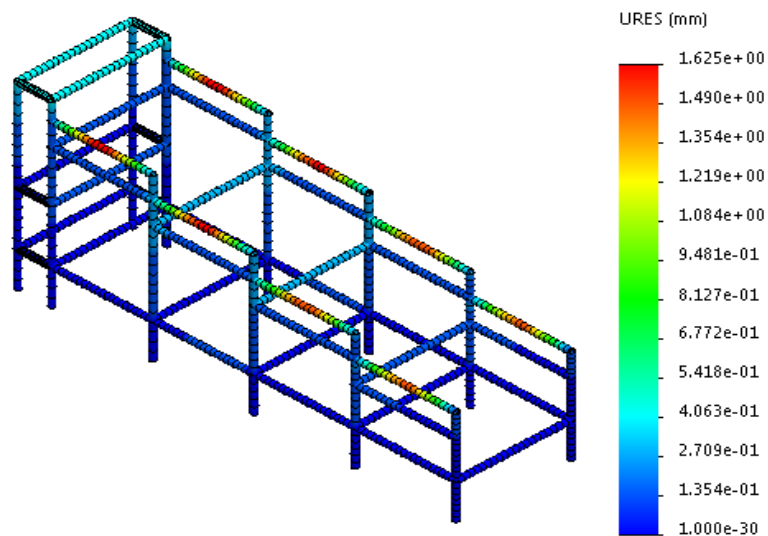


Figura 5-12: Análisis de desplazamientos de la estructura
Elaborado por: Chicaiza (2021)

- Análisis de Factor de Seguridad

En el análisis del Factor de seguridad da un valor de mínimo de 9.4, el cual es recomendado por Robert Mott, el mismo que sugiere que para diseños de elementos estáticos con un alto grado de confianza debe tener un FDS máximo de 2

Nombre del modelo: Estructura - Analisis
Nombre de estudio: Analisis estatico 1[-Predeterminado-<Como mecanizada>-]
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automatico
Distribucion de factor de seguridad: FDS min = 9.4

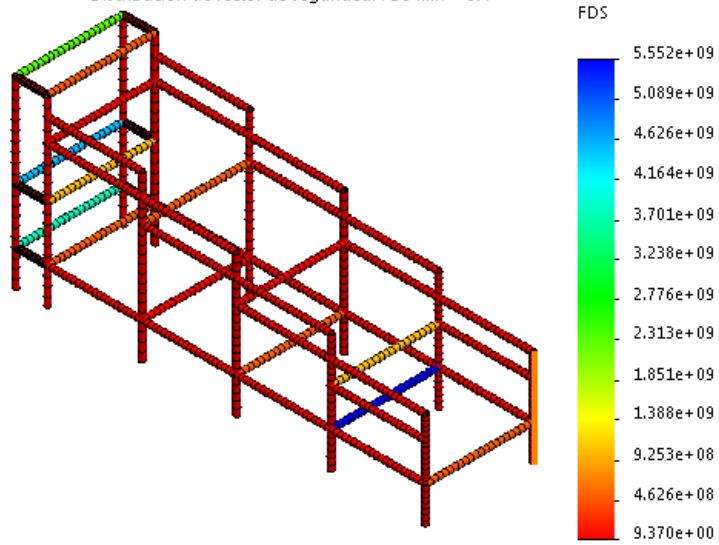


Figura 5-13: Analisis del Factor de Seguridad de la estructura
Elaborado por: Chicaiza (2021)

6. PRESUPUESTOS Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Impactos

El proyecto acoge gran cantidad de información vinculada con los elementos de construcción, donde la estructura estática, soporta la carga total de la máquina clasificadora, pudiendo trasladar los productos a través del recorrido de la banda de rodillos, seleccionando las papas en cuatro tipos según su tamaño, bajo dimensiones definidas, con un motor de potencia mínima utilizando materiales existentes en el mercado local y nacional, los cuales pueden ser reemplazados ante una reparación o cambio.

6.2. Presupuestos

El proyecto va a tratar acerca de los costos de los materiales y equipos a emplearse en caso de querer implementarlo ya que hasta el momento solo queda en simulación. En cada tabla se representa cada uno de los costos de los materiales.

Tabla 6-1: Costos de los materiales de la máquina

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	COSTO
MULTIMETRO	1	\$ 13	\$ 1,50	\$ 18,75
CALIBRADOR	1	\$ 3	\$ 1,50	\$ 3,8
MOTOR WEG ¾ “ 110V	1	\$ 250	\$ 1,25	\$ 312,5
PARO DE EMERGENCIA	1	\$ 3	\$ 1,23	\$ 3,7
CONDUCTOR TW 14 AWG	4	\$ 10	\$ 1,50	\$ 60,0
TOMA CORRIENTE	1	\$ 2	\$ 1,50	\$ 3,0
CONTACTOR	1	\$ 25	\$ 1,50	\$ 37,5
CAJA TERMICA	1	\$ 38	\$ 1,50	\$ 57,0
RIEL DE ALUMINIO	1	\$ 4	\$ 1,50	\$ 6,0
BANDA DE RODILLOS	2	\$ 160	\$ 1,18	\$ 377,6
CATALINA 428H	2	\$ 28	\$ 1,85	\$ 103,6
MOTOREDUCTOR NRV	1	\$ 40	\$ 1,50	\$ 60,0
				\$ 1.043,39
B.- MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	COSTO

PROFESIONAL	1	2,81	2,81	2,53
TECNICO MANTENIMIENTO	5	2,46	12,30	9,84
				\$ 12,4
C.- MATERIALES				
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO
PERFIL CUADRADO		1	12	\$ 96,00
PLANCHA DE ACERO GALV.		1	4	\$ 240,00
SUELDAS		1	2	\$ 4,50
PLACAS DE ACERO		1	1	\$ 5,00
EJE DE TRANSMICION DE POTENCIA		1	4	\$ 60,00
BANDEJAS		1	2	\$ 30,00
CHUMACERAS		1	8	\$ 80,00
POLEAS		1	4	\$ 28,00
BANDA O CORREA EN V		1	1	\$ 8,00
PERNOS DE SUJECCION		1	4	\$ 2,00
JUEGO DE FRESAS		1	1	\$ 2,77
DISCO DE CORTE		1	2	\$ 3,70
ELECTRODOS		1	20	\$ 9,00
BROCAS		1	4	\$ 8,16
PINTURA ANTICORROSIVA		1	1	\$ 6,70
EPP		1	1	\$ 20,00
VARIOS		1	1	\$ 15,00
				\$ 618,83
D.- TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO/KM	COSTO
Alquiler camioneta	1	1	\$ 2,50	\$ 20
				\$ 20,0
TOTAL, COSTO DIRECTO				\$ 1.694,6
C. INDIRECTO Y UTILIDADES				\$ 423,65
COSTO TOTAL DEL RUBRO				\$ 2.118,23
VALOR PROPUESTO				\$ 2.118,23

6.2.1 COSTOS

Los costos totales que se obtuvieron de la máquina clasificadora son los siguientes:

Costo	Total USD	Total USD
Directos	1.694,6	
Indirectos	423,65	
		2.118,23

Depreciación para la máquina se tomó en cuenta lo recomendable 5 años

$$Depreciacion = \frac{inversión}{5 años} = \frac{2118,23}{5} = 424USD/ Año$$

Consumo de energía del motor

Voltaje(v)	Amperaje(A)	Potencia(W)	horas	KWh/día	KWh/mes
110v	4	440	8	3,52	105,6

Elaborado por: Chicaiza (2021)

Gasto de la energía

Según la empresa eléctrica EEASA valor de la energía eléctrica es de 0,092 USD/KWh

USD/mes	USD/anual
9,71	116,58

Con los datos utilizaremos un indicador para ver el retorno de la inversión (PAY BACK)

Inversión del proyecto= 2118,23

Tasa de interés= 16%

Costo de energía anual=116,58

Se obtendrá el interés del proyecto en un año = (inversión inicial). (tasa de interés)

Interés proyecto=338,92=340 USD

Ahorro producido por la máquina USD	Costo de la máquina USD	Costo de la energía anual USD	Mantenimiento USD	Utilidad operativa
9120	2118,23	116,58	250	6635.20

Elaborado por: Chicaiza (2021)

$$PRI = \frac{(Inversión + int erés)}{utilidad operativa} = \frac{(2118,23 + 340)}{6635,20} = 0,38$$

Según el PRI recuperaremos nuestra inversión en un período de 5 meses

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Se recopiló información acerca del tubérculo como es su composición química, la producción en el Ecuador, su clasificación, su clasificado manual y automático, requerimientos, conceptualización de máquinas clasificadoras de productos, elementos constitutivos, sistemas de transmisión y normativas empleadas
- Se diseñó la máquina clasificadora de papas así como el empleo de un software tipo CAD/CAE, con una capacidad de producción por ciclo de 3.472 Kg, con un diseño de la tolva para 35 unidades de las siguientes dimensiones como son $l=250$ mm, $a=700$ mm y $h = 100$ mm, continuando con el dimensionamiento de los rodillos con una capacidad máxima de rodillos de $Cr=0.72$ Kg, con una carga uniforme de 9.4175 N/m dando un diámetro de 12 mm, en tanto que para el eje motriz da $d=16$ mm, en tanto que la potencia del motor es de $\frac{1}{2}$ hp, con conductores de $I_{nm}= 4.65$ Amp, mientras que un rele térmico de $I_p=5.3475$ Amp
- Se verificaron y validaron los resultados de diseño y el comportamiento de los componentes como de los ejes motrices, que dan una tensión máxima de 449.3MPa, mientras que da una deformación de 0.05023 mm y un FDS = 5.6; mientras que los rodillos armados dan un análisis de tensión máximo de 8.514MPa, una deformación de 0.3945 mm y un FDS = 3.2; en tanto que la estructura base da un análisis de tensiones de 266.8MPa, deformaciones de hasta 1.625 mm y un FDS = 9.4
- Según los presupuestos y costos la máquina tiene un valor 2118,23 USD tomando en cuenta el indicador PAY BACK la inversión se recupera en un lapso de 5 meses
- Con el análisis analítico se comprobó la hipótesis de mejorar los tiempos en el proceso de clasificación de las papas con un tiempo de 7 horas, 56 minutos y 11 segundos para clasificar la totalidad de 25 quintales.

7.2. Recomendaciones

- En el mercado de la semilla exige que sea de la mejor calidad por tal razón la rampa del módulo uno es recomendable que tenga orificios en forma de rombos y sea de malla para que el producto salga sin residuos en comparación con el módulo dos que debe tener la rampa sólida.
- Las patatas deben estar en lo posible libres de residuos sólidos tales como rocas o pedazos de madera ya que pueden incrustarse en el sistema de piñón cadena y dañar la máquina.
- En caso de querer más tamaños del producto se puede unir más módulos con su respectivo estudio y diseño para no sobrecargar al sistema y dañarlo.
- Se debe realizar mantenimiento preventivo a los elementos que conforman la máquina para evitar daños posteriores

8. BIBLIOGRAFÍAS

- [1] Ministerio de Agricultura y Ganadería, «MAGAP ejecuta acciones en beneficio del pequeño productor,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-ejecuta-acciones-en-beneficio-del-pequeno-productor/>. [Último acceso: 20 Febrero 2021].
- [2] M. P. y. S. Sherwood, EL CULTIVO DE LA PAPA, QUITO, ECUADOR: INIAP-CIP, 2002.
- [3] MAGAP, «Productores serán multiplicadores de semilla certificada de papa,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/productores-seran-multiplicadores-de-semilla-certificada-de-papa/>. [Último acceso: 25 Febrero 2021].
- [4] H. Miltón, R. Morales y N. Lara, «INFORMACION TECNICA DE LA VARIEDAD DE PAPA INIAP - FRIPAPA 99,» *INIAP*, pp. 1-16, 2008.
- [5] K. Reinoso, CONSUMO DE ALIMENTOS AUTÓCTONOS EN EL CENTRO DE EDUCACIÓN BÁSICA "ROSARIO GONZÁLEZ DE MURILLO" EN ADOLESCENTES DE SÉPTIMO Y DÉCIMO AÑO DE EDUCACIÓN BÁSICA DURANTE EL PRIMER QUIMESTRE ESCOLAR EN EL PERÍODO SEPTIEMBRE DEL 2014 A ENERO DEL 2015, QUITO: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 2015.
- [6] M. Román y G. Hurtado, Cultivo de la papa, San Salvador: CENTA, 2012.
- [7] E. Sinchi, DIAGNÓSTICO DE LA CADENA AGROINDUSTRIAL DE LA PAPA PARA EL PROCESAMIENTO DE HOJUELAS DE COLORES EN INALPROCES CON PRODUCTORES DEL CONPAPA – TUNGURAHUA PROCEDENTES DE TRES ZONAS, QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, 2015.
- [8] NTE INEN 1516, HORTALIZAS FRESCAS. PAPAS. REQUISITOS., QUITO: INEN, 2013.

- [9] M. Pumisacho y S. Sherwood, EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR, Quito: INIAP, 2002.
- [10] C. Bonifaz y M. Pallasco, Diseño y construcción de una máquina clasificadora de fresas a razón de 100 Kg/hora, Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2017.
- [11] M. Polanco, «MAQUINARIA Y MECANIZACIÓN AGRÍCOLA,» pp. 1-209, 2007.
- [12] A. Herrera, Diseño y construcción de una zaranda, Loja: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, 2015.
- [13] fabrimac, «Cribas Rotativas Línea HCR,» 2019. [En línea]. Available: <http://fabrimac.com.ar/cribas-rotativas-linea-hcr/>. [Último acceso: 2 Febrero 2021].
- [14] C. Alcalde y E. Bone, Diseño de una máquina clasificadora de tomate de 700 (kg/h) de capacidad, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2013.
- [15] WEG, W22 Motor Eléctrico Monofásico Catálogo Comercial Mercado Latinoamericano, Jaraguá do Sul , 2020.
- [16] J. Jacho, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA DEMOSTRACIÓN PRÁCTICA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINA ELÉCTRICAS UTILIZANDO EL VARIADOR DE FRECUENCIA COMO FUENTE DE AHORRO DE ENERGÍA, Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2012.
- [17] SEGUROS CATALANA OCCIDENTE , «Motor eléctrico para coche: ¿Cómo funcionan y qué tipos hay?,» 4 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.seguroscatalanaoccidente.com/blog/tipos-funcionamiento-coche-electrico/>. [Último acceso: 22 Febrero 2021].
- [18] P. Ojeda, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN CON CADENA Y DIFERENCIAL TORSEN PARA UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO TIPO

MONOPLAZA PARA LA COMPETENCIA FORMULA STUDENT, Latacunga:
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, 2012.

[19] INEN, CODIGO DE PRÁCTICA PARA MANIPULACION DE ALIMENTOS, Quito,
1987.

[20] R. Budynas y K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México D.F.:
McGraw-Hill, 2008.

[21] PLASTIGAMA, TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE PVC Y PE BD, 2015.

[22] DIPAC, «Productos,» 2016. [En línea]. Available:
[http://www.dipacmanta.com/tubos/tubos-estructurales/tubo-estructural-cuadrado-
galvanizado](http://www.dipacmanta.com/tubos/tubos-estructurales/tubo-estructural-cuadrado-galvanizado). [Último acceso: 14 Junio 2020].

[23] BULNES, CATÁLOGO DE TRANSMISIÓN, Sevilla, 2014.

[24] SKF, Rodamientos Y y unidades de rodamientos Y SKF energéticamente eficientes,
2015.

[25] bluesteelcorp, «Acero AISI 1018 (Transmisión),» 2015. [En línea]. Available:
<https://bluesteelcorp.com.ec/producto/acero-aisi-1018-transmision/>. [Último acceso: 12
Diciembre 2020].

ANEXOS

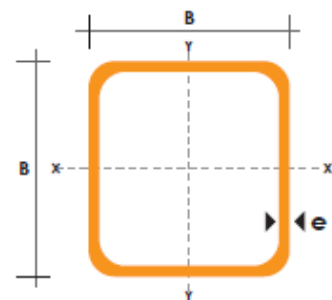
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



Fuente: [22]

Anexos II. Planchas laminadas en caliente

2-14

PLANCHAS

**PLANCHAS
LAMINADAS AL CALIENTE**

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 115
Espesores:	ASTM A36 - SAE J 403 1008
Espesores:	2mm a 12mm
Rollos:	Ancho 1000, 1220, 1500mm
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales
Acabado:	Acero Negro



Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas			Norma Equivalente
	% C	%Mn	%P	%S	%Si	%Al	%Cu	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Dobrado 180°	
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33

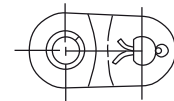
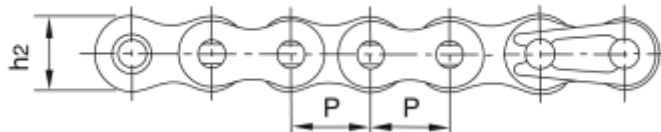
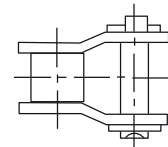
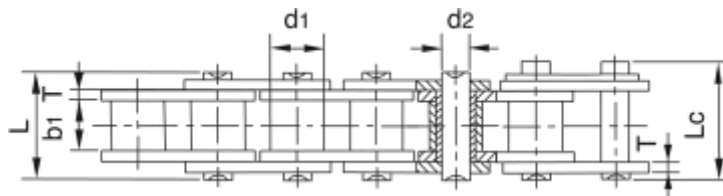
Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas					Norma Equivalente
	% C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cu	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Dobrado 180°		
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min			
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015	
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36	
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min			
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e		

Fuente: [22]

Anexos III. Cadena de transmisión

3-14



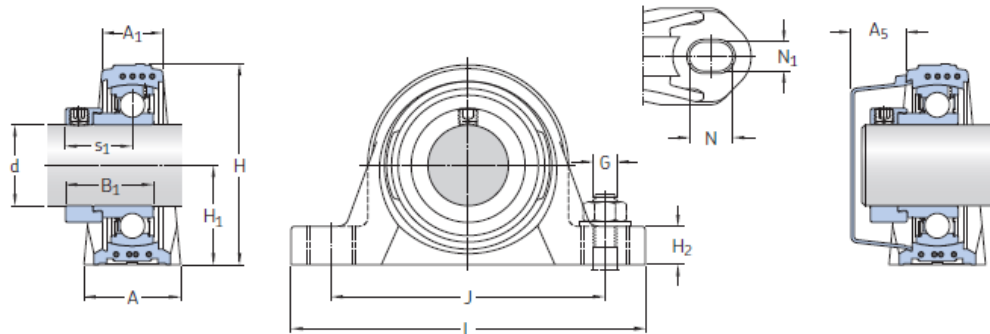
REFERENCIA	REFERENCIA	PASO	DIAMETRO DE RODILLO	ANCHO INTERIOR	DIAMETRO EJE	LONGITUD DEL EJE		ANCHO MALLAS	GROSOR DE MALLAS	CARGA DE ROTURA S/NORMA	CARGA DE ROTURA MEDIA	PESO POR METRO
DIN/ISO	ANSI	P	d _r máx	b _i mín	d _e máx	L máx	L _e mín	h _z máx	T máx	Q mín	Q _o	q
		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	kN	kN	kg/m.
*03C	*15	4.7625	2.48	2.38	1.62	6.10	6.90	4.30	0.60	1.80	2.0	0.08
*04C-1	*25	6.350	3.30	3.18	2.31	7.90	8.40	6.00	0.80	3.50	4.6	0.15
*06C-1	*35	9.525	5.08	4.77	3.58	12.40	13.17	9.00	1.30	7.90	10.8	0.33
085-1	41	12.700	7.77	6.25	3.58	13.75	15.00	9.91	1.30	6.67	12.6	0.41
08A-1	40	12.700	7.95	7.85	3.96	16.60	17.80	12.00	1.50	14.10	17.5	0.62
10A-1	50	15.875	10.16	9.40	5.08	20.70	22.20	15.09	2.03	22.20	29.4	1.02
12A-1	60	19.050	11.91	12.57	5.94	25.90	27.70	18.00	2.42	31.80	41.5	1.50
16A-1	80	25.400	15.88	15.75	7.92	32.70	35.00	24.00	3.25	56.70	69.4	2.60
20A-1	100	31.750	19.05	18.90	9.53	40.40	44.70	30.00	4.00	88.50	109.2	3.91
24A-1	120	38.100	22.23	25.22	11.10	50.30	54.30	35.70	4.80	127.00	156.3	5.62
28A-1	140	44.450	25.40	25.22	12.70	54.40	59.00	41.00	5.60	172.40	212.0	7.50
32A-1	160	50.800	28.58	31.55	14.27	64.80	69.60	47.80	6.40	226.80	278.9	10.10
36A-1	180	57.150	35.71	35.48	17.46	72.80	78.60	53.60	7.20	280.20	341.8	13.45
40A-1	200	63.500	39.68	37.85	19.85	80.30	87.20	60.00	8.00	353.80	431.6	16.15
48A-1	240	76.200	47.63	47.35	23.81	95.50	103.00	72.39	9.50	510.30	622.5	23.20

* Cadena casquillo fijo: d1 en la tabla indica el diámetro exterior del casquillo

Fuente: [23]

Anexos IV. Chumacera

4-14



Dimensiones

d	A	A ₁	B ₁	H	H ₁	H ₂	J	L	N	N ₁	G	s ₁	A ₅
mm													
20	32	21	31	64	33,3	16	96	126	17,6	12,4	M10	23,9	18,5
25	32	22	30,9	70,5	36,5	16	105	134	17,6	12,4	M10	23,4	18
30	40	25	35,6	82	42,9	19	121	159	21,4	14,4	M12	26,6	20
35	45	27	38,8	93	47,6	19	126	164	21,4	14,4	M12	29,3	22
40	48	30	43,6	99	49,2	19	136	176	21,4	14,4	M12	33,1	23,5

Fuente: [24]

Anexos V. Motor eléctrico monofásico

5-14

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (kgm)	Corriente con rotor trabado In (A)	Par con rotor trabado T0/Tn	Par Máximo T2/Tn	Momento de inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado ts (s)	Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	% de la potencia nominal						Corriente nominal In (A)	
kW	HP											Rendimiento			Factor de potencia			220 V	440 V
												50	75	100	50	75	100		
8 Poles																			
0.09	0.12	63	0.025	4.8	0.60	3.1	0.0002	11	9.0	50	3500	30.2	38.9	47.0	0.87	0.89	0.91	0.936	0.468
0.12	0.16	63	0.033	4.7	0.65	3.1	0.0002	9	9.3	50	3505	31.4	41.5	49.2	0.90	0.94	0.96	1.15	0.575
0.18	0.25	63	0.050	4.9	0.50	3.0	0.0002	6	9.6	50	3505	37.5	48.2	55.6	0.76	0.84	0.88	1.67	0.835
0.25	0.33	63	0.070	4.4	0.50	2.5	0.0002	6	9.8	50	3480	42.2	53.1	60.2	0.91	0.92	0.96	1.99	0.995
0.37	0.5	71	0.106	4.0	0.55	2.25	0.0005	14	10.8	60	3415	45.5	55.6	61.3	0.94	0.96	0.99	2.74	1.37
0.55	0.75	71	0.157	4.2	0.45	2.2	0.0006	11	11.8	60	3410	53.6	62.8	67.2	0.94	0.97	0.99	3.76	1.88
0.75	1	80	0.212	4.1	0.45	2.1	0.0009	18	16.4	65	3450	59.4	68.8	73.2	0.96	0.98	0.99	4.70	2.35
1.1	1.5	90S	0.310	5.2	0.30	2.2	0.0022	8	24.0	69	3455	70.0	77.0	79.2	0.94	0.96	0.97	6.51	3.26
1.5	2	90L	0.428	5.2	0.30	2.15	0.0023	13	26.5	69	3410	76.7	81.3	81.9	0.95	0.97	0.97	8.58	4.29
2.2	3	90L	0.623	6.0	0.45	2.3	0.0027	6	28.0	69	3440	73.0	79.0	81.5	0.97	0.98	0.99	12.4	6.20
Carcasas opcionales																			
0.75	1	71	0.216	3.9	0.6	2.1	0.0006	6	11.8	60	3385	54.0	63.7	68.6	0.94	0.96	0.99	5.02	2.51
4 Poles																			
0.09	0.12	63	0.051	3.7	0.90	2.7	0.0006	41	9.0	47	1720	30.2	40.4	47.7	0.86	0.90	0.93	1.922	0.461
0.12	0.16	63	0.069	3.3	0.65	2.0	0.0006	29	9.0	47	1690	35.3	45.5	52.3	0.84	0.89	0.93	1.12	0.560
0.18	0.25	63*	0.104	3.6	0.75	2.2	0.0007	19	9.5	47	1690	35.7	46.3	53.5	0.87	0.92	0.95	1.81	0.805
0.25	0.33	71	0.142	3.2	0.65	2.0	0.0008	15	11.4	55	1720	39.0	50.0	58.0	0.94	0.96	0.97	2.02	1.01
0.37	0.5	71	0.212	3.5	0.70	1.8	0.0009	28	11.4	55	1700	51.0	62.0	68.0	0.89	0.93	0.95	2.61	1.31
0.55	0.75	80	0.313	3.9	0.40	1.9	0.0029	12	16.5	55	1710	54.2	63.4	67.4	0.95	0.98	0.98	3.96	1.93
0.75	1	80	0.430	3.7	0.45	1.9	0.0029	11	16.8	55	1700	57.1	66.4	70.3	0.92	0.94	0.97	5.01	2.50
1.1	1.5	90S	0.630	4.8	0.45	2.05	0.0055	20	24.8	58	1700	64.3	72.1	75.1	0.97	0.98	0.98	6.79	3.40
1.5	2	90L	0.864	4.4	0.45	1.9	0.0066	17	27.7	58	1690	66.2	73.6	76.2	0.98	0.99	0.99	9.04	4.52
Carcasas opcionales																			
0.25	0.33	63	0.148	3.4	0.60	1.8	0.0007	31	10.2	47	1650	49.7	59.6	64.5	0.86	0.91	0.94	1.87	0.935
0.37	0.5	80	0.208	4.2	0.55	2.25	0.0025	10	15.8	55	1730	45.4	56.3	62.7	0.93	0.95	0.97	2.77	1.39
0.55	0.75	71*	0.321	3.7	0.45	1.7	0.0009	22	12.2	55	1670	51.5	63.0	69.1	0.90	0.94	0.96	3.77	1.89

Fuente: [15]

Acero AISI 1018 (Transmisión)

EQUIVALENCIAS:	
BÖHLER:	1018
IBCA:	1018
UDDEHOLM:	--
DIN:	C18
No. Mat.	1.0401

Tipo de aleación:					
C 0.20	Si 0.19	Mn 0.40	Cr -	Mo -	Ni - %
Estado de suministro: Trefilado (pulido) h11					



PROPIEDADES – APLICACIONES

Acero al carbono de mediana resistencia mecánica, buena ductilidad, fácil mecanizado y excelente soldabilidad.

Para la fabricación de partes de maquinaria sometida a bajos esfuerzos como: ejes, pines, bocines, pernos grado 2, tuercas, cuñas, remaches, arandelas y muchas aplicaciones más.

TRATAMIENTO TÉRMICO	
Normalizado:	910-930°C
Recocido:	860-880°C
Temple:	840-870°C
Dureza	255 HB
Revenido:	150-230°C

PROPIEDADES MECANICAS		
Diámetro mm	Sy (N/mm ²)	Sut (N/mm ²)
-	370	440

Fuente: [25]

Tabla 1. Parámetros del Factor de Modificación

Acabado superficial	Factor <i>a</i>		Exponente <i>b</i>
	<i>S_{utr}</i> kpsi	<i>S_{utr}</i> MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: [20]

Ecuaciones de Factor de tamaño *K_b*

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Fuente: [20]

Factor de temperatura *K_c*

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Fuente: [20]

Tabla 2. Efectos de temperatura de operación

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Fuente: [20]

Tabla 3. Factor de modificación de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_α	Factor de confiabilidad k_α
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: [20]

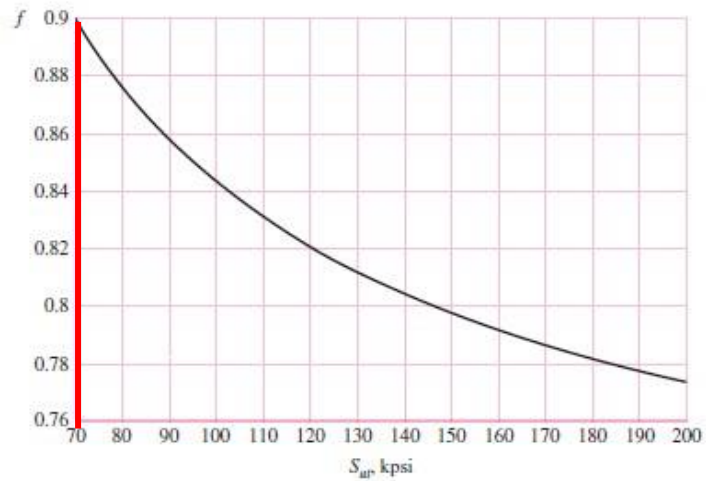


Figura 1. Factor f resistencia a la fatiga

Fuente: [20]

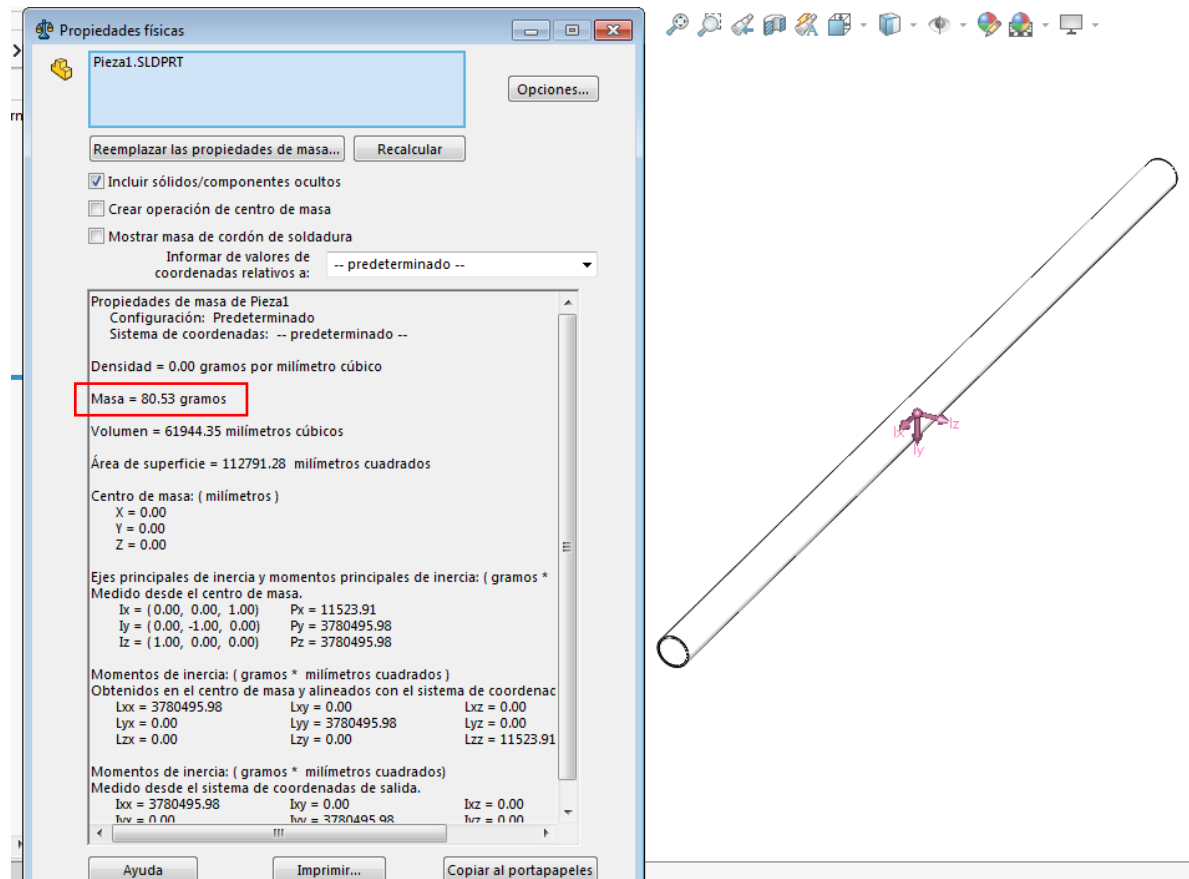


Figura 2. Tubería de PVC

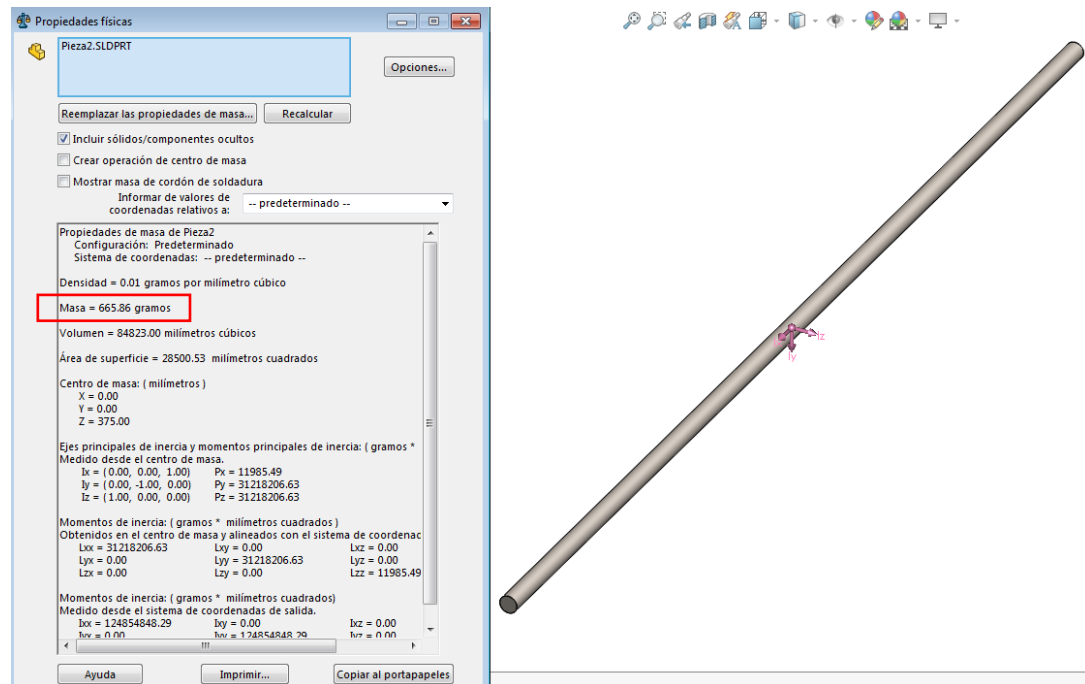


Figura 3. Varilla de Acero

El proceso de análisis inicia:

1. Modelado en 3D del eje motriz



Figura 4. Modelado

2. A continuación, se procede al mallado del eje motriz



Figura 5. Mallado

3. Por consiguiente, se debe ubicar las condiciones de contorno, iniciando por las sujeciones.

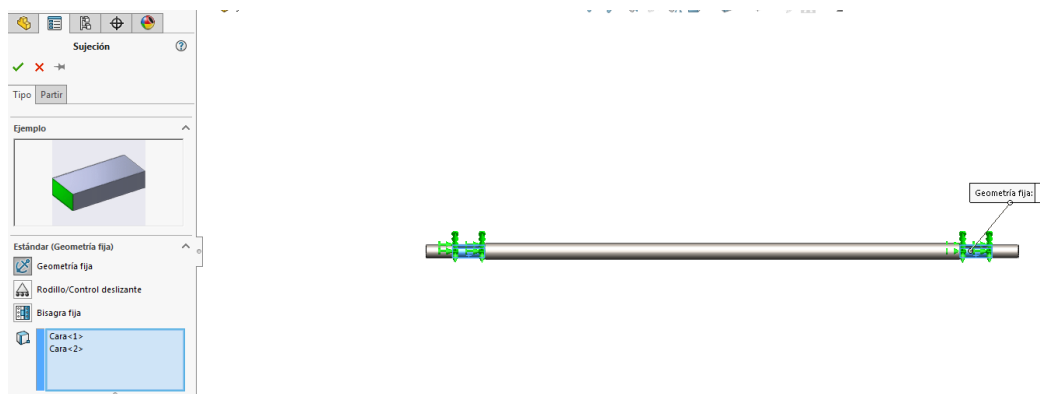


Figura 6. Ubicación de sujeciones

4. Finalmente, se debe ubicar en cada extremo cargas verticales de 4840 N.

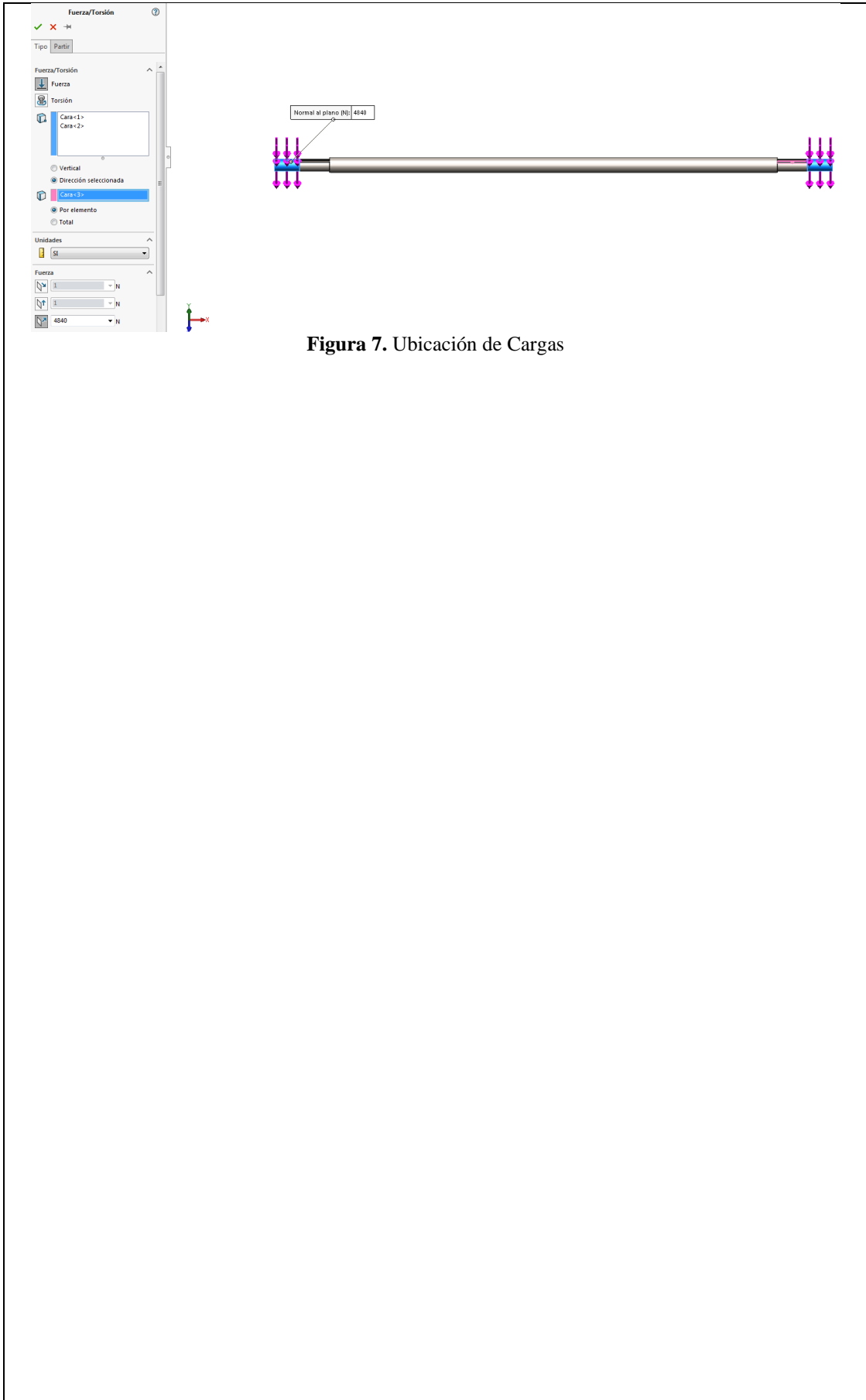


Figura 7. Ubicación de Cargas

El proceso de análisis inicia:

1. Modelado en 3D del eje motriz



Figura 8. Modelado

2. A continuación, se procede al mallado del eje motriz



Figura 9. Mallado

3. Por consiguiente, se debe ubicar las condiciones de contorno, iniciando por las sujeciones.

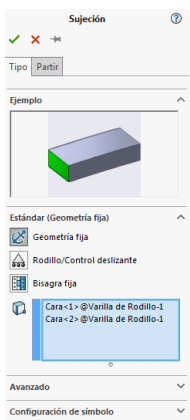


Figura 10. Ubicación de sujeciones

4. Finalmente, se debe ubicar a lo largo del rodillo cargas verticales de 9.4176 N.

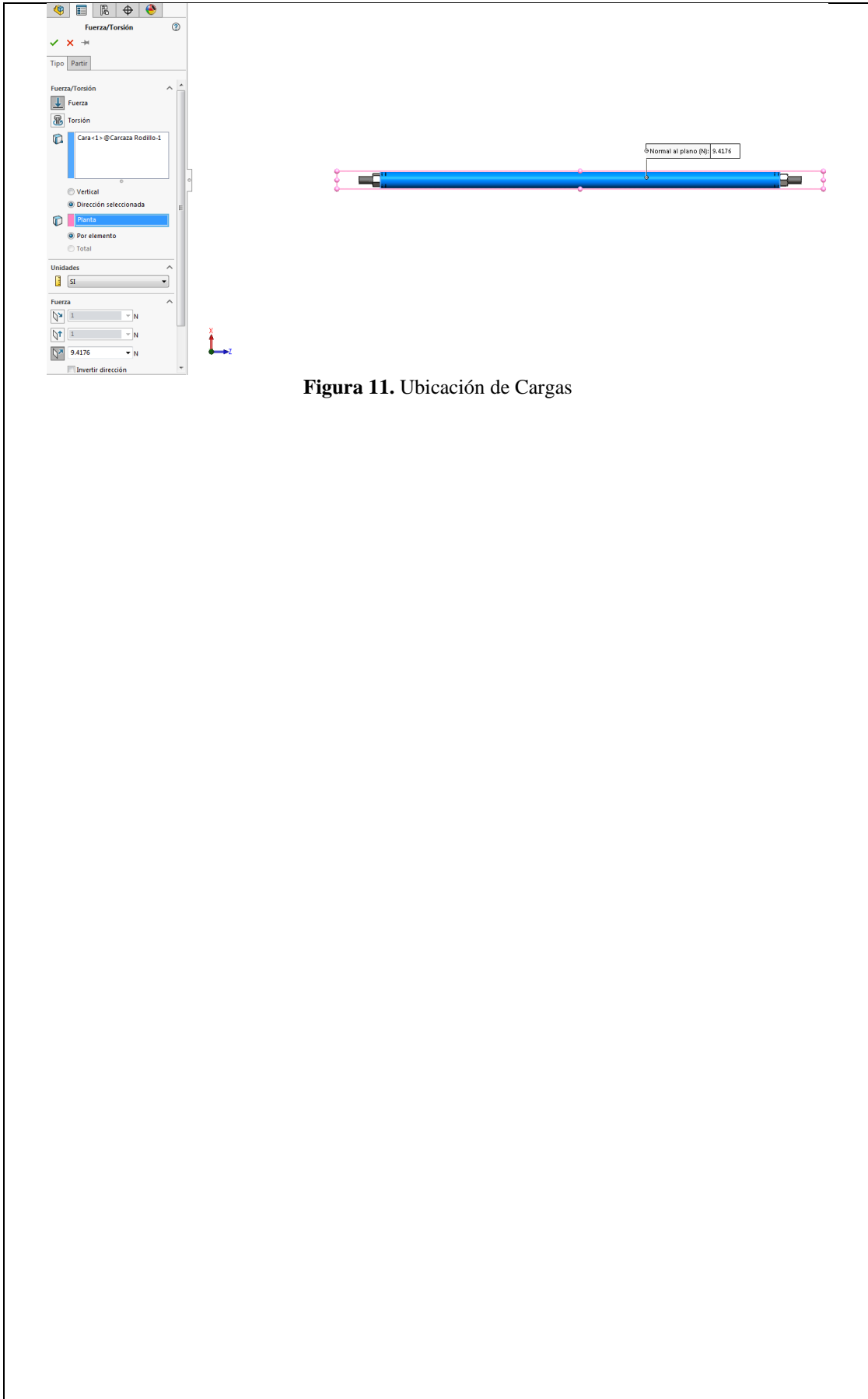


Figura 11. Ubicación de Cargas

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Anexos XIV. Proceso de análisis por el Método de Elementos Finitos de la estructura

14-14

El proceso de análisis inicia:

1. Modelado en 3D de la estructura

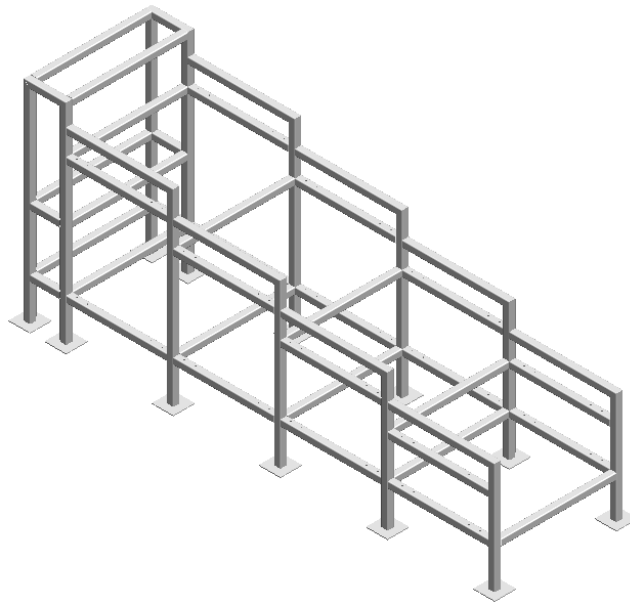


Figura 12. Modelado

2. A continuación, se procede al mallado de la estructura

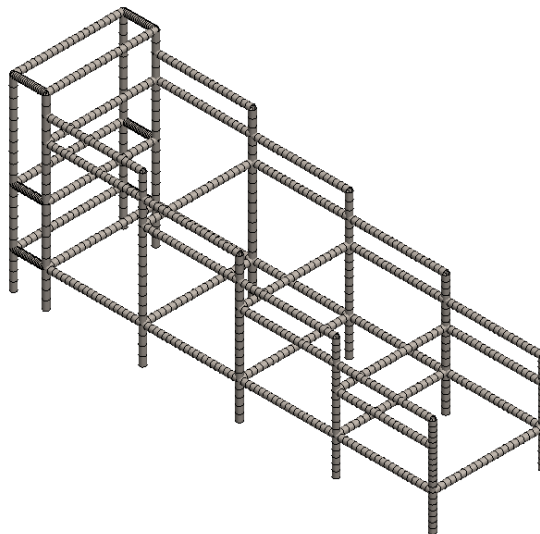


Figura 13. Mallado

3. Por consiguiente, se debe ubicar las condiciones de contorno, iniciando por las sujeciones.

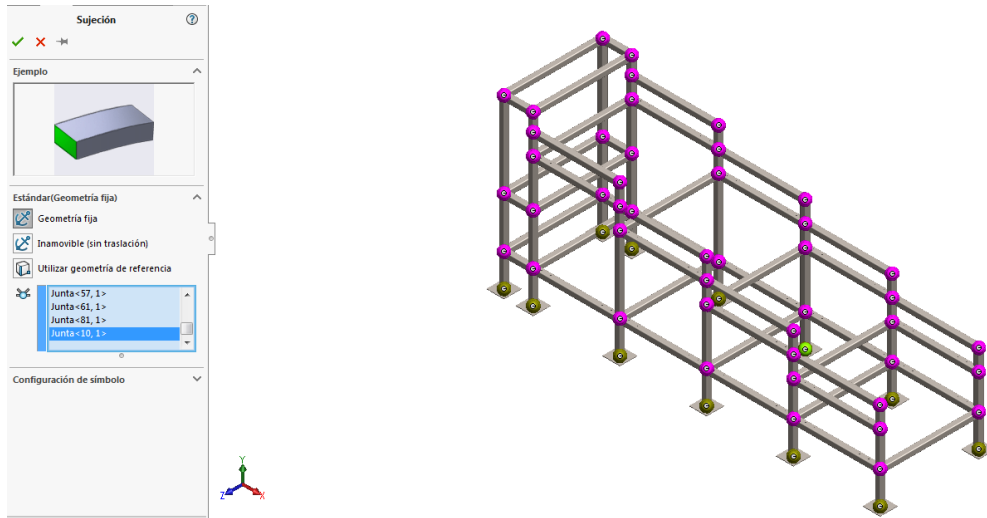


Figura 14. Ubicación de sujeciones

4. Finalmente, se debe ubicar en cada extremo cargas en la estructura de 25450.10066 N.

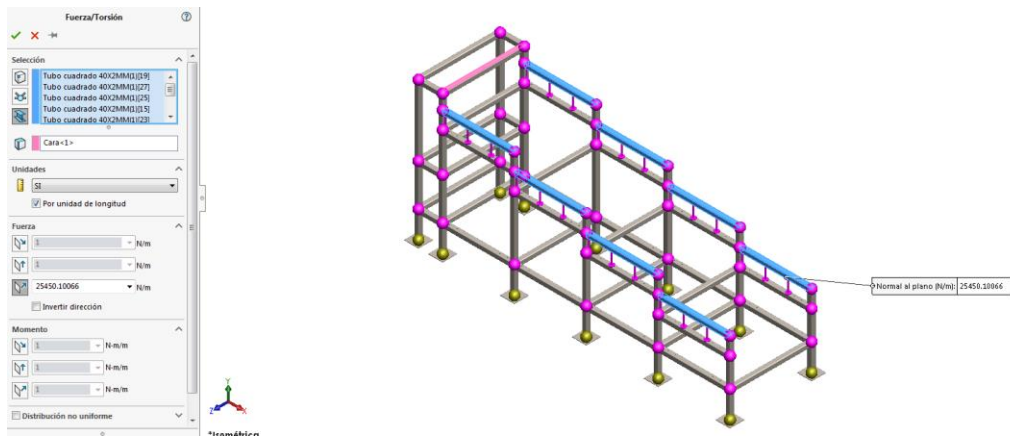
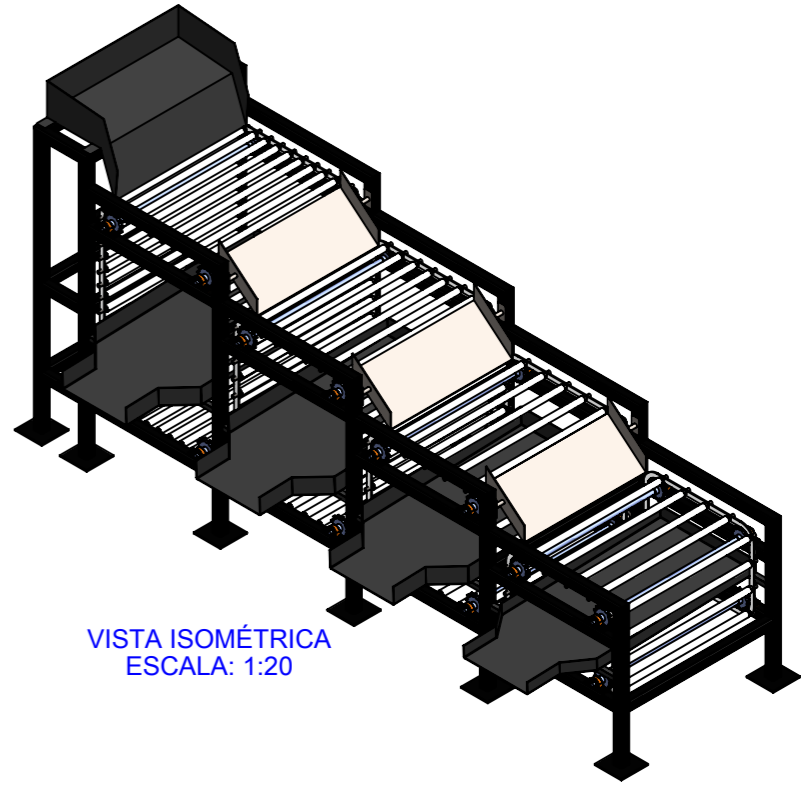
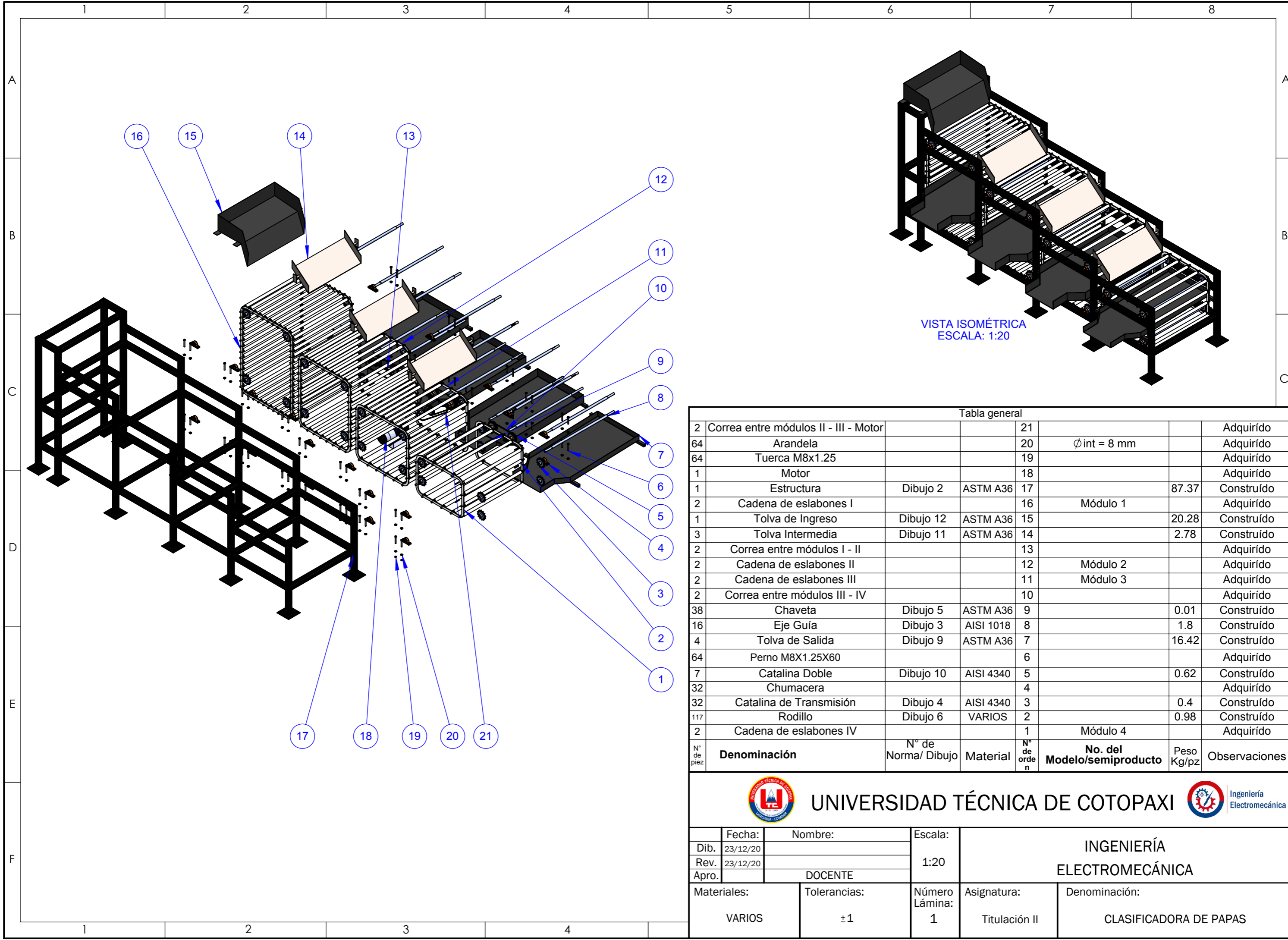


Figura 15. Ubicación de Cargas



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:20

Tabla general							
N° de pieza	Denominación	N° de Norma/ Dibujo	Material	N° de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pz	Observaciones
2	Correa entre módulos II - III - Motor			21			Adquirido
64	Arandela			20	∅ int = 8 mm		Adquirido
64	Tuerca M8x1.25			19			Adquirido
1	Motor			18			Adquirido
1	Estructura	Dibujo 2	ASTM A36	17		87.37	Construido
2	Cadena de eslabones I			16	Módulo 1		Adquirido
1	Tolva de Ingreso	Dibujo 12	ASTM A36	15		20.28	Construido
3	Tolva Intermedia	Dibujo 11	ASTM A36	14		2.78	Construido
2	Correa entre módulos I - II			13			Adquirido
2	Cadena de eslabones II			12	Módulo 2		Adquirido
2	Cadena de eslabones III			11	Módulo 3		Adquirido
2	Correa entre módulos III - IV			10			Adquirido
38	Chaveta	Dibujo 5	ASTM A36	9		0.01	Construido
16	Eje Guía	Dibujo 3	AISI 1018	8		1.8	Construido
4	Tolva de Salida	Dibujo 9	ASTM A36	7		16.42	Construido
64	Perno M8X1.25X60			6			Adquirido
7	Catalina Doble	Dibujo 10	AISI 4340	5		0.62	Construido
32	Chumacera			4			Adquirido
32	Catalina de Transmisión	Dibujo 4	AISI 4340	3		0.4	Construido
117	Rodillo	Dibujo 6	VARIOS	2		0.98	Construido
2	Cadena de eslabones IV			1	Módulo 4		Adquirido



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

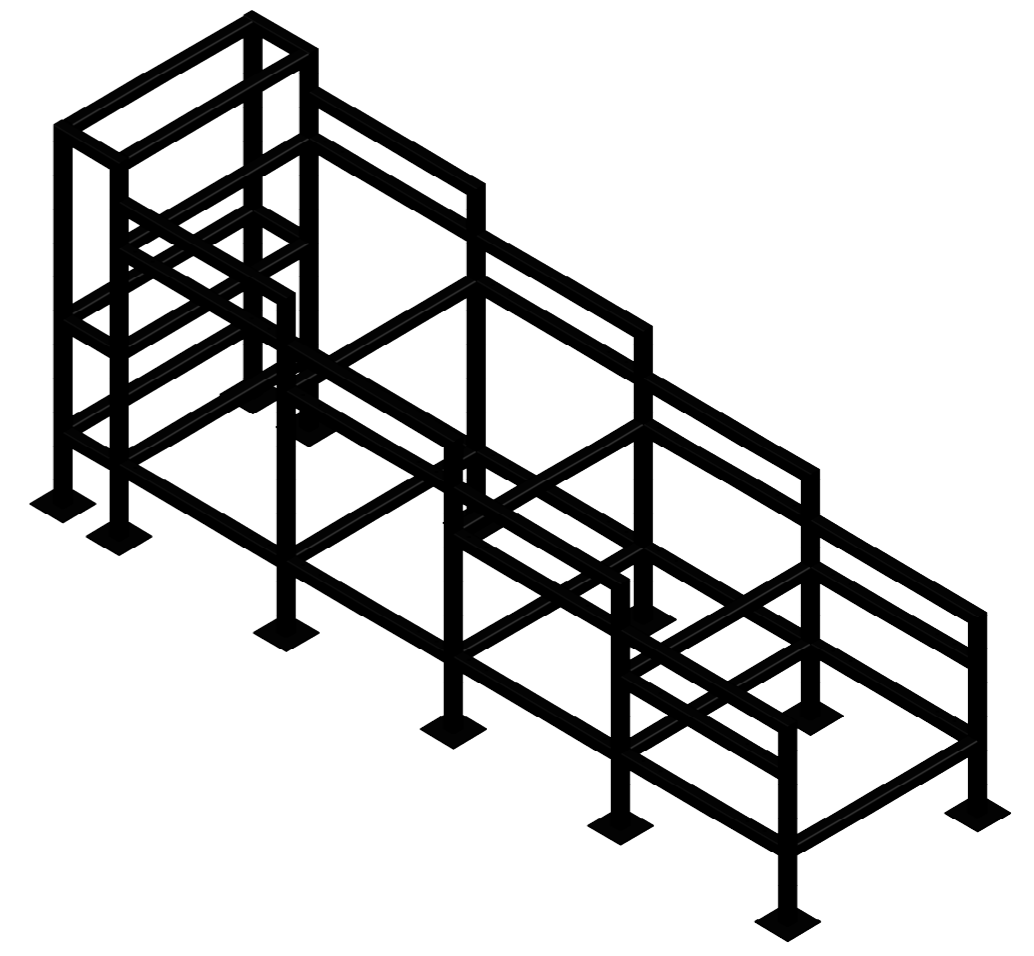
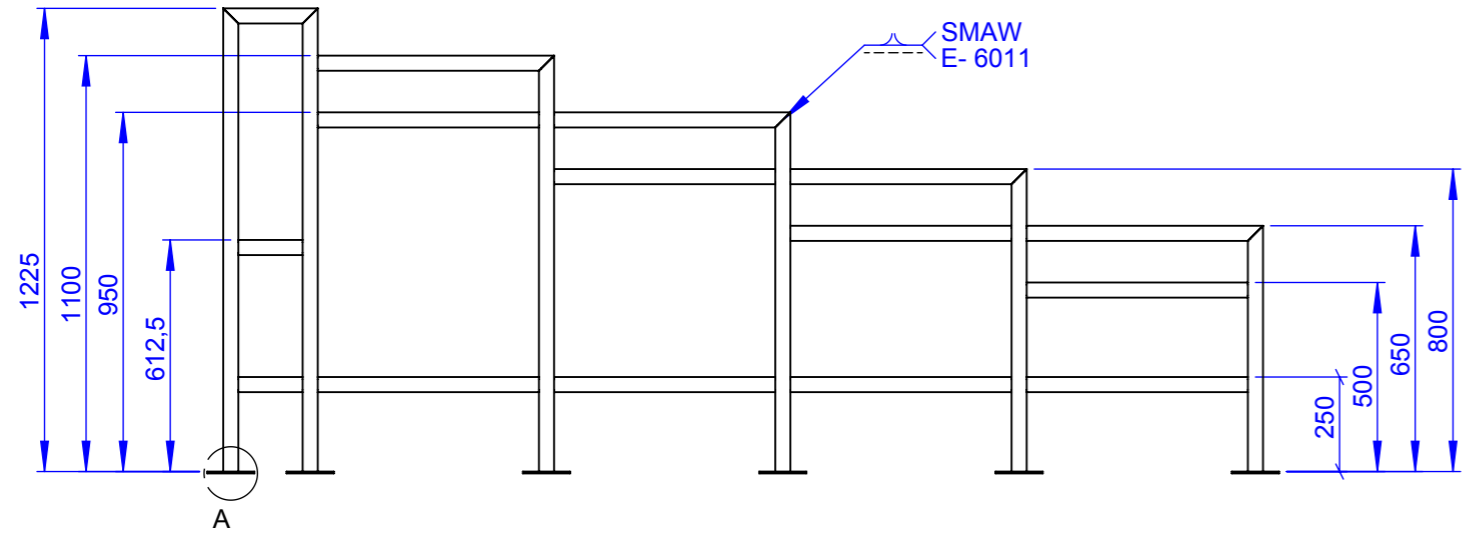


Fecha: 23/12/20		Nombre:		Escala: 1:20		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Rev. 23/12/20							
Apro. DOCENTE							
Materiales: VARIOS		Tolerancias: ±1		Número Lámina: 1		Asignatura: Titulación II	
						Denominación: CLASIFICADORA DE PAPAS	

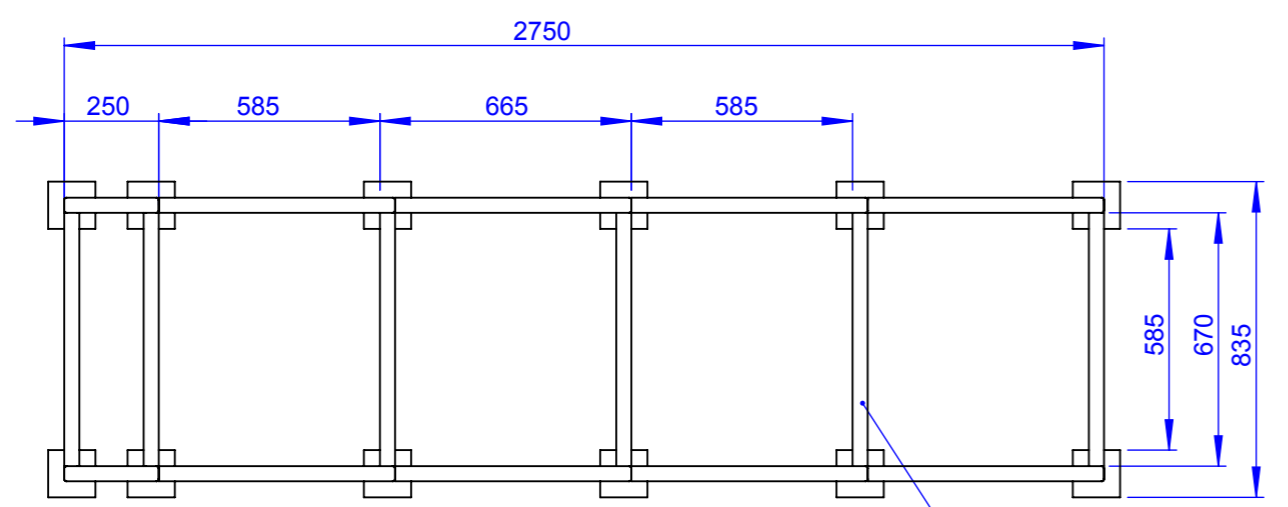
N6 Amolado - Pulido

Para toda la estructura
excepto donde se indique lo
contrario

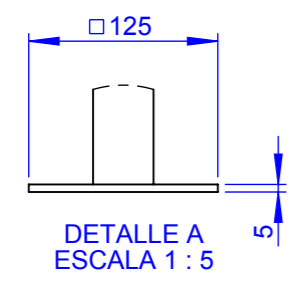
SMAW
E- 6011





VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:20



Tubo cuadrado de 40x2
Para toda la estructura
excepto donde se indique lo
contrario



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Dib. 23/12/20		1:20	
Rev. 23/12/20			
Apro.	DOCENTE		
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:
Acero ASTM A36	±1	2	Titulación II
			Denominación:
			ESTRUCTURA

1

2

3

4

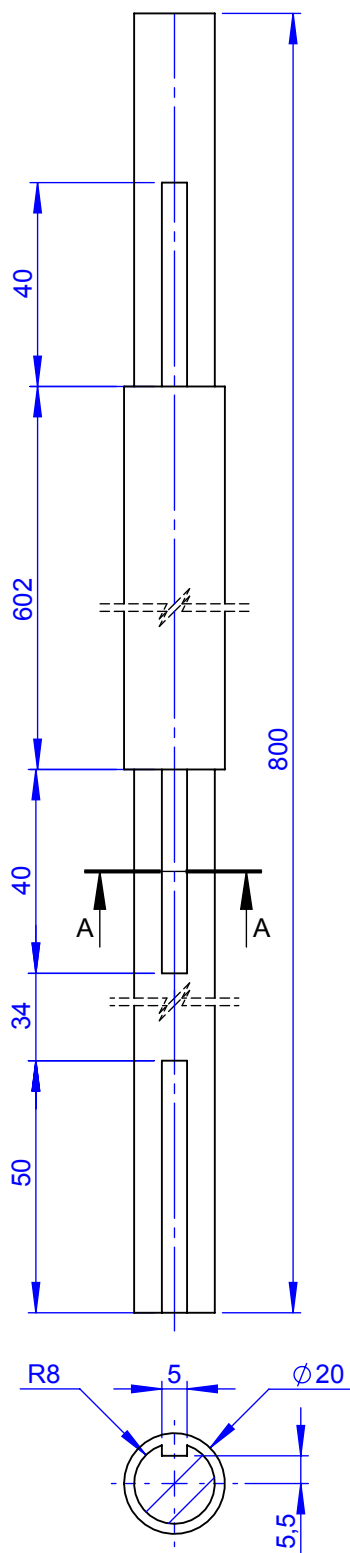
A

B

C

D

E



SECCIÓN A-A
ESCALA: 1:1

N7 Torneado



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:5

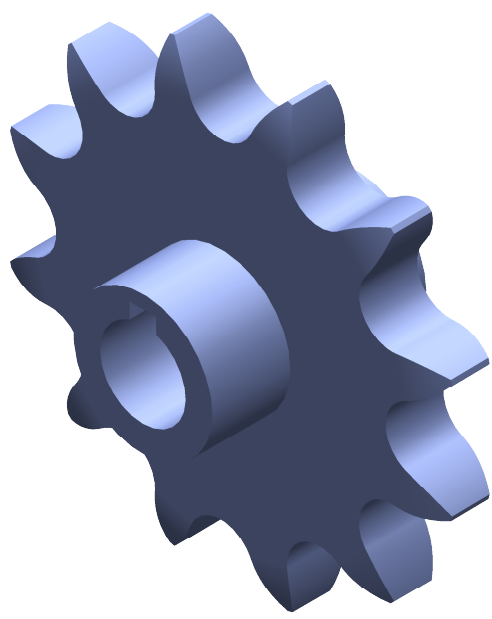
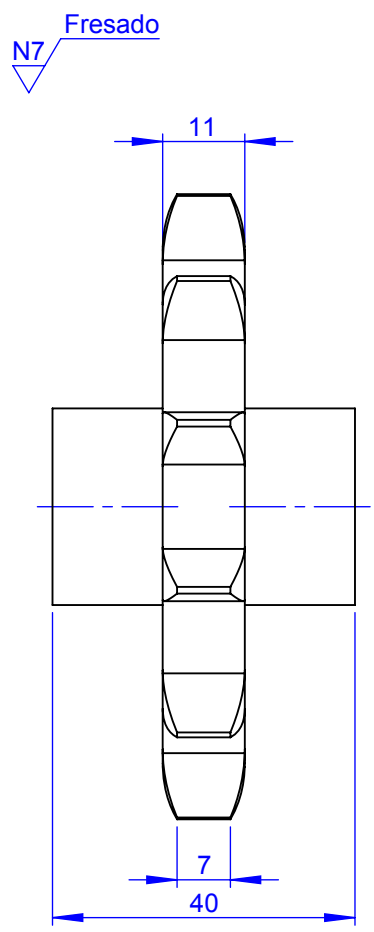
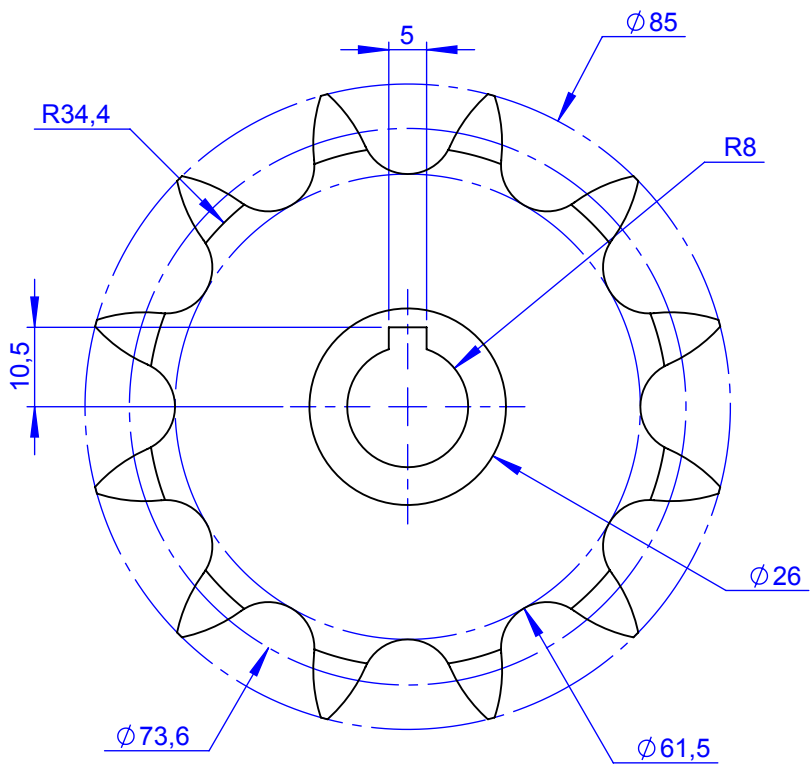


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Ingeniería
Electromecánica

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	23/12/20		1:1		
Rev.	23/12/20				
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI 1018		± 1	3	Titulación II	EJE GUÍA



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:1

Datos de la Catalina	
Paso de la cadena	19.05 mm
Diámetro de rodillo	12.07 mm
Diámetro primitivo	73.604 mm
Número de dientes	12



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Ingeniería Electromecánica

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 23/12/20		1:1		
Rev. 23/12/20				
Apro. DOCENTE				
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI 1018	± 1	4	Titulación II	CATALINA DE TRANSMISIÓN

1

2

3

4

A

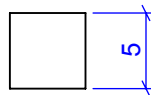
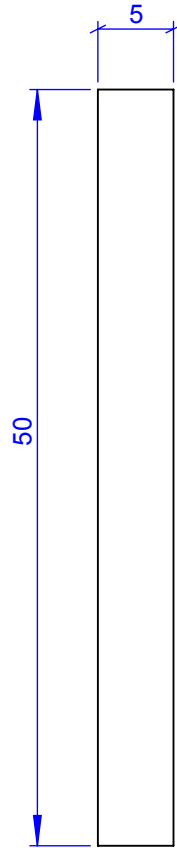
B

C

D

E

N7 Fresado

VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 2:1

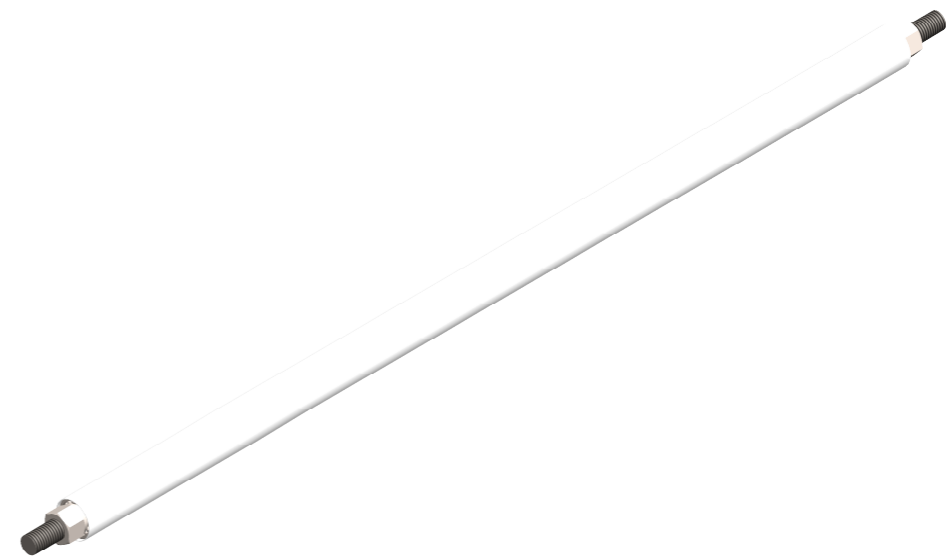
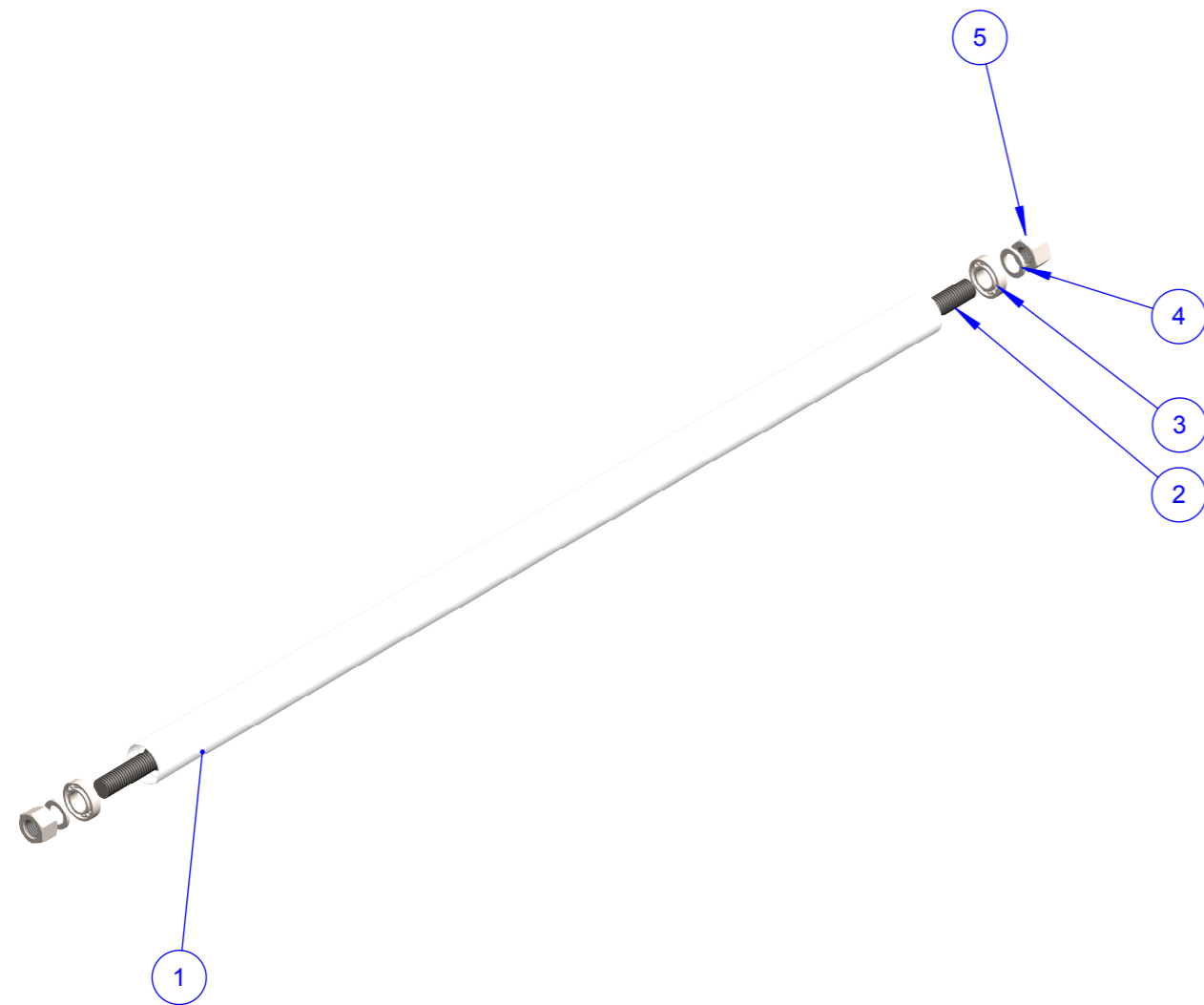


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Ingeniería
Electromecánica

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	23/12/20		2:1		
Rev.	23/12/20				
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
Acero ASTM A36		±1	5	Titulación II	CHAVETA



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:5

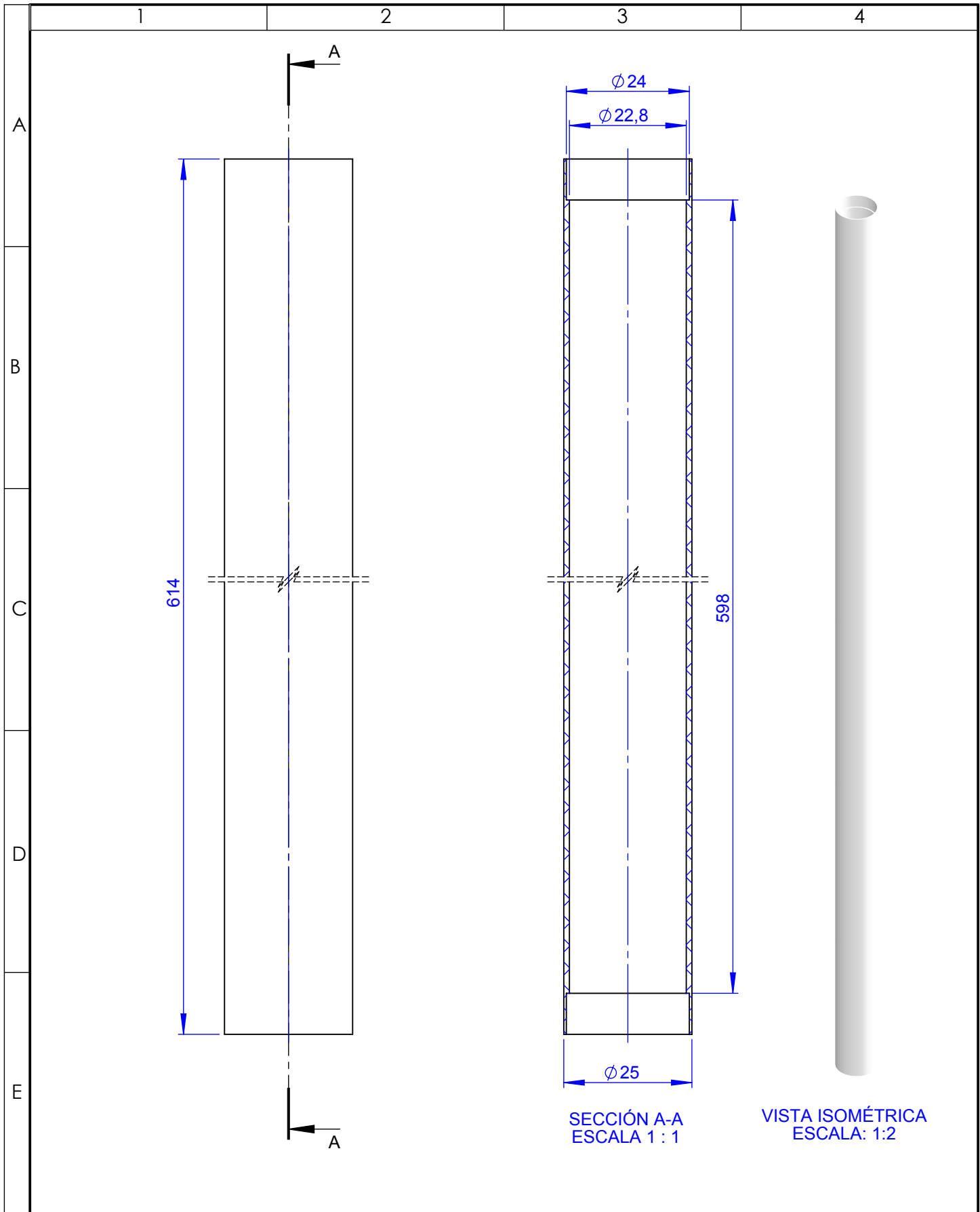
Tabla general							
2	Tuerca de Ajuste		Varios	5	M12x1.75	Adquirido	
2	Arandela		Varios	4		Adquirido	
2	Rodamiento		Varios	3	SKF 61901	Adquirido	
1	Varilla	Dibujo 8	AISI 1018	2		0.902 Construido	
1	Cuerpo Exterior del Rodillo	Dibujo 7	PVC	1		0.065 Construido	
Nº de pieza	Denominación	Nº de Norma/ Dibujo	Material	Nº de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pz	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib.	23/12/20	Nombre:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Rev.	23/12/20			1:5		
Apro.		DOCENTE				
Materiales:		Tolerancias:		Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
VARIOS		±1		6	Titulación II	RODILLO

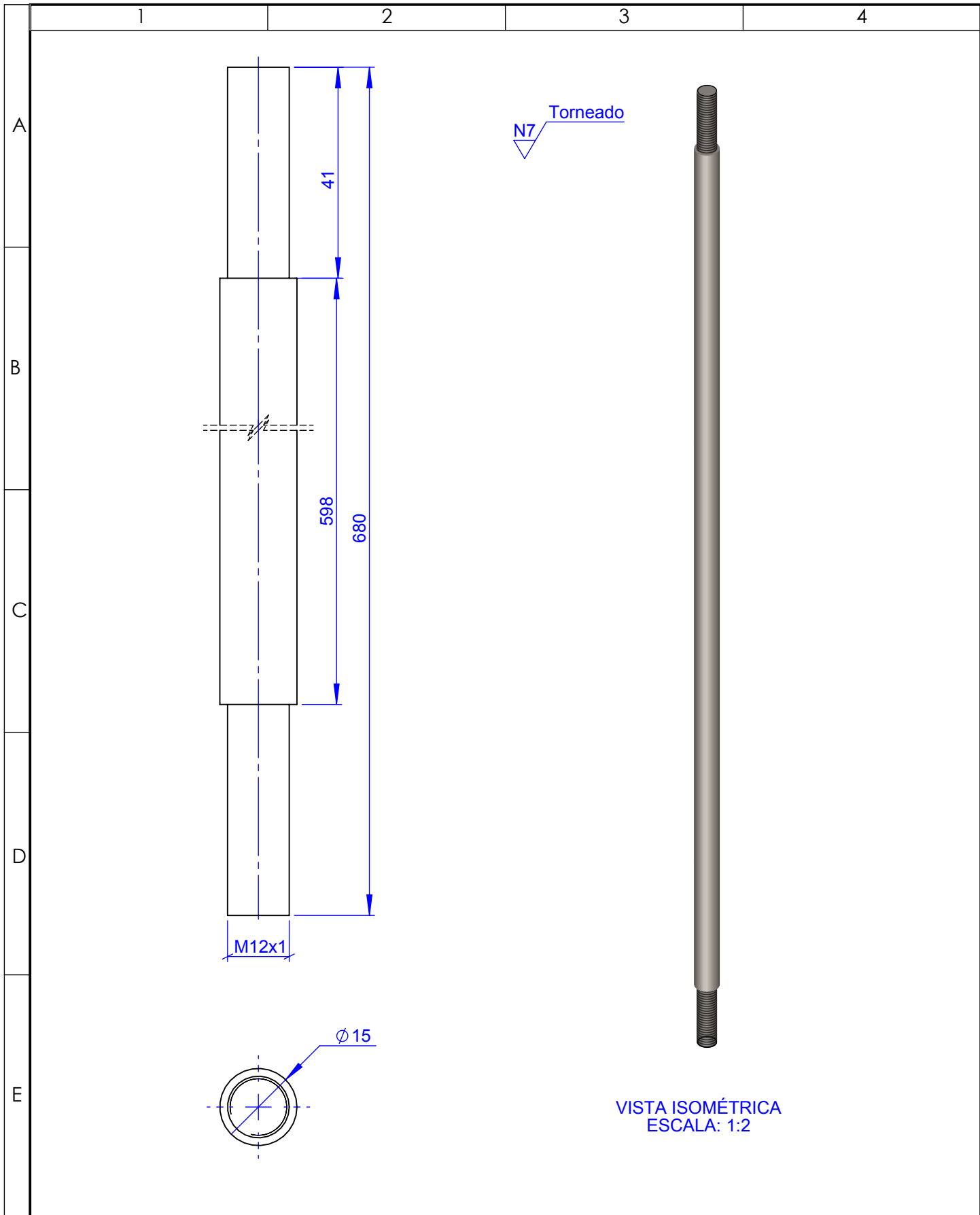


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Ingeniería Electromecánica

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	23/12/20		1:1		
Rev.	23/12/20				
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
PVC		±1	7	Titulación II	CUERPO EXTERIOR DEL RODILLO

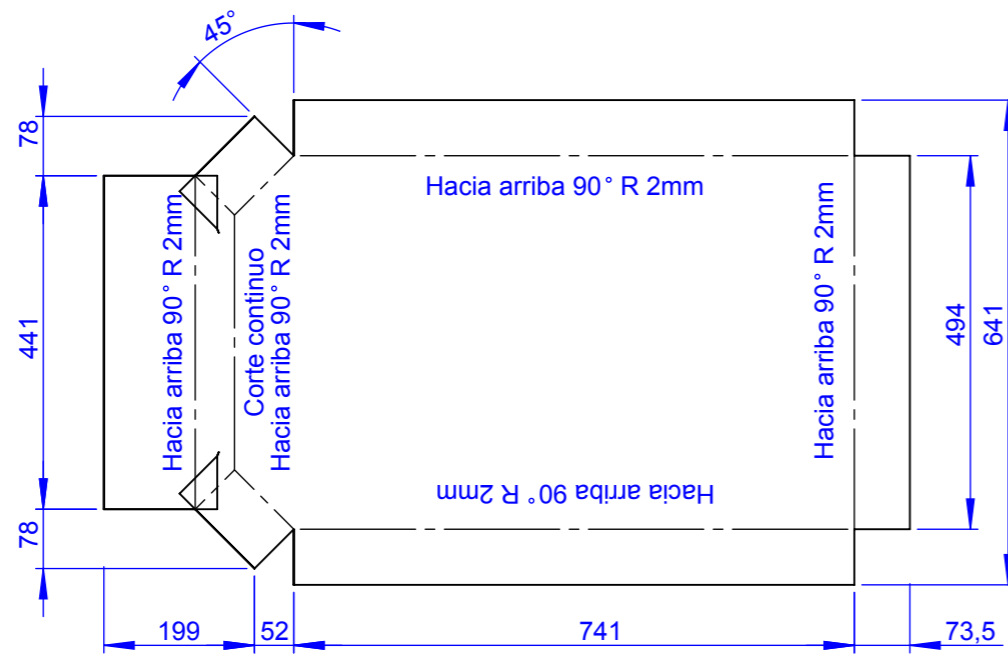


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

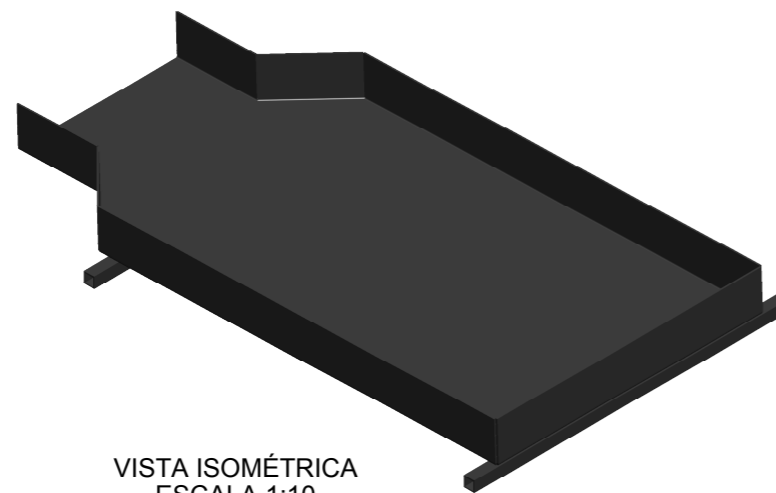
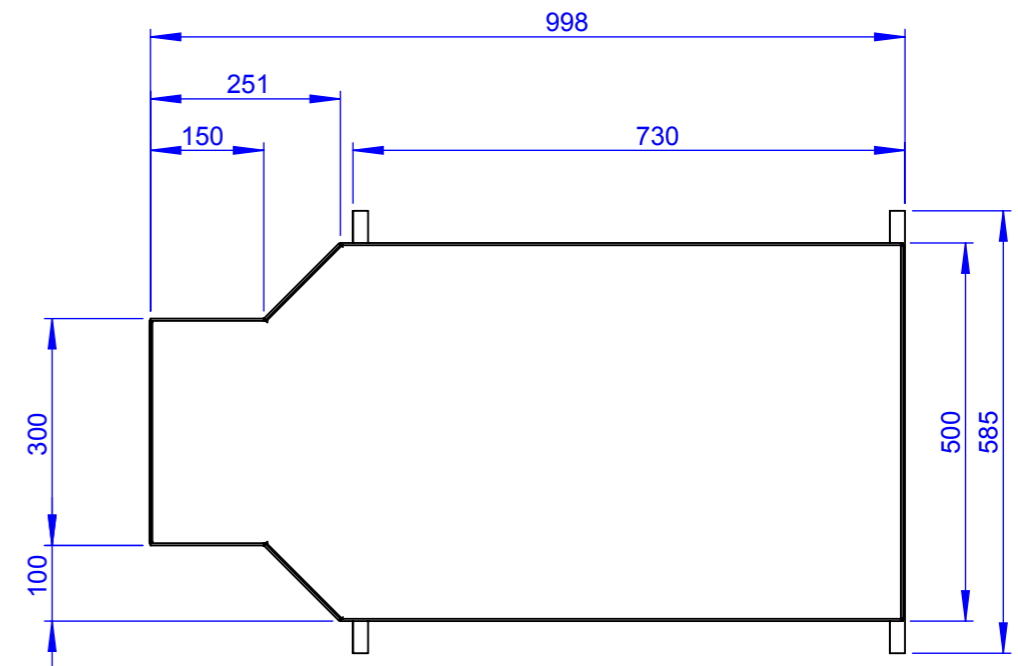


Ingeniería Electromecánica

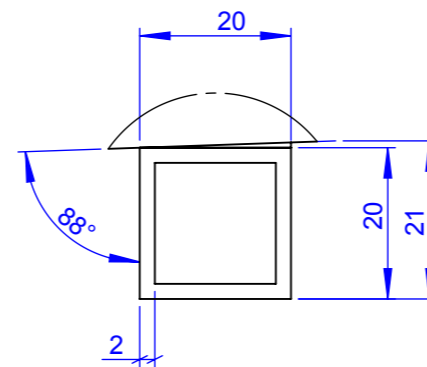
	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	23/12/20		1:1		
Rev.	23/12/20				
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
AISI 1018		± 1	8	Titulación II	VARILLA



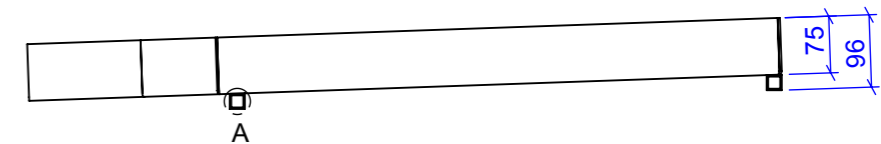
Espesor de la chapa metálica e:3 mm



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:10



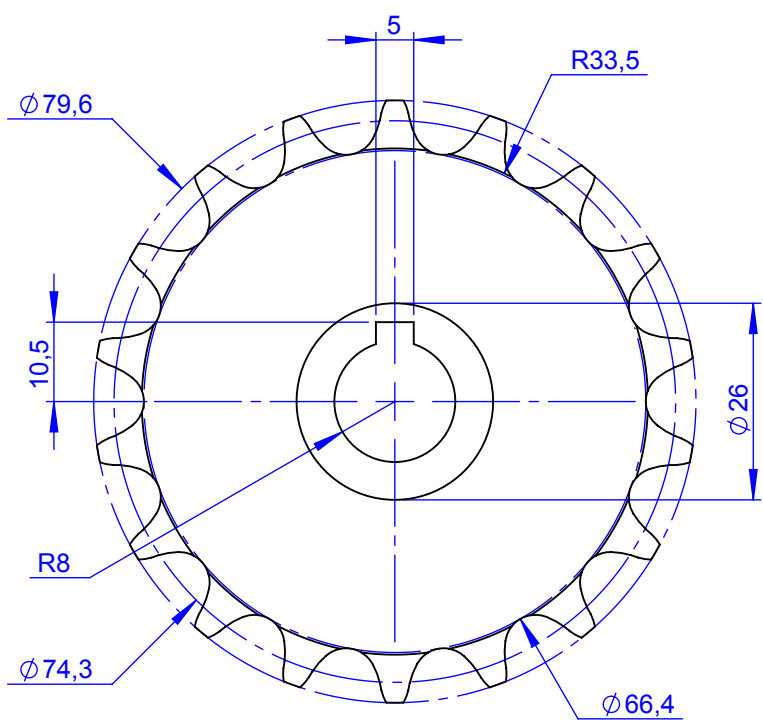
DETALLE A
ESCALA 1 : 1



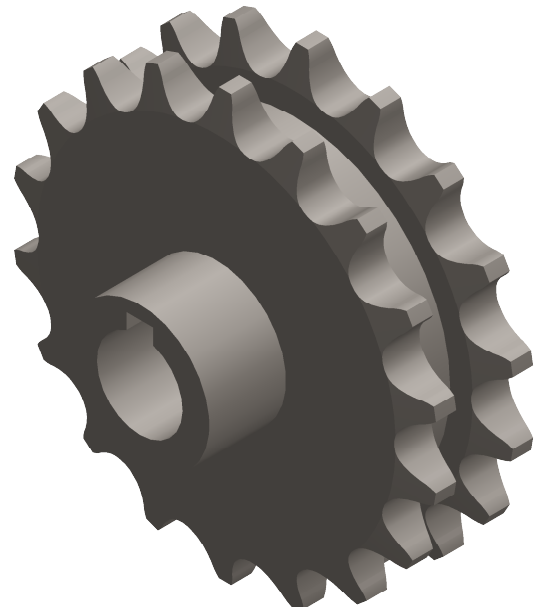
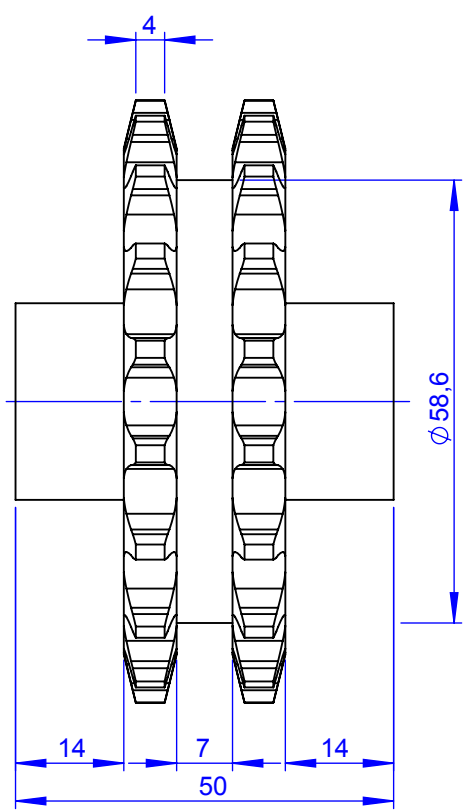
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib.	23/12/20	Nombre:		Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Rev.	23/12/20			1:10		
Apro.		DOCENTE				
Materiales:		Tolerancias:		Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
Acero ASTM A36		±1		9	Titulación II	TOLVA DE SALIDA



Fresado
N7



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:1

Datos de la Catalina	
Paso de la cadena	25.40 mm
Diámetro de rodillo	7.925 mm
Diámetro primitivo	74.265 mm
Número de dientes	18

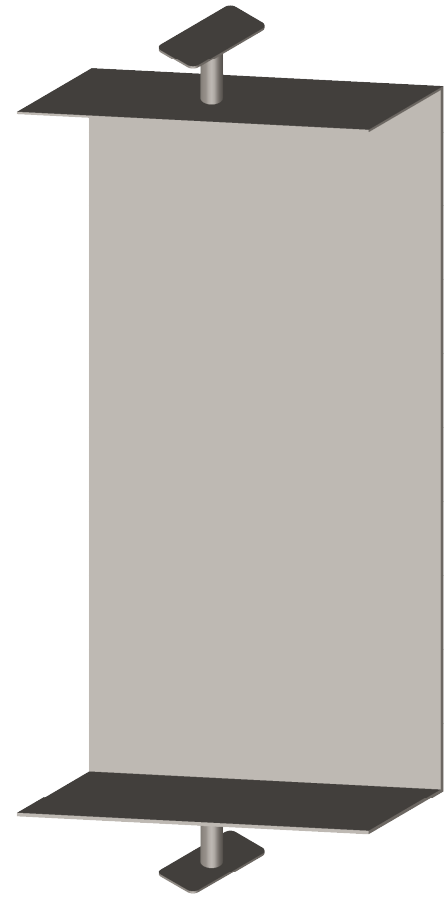
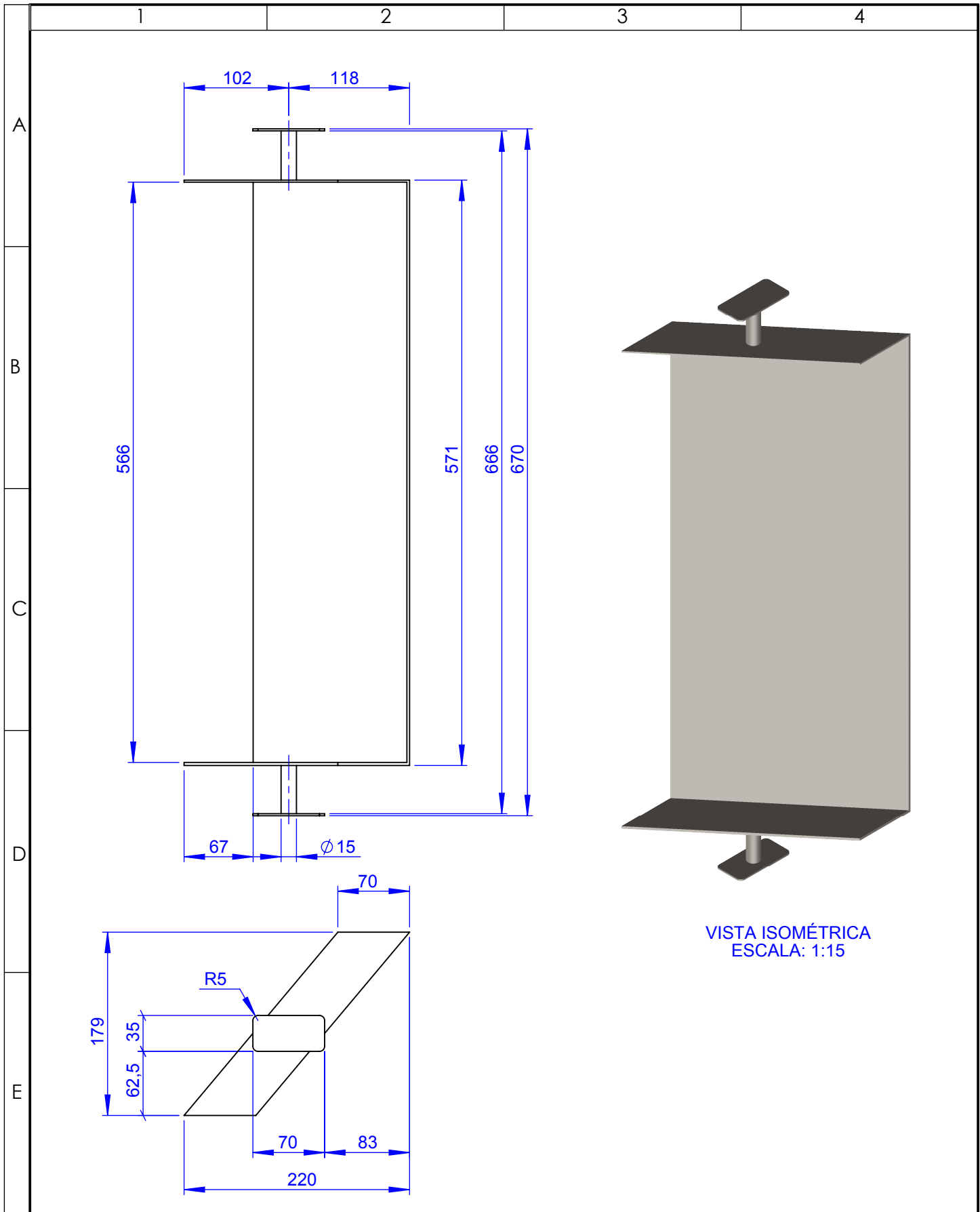


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Ingeniería
Electromecánica

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. 23/12/20		1:1			
Rev. 23/12/20					
Apro.	DOCENTE				
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:	
AISI 1018	±1	10	Titulación II	CATALINA DOBLE	



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:15

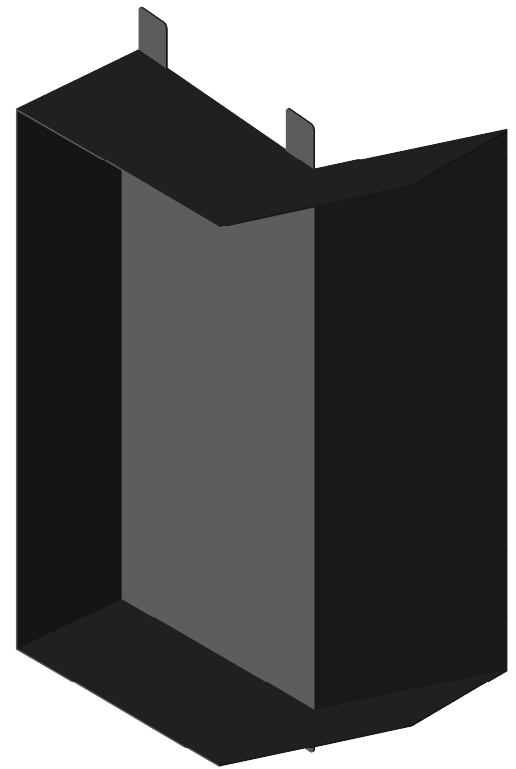
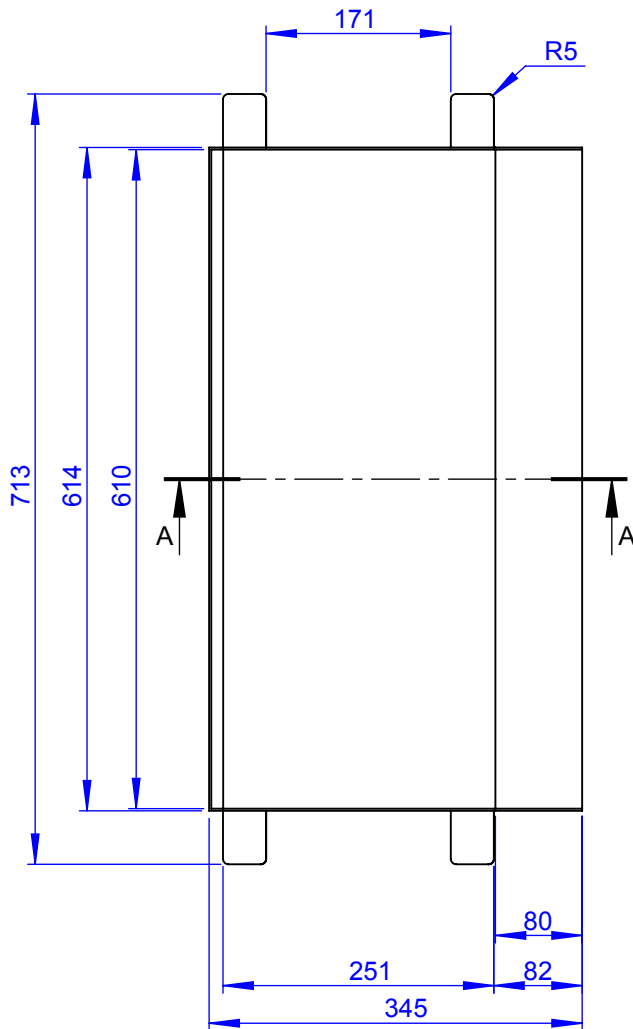


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

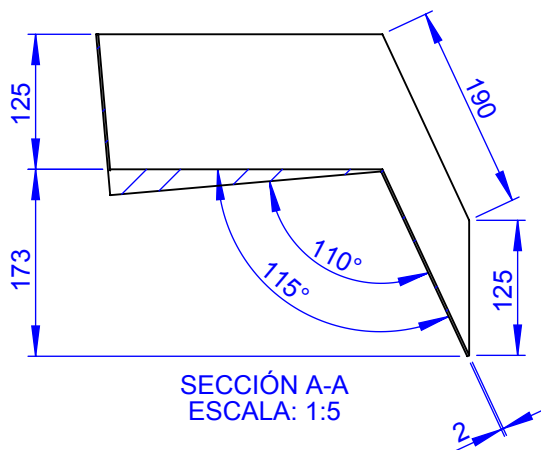


Ingeniería
Electromecánica

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 23/12/20		1:5		
Rev. 23/12/20				
Apro. DOCENTE				
Materiales:	Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
Acero ASTM A36	±1	11	Titulación II	TOLVA INTERMEDIA



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA: 1:5



SECCIÓN A-A
ESCALA: 1:5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Ingeniería
Electromecánica

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	23/12/20		1:5		
Rev.	23/12/20				
Apro.		DOCENTE			
Materiales:		Tolerancias:	Número Lámina:	Asignatura:	Denominación:
Acero ASTM A36		±1	12	Titulación II	TOLVA DE INGRESO