

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de dosificadora - selladora para polvos y granos”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la Obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Christian Omar Cevallos Parra

Christian André Romero Aguilar

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO 2020

## DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a todas aquellas personas que de alguna u otra forma han sido parte de nuestra formación, no solo durante la vida universitaria, también la educación primaria, secundaria y lo aprendido en el hogar han sido la piedra angular para formar a las personas que somos hoy en día. Especial agradecimiento a nuestras familias, que sin su apoyo nada de esto fuera posible y a aquellos profesores que, más que profesores, fueron y son amigos, tomándose nuestra educación como un reto personal, aconsejándonos y guiándonos en el camino.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por concederme días de constante aprendizaje que me permitieron seguir en este propósito de vida, a mis padres por el apoyo y tiempo brindado durante el desarrollo de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la ESPOL, de manera especial a nuestro director de trabajo de titulación, PhD. Francis Loayza, así como a los Miembros del Tribunal, por la crítica constructiva y aporte brindado en el desarrollo de esta investigación.

A profesores, compañeros, en especial a Christian Romero, mi compañero de tesis, que ha estado presente con sus palabras de aliento para continuar en el sendero de mi autorrealización.

**Christian Omar Cevallos Parra**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en mi primer lugar a Dios, que permite que todo esto sea posible.

A mis padres y hermanos que me han apoyado desde pequeño, alentándome y dándome la confianza para creer que puedo lograr cualquier objetivo que me proponga.

A mi enamorada, Daniela Jaramillo que ha sido mi apoyo desde hace muchos años, dándome aliento en los buenos y malos momentos.

A mis profesores que han sido grandes profesionales y han sabido guiarnos por una senda de rectitud y conocimiento

A mis amigos y compañeros porque sin ellos el camino hubiese sido mucho más difícil, especialmente a Christian Cevallos, mi compañero de tesis, por el esfuerzo y apoyo brindado a este proyecto.

**Christian André Romero Aguilar**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Christian Omar Cevallos Parra* y *Christian André Romero Aguilar* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Christian Cevallos Parra



---

Christian Romero Aguilar

# EVALUADOR



Firmado electrónicamente por:  
FRANCIS RODERICH  
LOAYZA PAREDES

---

PhD. Francis Loayza Paredes

Profesor Tutor

## RESUMEN

En Ecuador la producción de equipos y maquinaria es baja, por lo que las micro y pequeñas empresas deben emplear métodos artesanales de producción, utilizar equipos rústicos, o buscar equipos económicos en países lejanos como China o India. Por todo ello, se propone, el diseño de equipos personalizados que satisfagan los requerimientos del empresario; equipos de construcción nacional que suplan las necesidades de producción e inspiren a más profesionales, técnicos y empresas a desarrollar y producir tecnología en el país. Es el caso de la empresa ZARUCOFFEE que realiza los procesos de envasado y sellado de café manualmente. Este proyecto consiste en dos equipos, el primero, dosifica la cantidad exacta que marca el envase y lo deposita en él usando recipientes de volumen constante previamente diseñados, los cuales con la ayuda de un motor de paso recogen el café que deposita una tolva y el segundo sella y codifica el envase usando una banda transportadora que guía el envase a través de los sistemas de sellado de mordazas calientes y teflón y el sistema de codificado de tinta caliente. El desarrollo de estos dos equipos se basó en los requerimientos de la empresa y en un estudio de mercado para barajar las distintas opciones y encontrar la que mejor se acople a lo solicitado. El resultado final son dos equipos, el primero capaz de dosificar y envasar café de 10 o 16 onzas en un tiempo estimado de 12-16 segundos y el segundo capaz de sellar y codificar envases a una tasa de 8-16 envases por minuto. Con ello se obtiene dos productos que satisfacen las necesidades de la empresa, compiten con los precios del mercado y son de producción nacional, generando empleo y desarrollo en el país.

**Palabras Clave:** Dosificado, Envasado, Sellado, Codificado, Banda Continua.

## **ABSTRACT**

*In Ecuador, the production of equipment and machinery is scarce, thus micro and small businesses must employ artisanal production methods, use rustic or search for economic equipment in distant countries such as China or India. Therefore, the design of customized equipment that meet the client's requirements is proposed; national construction equipment that meet production needs and inspire more professionals, technicians and companies to develop and produce technology in the country. This is the case of ZARUCOFFEE Company that performs coffee packaging and sealing processes manually. This project consists of two machines, the first, doses the exact amount that marked in the bag and deposits it in it using pre-designed constant volume containers, which with the help of a stepper engine collects coffee deposited by a hopper and the second machine that seals and encodes the bag using a conveyor belt that guides it through the hot jaw and teflon sealing systems and the hot ink coding system. The development of these two machines was based on the requirements of the company and a market study to discard different options and find the one that best suits what was requested. The final result is two equipment, the first capable of dosing and packaging 10 or 16 ounces of coffee in an estimated time of 12-16 seconds and the second capable of sealing and coding containers at an estimated maximum speed of 13 meters per minute. This two products meet the needs of the company, compete with market prices and are locally produced, generating employment and development in homeland.*

**Keywords:** *Dosage, Packaging, Sealing, Coded, Continuous Band.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General .....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Marco Teórico .....	3
CAPÍTULO 2 .....	14
2. METODOLOGÍA.....	14
2.1. Diseños propuestos .....	14
2.1.1 Dosificadora de vasos volumétricos manual. ....	14
2.1.2 Dosificadora con tornillo sin fin.....	15
2.1.3 Dosificadora de balanza.....	15
2.1.4 Selladora manual por pedal. ....	16
2.1.5 Selladora continúa con banda.....	16
2.1.6 Sellador de palanca. ....	17
2.2. Criterios de Selección .....	17
2.3. Matriz de Selección.....	22

2.4.	Metodología de Diseño .....	24
2.5.	Cálculos de alternativas ganadoras .....	25
2.5.1	Diseño de Dosificadora .....	25
2.5.1.1	Diseño de Tolva.....	25
2.5.1.2	Diseño de vaso volumétrico .....	28
2.5.1.3	Soldadura .....	29
2.5.1.4	Motor de paso.....	32
2.5.1.5	Soporte .....	34
2.5.1.5.1	Cálculo de Cargas y Esfuerzos .....	34
2.5.1.5.2	Factor de Seguridad .....	37
2.5.1.6	Interruptor de pie .....	37
2.5.1.7	Pistones a gas .....	39
2.5.1.8	Montaje del equipo.....	39
2.5.2	Diseño de selladora de Banda Continua .....	40
2.5.2.1	Banda Transportadora .....	41
2.5.2.1.1	Material de Banda Transportadora .....	41
2.5.2.1.2	Estructura.....	42
2.5.2.2	Sistema de Transmisión de potencia .....	46
2.5.2.3	Sistema de Sellado y Codificado.....	48
2.5.2.3.1	Motor.....	48
2.5.2.3.2	Calor necesario y Resistencias eléctricas.....	49
2.5.2.3.3	Sistema de Codificado.....	50
CAPÍTULO 3	.....	51
3.	RESULTADOS Y ANALISIS .....	51
3.1	Dosificadora.....	52
3.1.1	Dimensiones de Tolva .....	52
3.1.2	Esfuerzos en Tolva .....	52

3.1.3 Dimensiones de vaso volumétrico.....	53
3.1.4 Esfuerzos en soldadura.....	53
3.1.5 Estimación de pesos.....	54
3.1.6 Análisis de Esfuerzos.....	54
3.1.7 Obtención del factor de seguridad del soporte.....	56
3.1.8 Selección del motor paso a paso.....	56
3.1.9 Vista en CAD de diseño de dosificadora final.....	57
3.2 Resultados de Selladora y Codificadora.....	58
3.2.1 Banda Transportadora.....	58
3.2.2 Sistema de Transmisión de Potencia.....	59
3.2.3 Sistema de Sellado y Codificado.....	61
3.2.4 Vista en CAD de diseño de dosificadora final.....	63
3.3 Materiales y costos.....	64
3.3.1 Materiales y Costos de Dosificadora.....	64
3.3.2 Materiales y Costos de Selladora y Codificadora.....	66
3.3.3 Cálculo del VAN y TIR.....	67
3.4 Análisis de Resultados.....	68
3.4.1 Dosificadora.....	69
3.4.2 Selladora de banda continua.....	70
3.4.3 Análisis de costos.....	72
CAPÍTULO 4.....	74
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
4.1 Conclusiones.....	74
4.2 Recomendaciones.....	75
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICES	

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
AISI	American Iron and Steel Institute
AWS	American Welding Society
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding

## SIMBOLOGÍA

g	Gramos
mg	Miligramos
kg	Kilogramos
mm	Milímetros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
m <sup>4</sup>	Metros a la cuarta
s	Segundos
min	Minutos
m/s	Metros por segundo
rpm	Revoluciones por minuto
rad/s	Radianes por segundo
N	Newton
Pa	Pascales
MPa	Mega Pascales
°C	Grados Celsius
V	Vatios
A	Amperios
W	Watts
Hz	Hertz

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Exportaciones Ecuador 2017.....	3
Figura 1.2 Proceso del Café Molido. ....	4
Figura 1.3 Dosificadora Volumétrica de Plato Giratorio. ....	7
Figura 1.4 Dosificadora de Tornillo Sin Fin.....	8
Figura 1.5 Dosificadora por medio de Balanzas. ....	8
Figura 1.6 Dosificadora de Balanza y Tornillo. ....	9
Figura 2.1 Dosificadora de discos giratorios. ....	14
Figura 2.2 Dosificadora de tornillo sin fin.....	15
Figura 2.3 Dosificadora de Balanza.....	15
Figura 2.4 Selladora de pedal. ....	16
Figura 2.5 Selladora de Banda Continua.....	16
Figura 2.6 Selladora de palanca.....	17
Figura 2.7 Código MATLAB para T-test.....	19
Figura 2.8 Casa de calidad para dosificadora. ....	20
Figura 2.9 Casa de Calidad Selladora-Codificadora.....	21
Figura 2.10 Diagrama de la Tolva. ....	26
Figura 2.11 Disco giratorio y Vasos volumétricos para presentación de 16 onzas.....	28
Figura 2.12 Disco Giratorio y Vasos Volumétricos para presentación de 10 onzas. ....	29
Figura 2.13 Programación para la configuración ARDUINO y motor stepper. ....	33
Figura 2.14 Diagrama de Conexión de ARDUINO.....	33
Figura 2.15 Diagrama plataforma superior, vista superior. ....	34
Figura 2.16 Diagrama de plataforma superior, vista inferior. ....	35
Figura 2.17 Diagrama de cuerpo libre del soporte.....	36
Figura 2.18 Funcionamiento del interruptor de pie. ....	38
Figura 2.19 Conexión del interruptor de pie.....	38
Figura 2.20 Selladora de banda continua.....	41
Figura 2.21 Banda transportadora.....	41
Figura 2.22 Fuerzas y Reacciones. ....	42
Figura 2.23 Diagrama de Fuerzas Cortantes.....	43
Figura 2.24 Diagrama de Momentos Flectores.....	43
Figura 2.25 Rodillo principal de Banda Transportadora.....	44
Figura 2.26 Rodillo libre y Bases de Banda Transportadora.....	45

Figura 2.27 Diagrama de Engranajes para transmisión de Potencia. ....	47
Figura 2.28 Diagrama de Sistema de Sellado. ....	48
Figura 2.29 Servo Motor.....	49
Figura 2.30 Diagrama de Sistema de Codificado. ....	50
Figura 3.1 Caja y bigotes de la masa de distintos niveles de tueste. ....	51
Figura 3.2 Análisis de esfuerzos en tolva al 35% de su capacidad, (ANSYS). ....	53
Figura 3.3 Análisis de esfuerzos en soporte vista 3D. ....	55
Figura 3.4 Análisis de esfuerzos en soporte vista inferior 3D. ....	55
Figura 3.5 Motor de paso para Dosificadora.....	57
Figura 3.6 Dosificadora de Polvos y Granos, vista 3D superior. ....	57
Figura 3.7 Banda Transportadora, vista 3D. ....	58
Figura 3.8 Sistema de Transmisión de Potencia, vista 3D.....	60
Figura 3.9 Sistema de Transmisión de Potencia, vista superior. ....	60
Figura 3.10 Sistema de Sellado, vista 3D.....	61
Figura 3.11 Sistema de Codificado, vista 3D.....	62
Figura 3.12 Selladora-Codificadora, vista 3D. ....	63
Figura 3.13 Selladora de Banda Continua, Vista en explosión. ....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos tomados para café molido, tueste medio. ....	18
Tabla 2.2 Datos tomados para café molido, tueste medio-oscuro. ....	18
Tabla 2.3 Puntuación de Tipo de Dosificadora. ....	23
Tabla 2.4 Puntuación de Tipo de Llenado. ....	23
Tabla 2.5 Puntuación de Tipo de Selladora. ....	24
Tabla 2.6 Dimensiones de sección de tolvas de acuerdo al volumen. (ACRISON).....	27
Tabla 2.7 Composición química del Acero AISI 304. ....	30
Tabla 2.8 Composición química del Electrodo ER308L. ....	30
Tabla 2.9 Propiedades mecánicas del Electrodo ER308L. ....	30
Tabla 3.1 Geometría de tolva. ....	52
Tabla 3.2 Resultado de fuerzas y momentos sobre el soporte. ....	54
Tabla 3.3 Resultados de inercia y momento torsor del soporte. ....	54
Tabla 3.4 Resultados de esfuerzos normales y cortantes. ....	55
Tabla 3.5 Especificaciones necesarias del motor paso a paso. ....	57
Tabla 3.6 Características de Banda Transportadora. ....	58
Tabla 3.7 Resultados de Análisis de Falla en los elementos críticos. ....	59
Tabla 3.8 Resultados, parámetros para cada elemento de transmisión de potencia. ...	61
Tabla 3.9 Características de motor Servo. ....	63
Tabla 3.10 Costo de materiales y equipos.....	65
Tabla 3.11 Costo de manufactura del equipo. ....	65
Tabla 3.12 Materiales, Herramientas y Procesos para Selladora-Codificadora. ....	66
Tabla 3.13 Flujos de caja de Enero a Diciembre del año 2020, empresa Zarucoffee. ..	67
Tabla 3.14 Representación de flujo de caja al 5%, 10% y 20%. ....	68
Tabla 3.15 Resultados de VAN y TIR.....	68

## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 3D Tolva.
- PLANO 2 3D plataforma superior.
- PLANO 3 3D plataforma inferior.
- PLANO 4 3D motor paso a paso.
- PLANO 5 3D vaso volumétrico 16 onzas.
- PLANO 6 3D vaso volumétrico 10 onzas.
- PLANO 7 3D explosión dosificadora.
- PLANO 8 3D. Estructura de Banda Transportadora
- PLANO 9 3D. Rodillo Principal de Banda Transportadora.
- PLANO 10 3D. Banda Transportadora.
- PLANO 11 3D. Vista en Explosión de Banda Transportadora.
- PLANO 12 3D. Servo Motor.
- PLANO 13 3D. Eje hacia Banda Transportadora y Engranés Cónicos.
- PLANO 14 3D. Timing Belt y Tensor para transmitir potencia desde el Sistema de Sellado a Sistema de Codificado.
- PLANO 15 3D. Engranés Utilizados en Sistema de Transmisión de Potencia.
- PLANO 16 3D. Vista en Explosión de Sistema de Transmisión de Potencia.
- PLANO 17 3D Polea Doble para cinta de teflón y banda de hule.
- PLANO 18 3D Polea Simple para cinta de teflón.
- PLANO 19 3D Mordazas para calentar, con ranura para resistencia eléctrica.
- PLANO 20 3D Mordazas para enfriar.
- PLANO 21 3D Rodillos de sellado.
- PLANO 22 3D Ventilador para enfriamiento.
- PLANO 23 Vista en explosión del Sistema de Sellado.
- PLANO 24 Vista en explosión de Selladora-Codificadora.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1.Descripción del problema

El Ecuador se ha caracterizado por ser un país de gente trabajadora y amable, por ser un país de una inmensa riqueza mineral, animal y vegetal; un pequeño territorio con una gran biodiversidad y decenas de distintas culturas. Ecuador tiene una gran variedad de climas y microclimas que propician las condiciones ideales para que en ellos subsistan el 8% de las especies animales y el 18% de las especies de aves del planeta (Flora y Fauna, 2017). Sucede lo mismo con el reino vegetal, la variedad de plantas ornamentales, comestibles y maderables no es fácil de contabilizar. En este país se puede encontrar cualquier tipo de paisaje imaginable, desde gélidos nevados y humeantes volcanes, hasta playas de arena blanca y el inmenso amazonas; desde el nivel del mar hasta los 6264 metros sobre el nivel de mar en el volcán Chimborazo, todo esto en un poco más de 280.000 km<sup>2</sup> de extensión territorial. Cuanto se podría hacer en un lugar así.

En cuanto al **aspecto económico**, la realidad del Ecuador y de la región es poco alentadora, la alta dependencia del país por el petróleo ocasionó que durante décadas toda la atención se enfocara en la extracción del crudo, descuidando otros sectores de vital importancia y potencial futuro como el sector agrícola, el sector ganadero y el sector pesquero y otros sectores relacionados con productos y servicios como el turismo. En el **aspecto técnico**, la falta de inversión en desarrollo tecnológico ha estancado el crecimiento industrial del sector y obtener maquinaria del exterior resulta muy costoso. Esto ha llevado a que solo grandes corporaciones sean las únicas en poder importar maquinaria para producción de alta velocidad y que el pequeño productor se tenga que conformar con maquinaria rústica poco tecnificada, sin que exista un punto medio. Una dosificadora automatizada, que también selle el envase significaría un gran ahorro de tiempo para el pequeño productor lo que implica jornadas laborales más cortas y velocidad de producción más alta. Producir

maquinaria localmente motivaría a promover una industria poco explotada y a desarrollar nuevas y mejores ideas para equipos conocidos o por ser desarrollados. Promovería el uso de maquinaria no solo en el sector cafetero si no en muchos otros sectores, dejando de lado prácticas antiguas, algunas incluso peligrosas y extenuantes preservando así la salud del trabajador ecuatoriano. En el **aspecto social**, se generaría empleo en líneas de producción de maquinarias para ingenieros, técnicos y obreros; esto influye directamente en **aspectos de salud pública, y de bienestar** puesto que, al generar empleo en territorio ecuatoriano, el empleador está obligado a asegurar la salud del empleado en una relación de dependencia, según lo dispone la ley ecuatoriana. En cuanto al **aspecto ambiental**, la producción de maquinaria tendría un impacto negativo, el cual deberá de ser controlado y minimizado en lo posible, siguiendo las normas y leyes ambientales que rigen en el país. El producto final, deberá cumplir con las normas dispuestas por el INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización) para garantizar un equipo seguro para el usuario o cliente y así cumplir con los **aspectos de seguridad**, aspectos detallados en la Norma **NTE INEN-ISO 45001** fortaleciendo indirectamente los aspectos anteriormente mencionados.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo General

Diseñar un prototipo de una máquina dosificadora y selladora para polvos y granos que optimice la producción de pequeñas empresas.

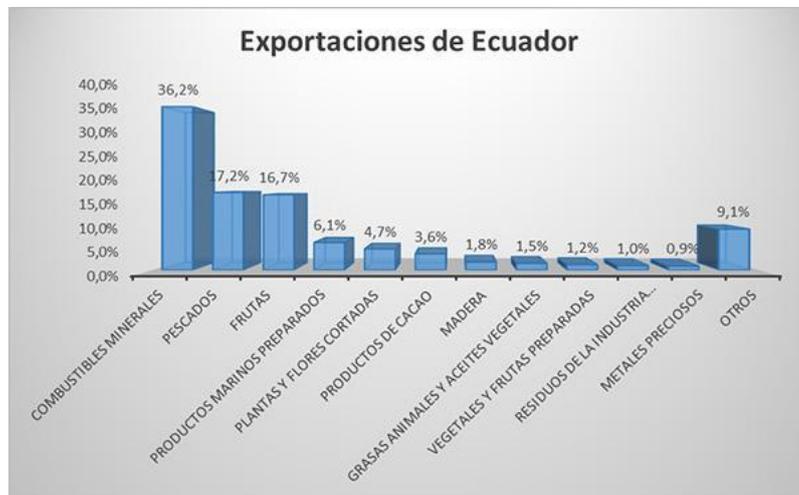
### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Ofrecer varias opciones de solución a la problemática.
- Investigar si la variación de densidad debido a la humedad del producto influye significativamente en la dosificación de este.
- Definir mediante métodos de selección, qué modo de dosificación es el más propicio para un producto en específico, en este caso, café tostado en grano y molido.

- Elaborar bosquejos y simulación 3D del equipo.
- Elaborar planos de los componentes del equipo.

### 1.3.Marco Teórico

Ecuador exporta al mundo productos de alta calidad, los principales productos que salen del país a parte del petróleo y otros minerales son el banano, cacao, camarón, y café, entre otros. Si bien este último no es tan afamado a nivel mundial, la calidad del café ecuatoriano no tiene nada que envidiarle al café de otros países de la región que son considerados como cafeteros tradicionales tales como Colombia, Brasil y Costa Rica.

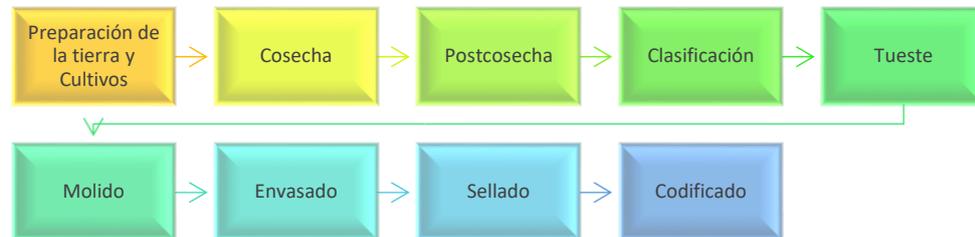


**Figura 1.1 Exportaciones Ecuador 2017.**  
**Fuente: (Principales Productos de Exportación del Ecuador, 2017)**

La pobre inversión en tecnificación y solo las grandes corporaciones tienen acceso a maquinaria, en tanto que las empresas pequeñas aún se ven usando métodos considerados rústicos en el procesamiento de alimentos. Muchas empresas cafeteras utilizan maquinaria 100% mecánica, sin ningún tipo de retroalimentación más que la que ofrece el ojo humano y la experiencia de los que lo procesan.

**El café** que disfrutamos en las mañanas no lleva un proceso complicado detrás de sí; pero ese proceso marca la diferencia entre un café comercial que puede

costar no más de \$5.00 y un café de especialidad que puede ser avaluado hasta en \$200.00 la libra.



**Figura 1.2 Proceso del Café Molido.**

Existen 4 variedades de café en el mundo, siendo la variedad arábica la considerada de mayor calidad y por ende la mejor cotizada (Variedades de Café del Mundo, 2015). Luego, dentro de una misma variedad de café, existen subclasificaciones tales como la geisha, borbón, caturra, entre decenas más, con diferencias de tamaño de grano, forma, planta, etc. (Catálogo de Variedades, 2020). Luego de identificar la variedad de café, se debe contar con la ayuda de un profesional en el proceso de cultivo. Una planta de café demora entre 2 a 4 años en dar los primeros frutos, los cuales deben ser recolectados uno por uno cuando ya estén maduros de un color rojo intenso, o amarillo, dependiendo de la variedad (¿Qué tiempo dura el café en madurar?, 2020). Es de suma importancia que se evite arrasar con todos los frutos en una rama, si lo que se busca es elaborar un producto de calidad. Una vez cosechado el producto, el proceso postcosecha es vital, esto define las características finales del producto. Entre los procesos más conocidos está el secado natural, el café lavado y el café honey, todos con distintas cualidades. Para el secado natural se debe contar con marquesinas de secado, tiempos de exposición controlados, un medidor de humedad para asegurarse de no matar el lote de café y otros tecnicismos más imprescindibles en el proceso. Para el café lavado y honey se necesitan tanques de fermentación, agua potable libre de contaminantes, despulpadora, tiempos de fermentación controlados e instalaciones diseñadas solamente para este proceso, con equipos y utensilios limpios y sanitizados. (Manual de Manejo Post Cosecha de Café Por vía

Húmeda, n.d.) El café debe ser almacenado en lugares cerrados, secos y en sombra, evitando el contacto con el suelo, sacos de yute y por dentro bolsas plásticas multicapas son la mejor opción. (Almacenamiento de Granos Verdes: Factores que Debes Controlar, 2017) Luego viene el proceso de clasificación del grano verde, el cual separa el café por tamaños y extrae elementos extraños como ramas, piedras, hojas y metales que se pudieran haber infiltrado en el producto. Este proceso se lo realiza dos veces para un mismo lote, ya que un tamaño de grano constante asegura un tueste parejo y sin impurezas más adelante. En el tostado del café se definen las notas finales del mismo, características como aroma, fragancia, acidez, dulzor, amargor, cuerpo se intensifican o se diluyen dependiendo del tueste. Luego de que ha sido tostado el café, se deja enfriar y se procede a moler y luego de moler se procede a envasar el producto, ya sea en grano entero o molido. Por último, se sella con calor y se codifica el envase para que sea empacado e ingresado al sistema de distribución.

Todos los procesos anteriormente descritos son fundamentales para obtener un producto final de calidad, las grandes empresas conocidas mundialmente realizan este proceso con maquinaria altamente tecnificada y precisa la cual obtienen del exterior para poder cumplir con los grandes volúmenes de café que comercializan, mientras que las empresas familiares y pequeñas empresas continúan usando máquinas 100% mecánicas, de construcción artesanal con una capacidad baja de recreación de lote a lote, y velocidades de producción muy bajas, donde el personal hace la mitad del trabajo manualmente ya que acceder a maquinaria tecnificada requiere un poder adquisitivo que no todos lo tienen. Es mucho lo que se puede hacer para mejorar los equipos de procesamiento de café, especialmente la tostadora, molino y dosificadora. Este documento se realiza con el fin de mejorar uno de ellos y ofrecer una alternativa económicamente viable, de construcción nacional, para mejorar y optimizar el proceso de producción de café tostado en grano y molido de pequeñas empresas en el país, y ¿por qué no? La región y el mundo.

**Análisis de flujo.** - Como se puede apreciar en el diario vivir la materia tiene diferentes modos de presentarse, para nuestro caso de estudio el café se

presenta en forma de granos, si nos referimos a su comportamiento macroscópico, éste se encuentra definido por la interacción entre partículas y las paredes del medio que las conduce, en la actualidad se ha intentado modelar el flujo de los granos por distintos métodos, uno de ellos se basa en el modelo de elementos discretos, en el cual se debe considerar que durante un flujo granular existen tanto el movimiento de rotación como el de traslación (Simulación de flujos de sólidos a granel en tolvas utilizando modelos de elementos discretos, 2017), las cuales se describen utilizando las leyes de Newton, en donde se tiene una partícula  $i$  de masa  $m$ :

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt} = \sum_j \mathbf{F}_{ij}^c + \mathbf{F}_i^g, \quad (1.1)$$

$$I_i \frac{d\omega_i}{dt} = \sum_j M_{ij} \quad (1.2)$$

En donde:

$\mathbf{v}_i$  Es la velocidad de traslación de la partícula  $i$ .

$\omega_i$  Es la velocidad angular de la partícula  $i$ .

$I_i$  Es el momento de Inercia.

$\mathbf{F}_{ij}^c$  Es la fuerza de contacto de la partícula  $i$ .

$M_{ij}$  Es el torque que actúa sobre la partícula  $i$ .

$\mathbf{F}_i^g$  Es la fuerza gravitacional.

Sin embargo, ya que estos parámetros son muy variables, para el estudio de flujo granular se suele utilizar equipos muy tecnológicos similares a los utilizados para el estudio de avalanchas y derrumbes; los cuales permiten captar todos los cambios posibles en las variables presentadas (Estudio de flujos granulares de tipo geológico por medio del simulador multisensor GRANFLOW-SIM, 2011).

**La dosificación** del café es un proceso tedioso si no se tiene maquinaria de apoyo, el personal debe medir la maza manualmente, usando una balanza

digital gramera y añadir o sustraer producto hasta alcanzar el peso neto especificado en el envase. Luego debe usar una selladora de calor para cerrar el envase y verificar que efectivamente este completamente sellado y al final sellar el producto con el número de lote, fecha de elaboración y fecha de expiración.

Existen varios **Tipos de dosificadoras** disponibles en el mercado utilizadas específicamente para productos sólidos entre los cuales enunciamos a:

**Dosificador volumétrico.** - Este posee una afinidad a trabajar con granos homogéneos, como pueden ser el: café, azúcar, sal, arroz entre otros; para su funcionamiento consta de un sistema de vasos volumétrico que se encarga de controlar la cantidad del producto a depositar en sus respectivos envases (Máquina dosificadora volumétrica y selladora de maní enconfitado, para la industria artesanal, 2017), en donde, se puede ajustar a disposición del volumen que requiera el cliente disminuyendo o aumentando la altura de los cilindros.



**Figura 1.3 Dosificadora Volumétrica de Plato Giratorio.**  
Fuente: (PackSpain, 2014)

**Dosificador a tornillo sin fin.** - El equipo utiliza un tornillo sin fin giratorio accionado por un motor previamente programado con el objetivo de lograr que todo el producto se deposite en el fondo de un cilindro, este es un proceso muy

preciso debido a que parte de una programación en donde los factores que se varían es el número de vueltas y el radio de giro del tornillo sin fin, este tipo de dosificador se utiliza para trabajar con productos pulverulentos como; café molido, harina, talco, alimento para mascotas, entre otros (Dosificador automatizado de alimento concentrado para caninos, 2017).



**Figura 1.4 Dosificadora de Tornillo Sin Fin.**  
Fuente: (Audion, 2018)

**Dosificador por medio de Balanza.** – Este equipo puede ser de uno o varios cabezales y ofrece una gran velocidad de producción, por lo cual se debe contar con un elevador de producto hacia la tolva y no hacerlo manualmente ya que se requiere una constante presencia de producto en el equipo. Es utilizado para producción automática y fabricantes ofrecen una precisión de hasta  $\pm 1.0\%$ . El dispositivo usado para pesar es una celda de carga y se necesitará una por cada cabezal que tenga el equipo. (Vescovo, 2009)



**Figura 1.5 Dosificadora por medio de Balanzas.**  
Fuente: (Vescovo, 2009)

**Dosificador a Tornillo y Balanza.** – Este equipo es una combinación de dos de los equipos anteriormente mencionados. Cuando se activa en modo

automático o semiautomático el tornillo empieza a girar a una velocidad constante. El tornillo deposita el producto en la balanza que al llegar a la cantidad requerida envía una señal al tornillo para que se detenga. Fabricantes ofrecen una precisión de hasta  $\pm 0.5\%$ . (Vescovo, 2009)



**Figura 1.6 Dosificadora de Balanza y Tornillo.**  
Fuente: (Vescovo, 2009)

La selección de un tipo de funcionamiento para este proyecto dependerá de las especificaciones del cliente, todas las limitantes y requerimientos a tomarse en cuenta se los discutirá más adelante, en el Capítulo 2.

**Análisis de tolva.** - Para el diseño de un dosificador es necesario hablar de sus partes, uno de ellos es la tolva, el cual es un equipo industrial diseñado con el fin mejorar las condiciones de flujo, para ello el material de fabricación debe de constar además de las especificaciones mecánicas para soportar el peso del producto, el material, que no debe contaminar al producto durante su traslado (Análisis del comportamiento de materiales en tolvas y extrusoras. Influencia de las propiedades reológicas, 2008).

Cómo se pudo apreciar en sus distintos tipos todas las dosificadoras cuentan con una tolva, la cual para productos alimenticios cuenta con una forma cónica y una cilíndrica, recordemos que la distribución de la presión de los sólidos no es isotrópica debido a que pueden soportar tensiones cortantes (Análisis del comportamiento de materiales en tolvas y extrusoras. Influencia de las

propiedades reológicas, 2008); por ello se toma un diferencial dentro de la tolva obteniendo la siguiente ecuación:

$$A \cdot \rho_c \cdot g \cdot dh - (P + dP)A + P \cdot A - (C_w + f'_w \cdot K \cdot P)C \cdot dh = 0 \quad (1.3)$$

En donde:

$\rho_c$  Es la densidad del café [Kg/m<sup>3</sup>]

$A$  Es la sección transversal de la tolva [m<sup>2</sup>]

$C$  Es el perímetro mojado [m]

$K$  Es la relación entre las presiones verticales y horizontales

$C_w$  Mide la capacidad de adhesión del café a las paredes

$f'_w$  Es el coeficiente de rozamiento entre el café y las paredes

Si se realiza la respectiva separación de variables se obtiene:

$$\frac{dP}{dh} = \rho_c \cdot g - \frac{C C_w}{A} - \frac{f'_w \cdot K \cdot P \cdot C}{A}$$

Que al integrarse generarían la expresión final:

$$P = P_H \exp \left[ \frac{f'_w K C (h - H)}{A} \right] + \frac{(A \rho_c g / C) - C_w}{f'_w K} \left\{ 1 - \exp \left[ \frac{f'_w K C (h - H)}{A} \right] \right\} \quad (1.4)$$

En dónde  $P_H$  es la presión en el punto  $H$ .

La **banda transportadora** es parte fundamental del sistema de dosificación, en ella se colocan de manera manual o automática los envases a ser sellados y codificados, se debe aclarar que es un equipo aparte de la dosificadora, por lo que su correcto funcionamiento va a depender de la programación necesaria para que su cumpla su función a cabo, dicho esto, la banda se encuentra conformada por un tambor el cual es accionado por un motor que mediante fricción logra mover la banda a la velocidad deseada, también consta de otro

tambor, cuya función es la de dar retorno a la banda; además, la superficie de la banda cuenta con una superficie rugosa lo cual evita que al momento de detenerse el equipo para dosificar un envase este no caiga debido a la fuerza de inercia (Tecnología de bandas transportadoras, 2014). Se deben tomar en cuenta varios aspectos para diseñar una banda transportadora, además de los requerimientos que pueda tener el cliente. Las poleas deberán ser todas del mismo diámetro, niveladas horizontalmente y girar a una velocidad constante. La carga que soportará la banda y la velocidad con la que girará son relativamente bajas para que el operador pueda operar con seguridad y sin premura. Se procederá a calcular la tensión efectiva ( $T_e$ ) con la siguiente fórmula:

$$T_e = \frac{0.9 \times w \times 33000}{v} \quad (1.5)$$

Donde:

(w) Es la potencia del motor en fracciones de [Hp]

(v) Es la rapidez con la que se desea que se desplace la banda en [pies/min].

Se necesita también la tensión del lado de retorno ( $T_2$ ) con la siguiente fórmula:

$$T_2 = k \times T_e \quad (1.6)$$

Donde:

(k) Es el factor de transmisión para prevenir el deslizamiento.

Luego se requiere saber la tensión del lado tenso ( $T_1$ ) con la fórmula:

$$T_1 = T_2 + T_e \quad (1.7)$$

Por último, es necesario conocer la tensión de operación unitaria ( $T_u$ ) con la siguiente fórmula:

$$T_u = \frac{T_1}{b} \quad (1.8)$$

Donde:

(b) es el ancho de la banda en [pies].

También se requieren otros datos como la carga (q) que soportará la banda [lb], la distancia entre los rodillos (s) o poleas en pies [ft], el diámetro de las poleas

o rodillos (D) en pies [ft] y los datos del motor a utilizar: revoluciones por minuto [rpm]. (Manual de Ingeniería, Bandas Transportadoras, 2001)

Para el proceso de sellado se requiere completamente de un operador que pueda controlar que el equipo lleve a cabo su labor de la mejor manera, por ello debe de percatarse que el envase a sellar se encuentre correctamente colocado y que exista una parte del envase que se pueda sellar sin interferir con el producto, ya que el equipo de sellado provee de una fuente de calor solo lo suficientemente alta para fundir el plástico del envase, a este proceso se lo conoce como termo sellado y existen 5 tipos:

Sellador térmico en continuo. - Se realiza el movimiento del envase mediante correas; las cuales guían a éste hasta dos planchas de calor que realizan el sellado como si fueran pinzas, se lo denomina en continuo debido a que las planchas permanecen siempre a altas temperaturas.

Sellador térmico por impulso. - A diferencia del otro método de termo sellado, en este solamente se genera calor cuando el envase se encuentra enfrente de las planchas; es ahí cuando se genera la suficiente presión y corriente que realizan el sellado del producto.

Selladoras por barras calientes. - También denominado sellado térmico por contacto directo, puede poseer dos o más barras o troqueles para realizar el proceso de sellado, entregando energía en forma de calor para que el material se caliente y se cree el sellado, sin embargo, esto puede resultar complicado si no se utiliza Politetrafluoroetileno (PTFE) o simplemente teflón, puesto que este material se encargará que el material no se pegue a las barras, debido a sus propiedades térmicas y eléctricas (Proyecto de diseño de un proceso de sellado óptimo para tubos de pasta de dientes, 2016).

Sellador por inducción. - Este proceso es más utilizado para envases resistentes generalmente hechos de algún material cerámico, consiste en generar la suficiente energía electromagnética para transmitirla desde el cabezal de sellado, lo que acontece a fundir el revestimiento de aluminio al cuello del envase, esto sucede debido a que cuando el envase pasa por debajo del campo electromagnético se induce un flujo de corriente a través del aluminio alcanzando temperaturas en un rango de (85°C - 117°C) de tal manera que se produce un sello hermético (Proyecto de diseño de un proceso de sellado óptimo para tubos de pasta de dientes, 2016).

Sellador por ultrasonido. - Esta técnica industrial requiere realizar una conversión de energía eléctrica en movimiento vibratorio de alta frecuencia, adicional a esto se aplica fuerza al envase por lo que el sellado se realiza debido al calor que se genera por la fricción que se genera en las superficies de contacto del envase plástico (Telsonic, 2016); el equipo sellador por ultrasonido consta de el yunque, el sonotrodo y el convertidor los cuales se sintonizan para vibrar a la misma frecuencia, esta frecuencia es generada por un generador electrónico de ultrasonidos la cual normalmente tiene un rango entre (50 Hz – 60 Hz).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para el diseño mecánico de nuestro equipo se plantean varias incógnitas que deben ser resueltas, no de otra manera que, con conceptos físicos, matemáticos y mecánicos adquiridos durante toda la carrera, por ello se procede a presentar en este capítulo todos los cálculos necesarios para encontrar las dimensiones y materiales de nuestro equipo.

### 2.1. Diseños propuestos

#### 2.1.1 Dosificadora de vasos volumétricos manual.

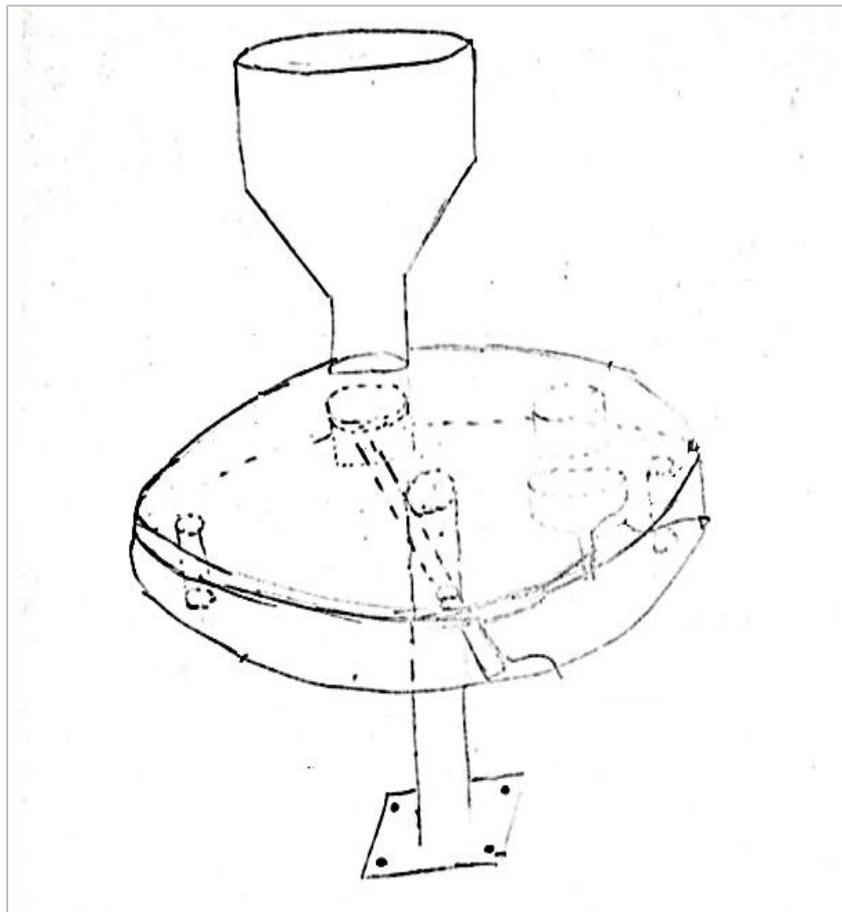


Figura 2.1 Dosificadora de discos giratorios.

### 2.1.2 Dosificadora con tornillo sin fin.

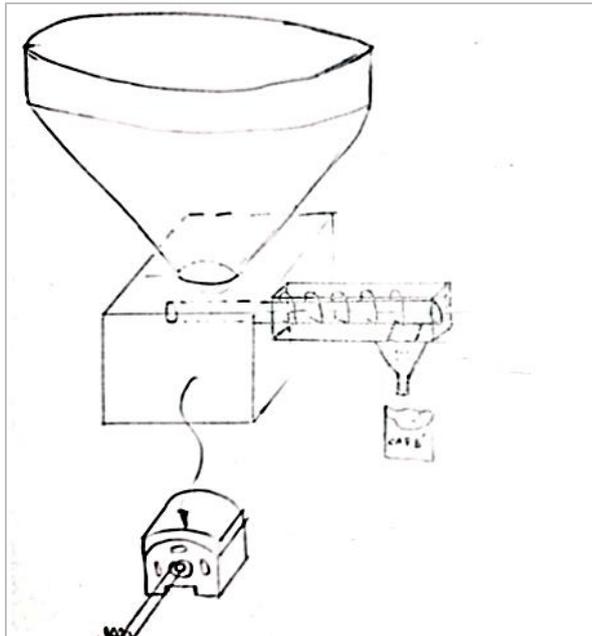


Figura 2.2 Dosificadora de tornillo sin fin.

### 2.1.3 Dosificadora de balanza.

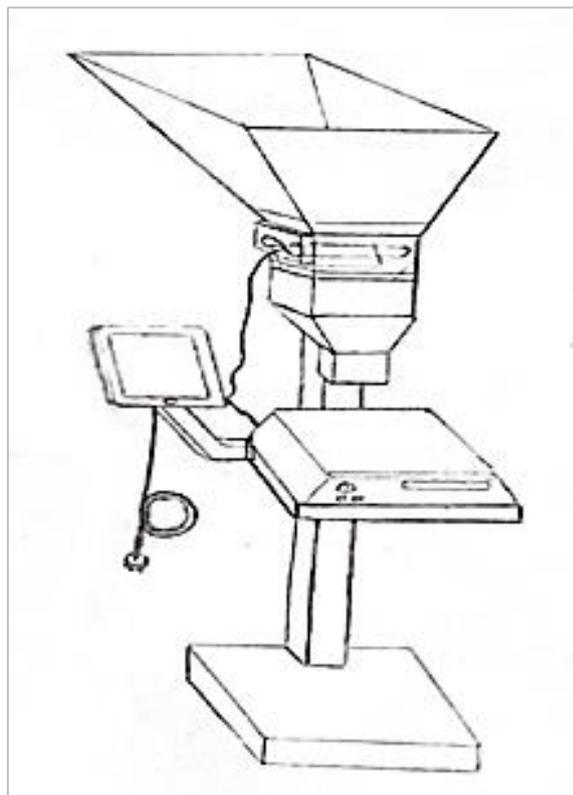


Figura 2.3 Dosificadora de Balanza.

### 2.1.4 Selladora manual por pedal.

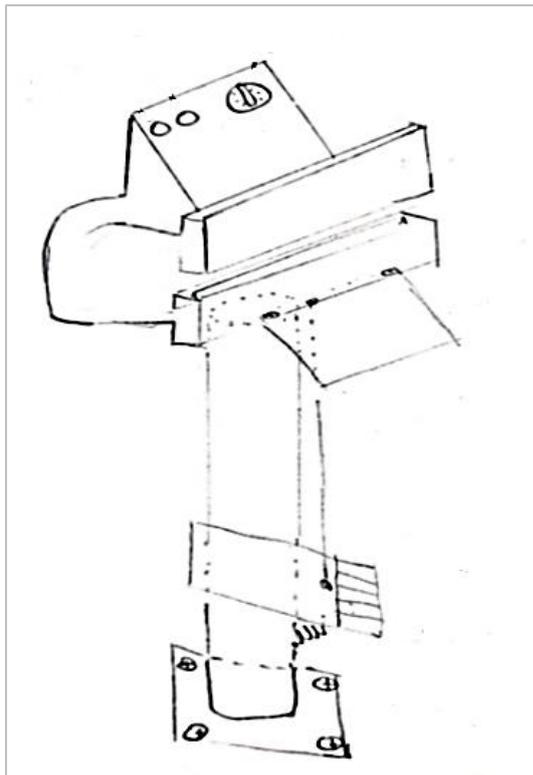


Figura 2.4 Selladora de pedal.

### 2.1.5 Selladora continúa con banda.

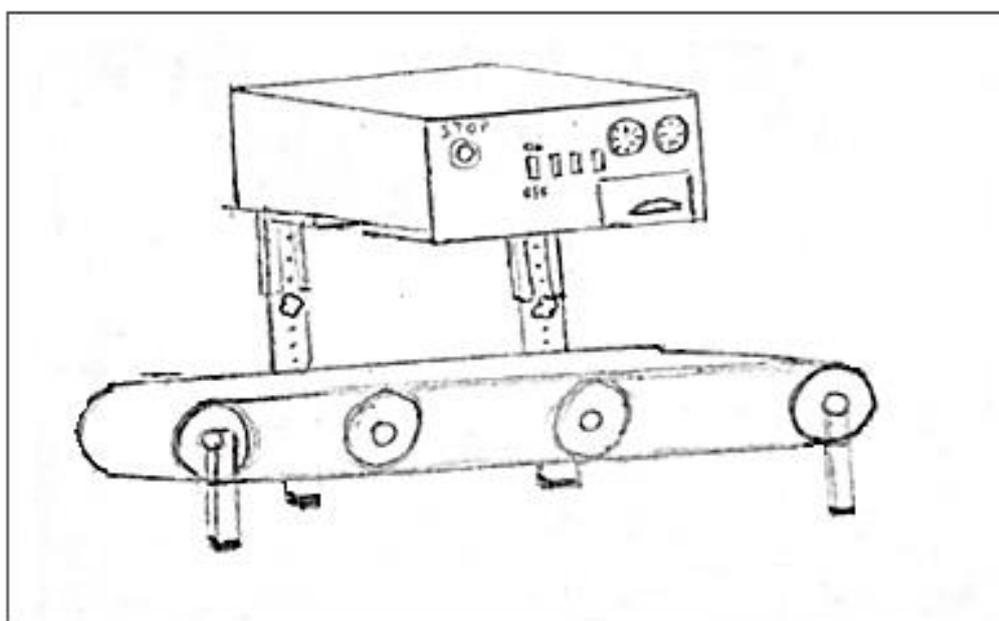


Figura 2.5 Selladora de Banda Continua.

### 2.1.6 Sellador de palanca.

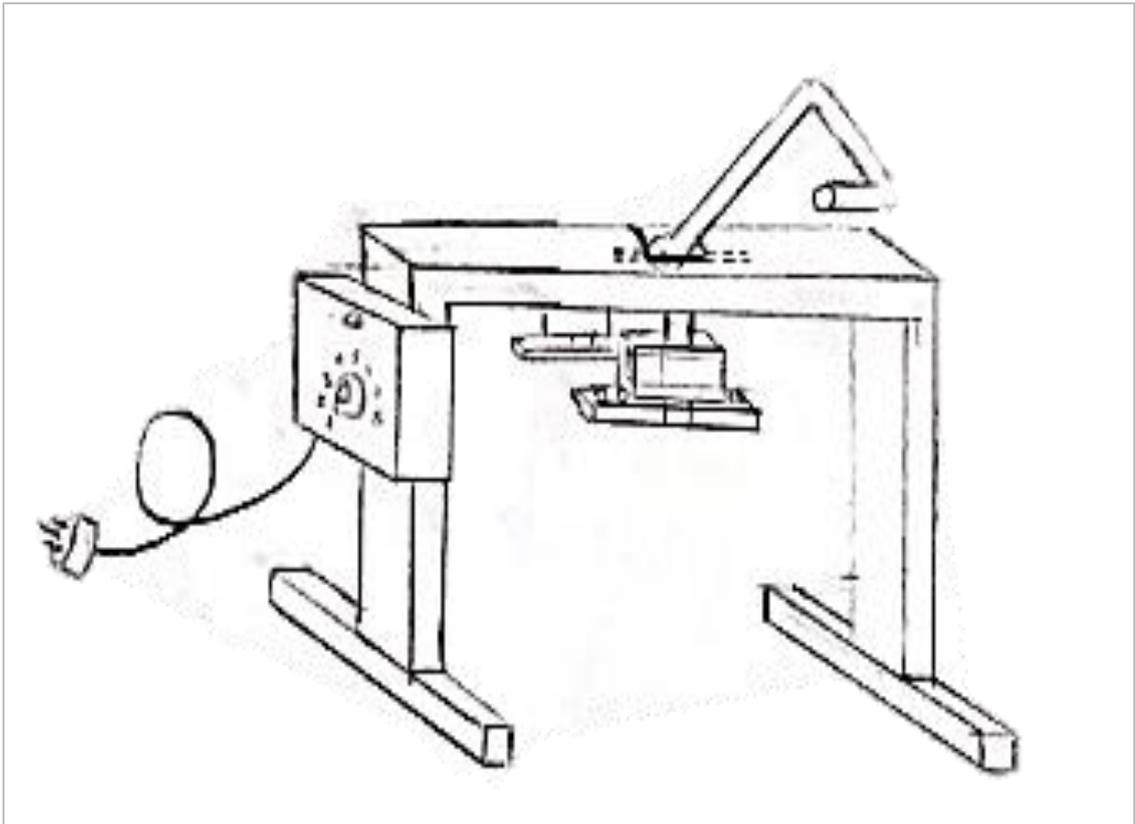


Figura 2.6 Selladora de palanca.

### 2.2.Criterios de Selección

Se conducirá un experimento para comprobar que el nivel de tueste del producto no afecte significativamente la tolerancia de cada envase, para ello se tomaron muestras de cada lote de café molido en tueste medio y tueste medio oscuro. Para cada nivel de tueste se utilizó el mismo volumen, esto ayudaría a comprobar que con un mismo volumen se obtendría la misma masa siempre y así obtener envases llenados con la cantidad exacta especificada en ellos en cada repetición. A continuación, se presentan los datos tomados durante 32 días:

**Tabla 2.1 Datos tomados para café molido, tueste medio.**

Fecha	Tueste	Humedad	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Masa [g]	Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]
26/10/2020	medio	2.5%	243.33	84.00	0.3495
30/10/2020	medio	2.6%		85.50	0.3558
2/11/2020	medio	2.6%		85.50	0.3558
6/11/2020	medio	2.6%		85.00	0.3537
10/11/2020	medio	2.6%		85.00	0.3537
11/11/2020	medio	2.6%		87.00	0.3620
12/11/2020	medio	2.5%		84.50	0.3516
13/11/2020	medio	2.7%		85.50	0.3558
16/11/2020	medio	2.6%		85.50	0.3558
17/11/2020	medio	2.6%		85.00	0.3537
18/11/2020	medio	2.7%		85.50	0.3558
19/11/2020	medio	2.5%		83.50	0.3474
20/11/2020	medio	2.6%		85.00	0.3537
23/11/2020	medio	2.6%		85.50	0.3558
24/11/2020	medio	2.7%		86.00	0.3578
25/11/2020	medio	2.6%		85.00	0.3537

**Tabla 2.2 Datos tomados para café molido, tueste medio-oscuro.**

Fecha	Tueste	Humedad	Volumen [cm <sup>3</sup> ]	Masa [g]	Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]
24/10/2020	med-obs	2.2%	240.33	83.00	0.3454
24/10/2020	med-obs	2.3%		84.00	0.3495
27/10/2020	med-obs	2.3%		83.00	0.3454
28/10/2020	med-obs	2.0%		80.00	0.3329
28/10/2020	med-obs	2.2%		83.00	0.3454
2/11/2020	med-obs	2.3%		83.50	0.3474
3/11/2020	med-obs	2.2%		82.50	0.3433
4/11/2020	med-obs	2.3%		83.00	0.3454
5/11/2020	med-obs	2.1%		80.50	0.3350
9/11/2020	med-obs	2.2%		82.50	0.3433
10/11/2020	med-obs	2.2%		82.00	0.3412
13/11/2020	med-obs	2.2%		83.50	0.3474
18/11/2020	med-obs	2.2%		82.00	0.3412
23/11/2020	med-obs	2.1%		81.50	0.3391

Para el procesamiento de datos, se sirvió de la ayuda del software Matlab, el cual, con un sencillo código toma las columnas de datos correspondiente a la masa como vectores para realizar un "T-test" y determinar con 5% de significancia si hay una correlación entre los datos obtenidos para los dos grupos y la probabilidad de que la hipótesis nula sea aceptada o rechazada.

```
Experimento.m x +
1- M = [84.0 83.0; 85.5 84.0; 85.5 83.0; 85.0 80.0;
2- x = M(:,1);
3- y = M(:,2);
4- [h,p,ci,stats] = ttest2(x,y,'Vartype','unequal')
5-
6- boxplot(M)
7- title('Niveles de tueste')
8- xlabel('Tueste Medio / Tueste Med-Obs')
9- ylabel('Masa de muestras')
```

Figura 2.7 Código MATLAB para T-test.

El ejercicio arrojó resultados que muestran que la incidencia del nivel de tueste es un factor determinante, el valor de p es  $1,11 \times 10^{-7}$  el cual está muy por debajo de 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula.

Para la realización de la matriz de decisión es necesario definir nuestros criterios de selección y sus respectivos pesos, esto con el objetivo de tomar la mejor decisión antes de empezar el diseño del equipo, para ello se realizó una reunión con nuestros clientes, en donde supieron explicar que requerimientos eran sumamente necesarios basándose en modelos en el mercado actual, de esta manera conjunto a ellos se pudo realizar la casa de calidad tanto para el equipo dosificador como para el sellador las cuales presentamos a continuación; obteniendo así los siguientes criterios de selección:

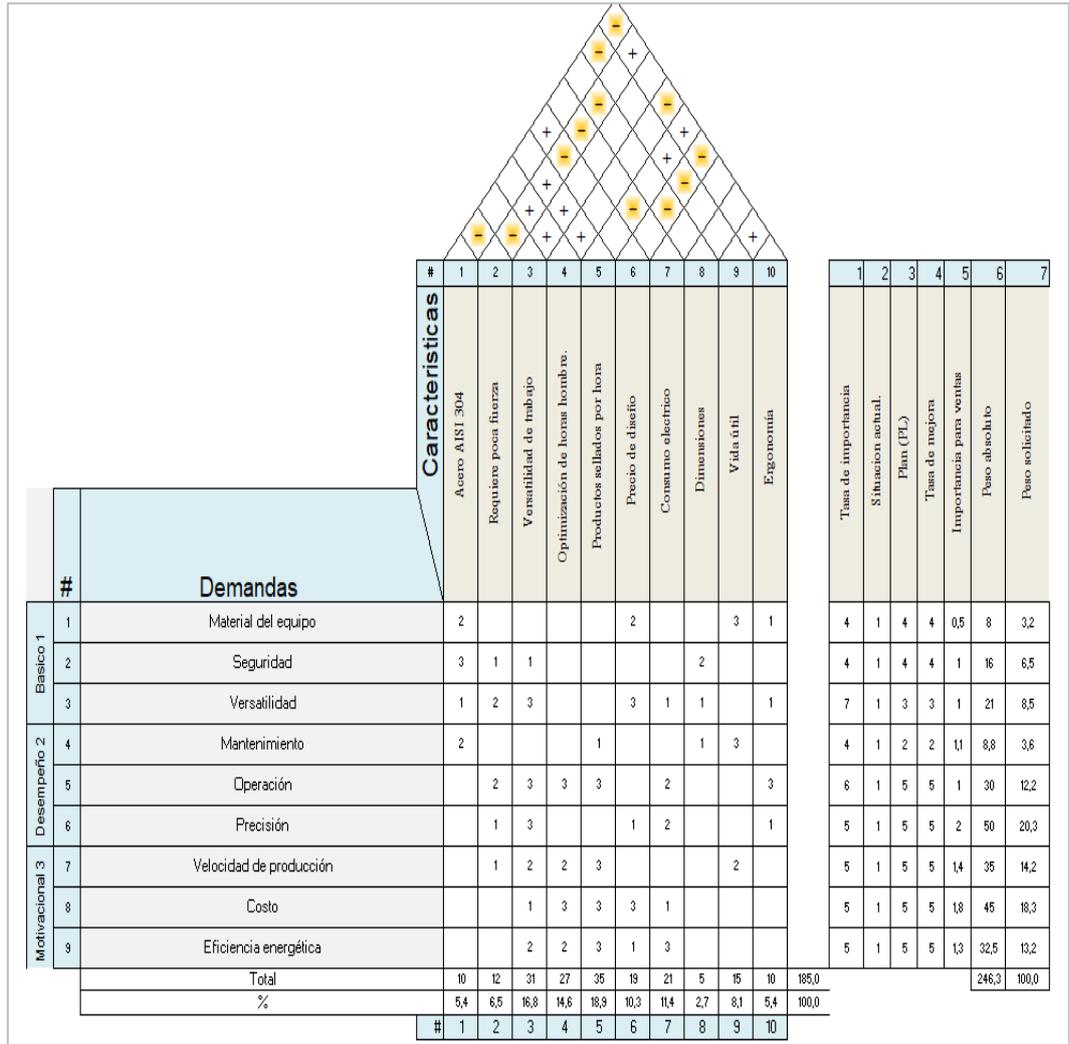


Figura 2.8 Casa de calidad para dosificadora.

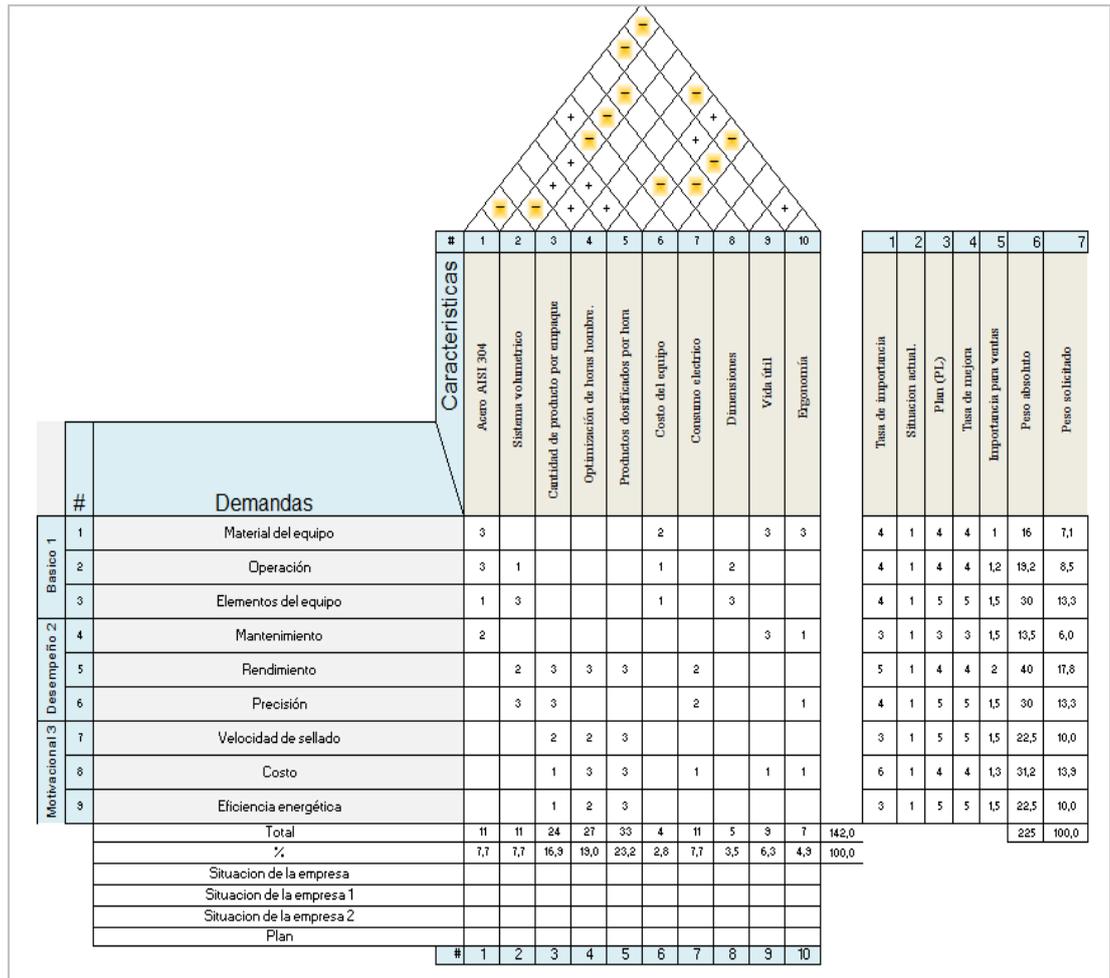


Figura 2.9 Casa de Calidad Selladora-Codificadora.

A.- Precisión (20%)

La precisión es un tema de suma importancia, normalizado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN en su Reglamento Técnico #284, para ofrecer al consumidor seguridad de que está obteniendo la cantidad de producto impresa en el envase.

B.- Costo (18%)

El cliente requiere que el equipo no sea demasiado costoso, por lo que el precio será un factor importante al momento de decidir.

C.- Velocidad de Producción (14%)

Este equipo se diseña con la finalidad de agilizar la línea de producción, ya sea que funcione de manera continua o semi continua.

D.- Eficiencia Energética (13%)

El tema de consumo energético es parte también del requerimiento de bajo costo del cliente, un uso prolongado del equipo se verá reflejado en la planilla de luz mensual por lo que se requiere que el equipo consuma la menor cantidad de energía posible.

E.- Operación (12%)

Se espera que el equipo sea de fácil manejo, y que cualquier persona sea capaz de utilizarlo intuitivamente.

F.- Versatilidad (9%)

Se espera que el equipo se pueda utilizar para distintas presentaciones del producto como café en grano o molido y distintos pesos netos.

G.- Seguridad (7%)

Al no ser maquinaria de gran tamaño y peso, se puede ser flexible en este criterio. Se enfocará en que el equipo presente bajo riesgo de atrapamiento, cortes, punciones y toques eléctricos.

H.- Mantenimiento (4%)

Se requiere que el equipo no sea muy complejo debido a los requerimientos de costos, así mismo, el mantenimiento debe ser sencillo y económico.

I. Material del equipo (3%)

Se debe escoger un material que no contamine al producto al interactuar con el mismo.

### **2.3. Matriz de Selección**

Se calificará cada criterio con puntajes de 1 a 5 para cada opción, significando 1 que dicha opción tiene un mal desempeño en ese criterio y 5 dicha opción cumple con el criterio.

## Medición del Producto

**Tabla 2.3 Puntuación de Tipo de Dosificadora.**

	A (0.20)	B (0.18)	C (0.14)	D (0.13)	E (0.12)	F (0.09)	G (0.07)	H (0.04)	I (0.03)	Puntaje
Volumétrico	4	5	5	3	5	4	4	4	3	4.28
Por peso	5	3	3	5	4	5	5	2	3	4.06

## Sistema de llenado

**Tabla 2.4 Puntuación de Tipo de Llenado.**

	A (0.20)	B (0.18)	C (0.14)	D (0.13)	E (0.12)	F (0.09)	G (0.07)	H (0.04)	I (0.03)	Puntaje
Disco Giratorio	4	4	4	3	5	4	4	5	3	4.00
Tornillo sin fin	4	5	5	3	4	3	3	3	3	3.96
Báscula	5	2	2	5	4	5	5	2	3	3.74

Para la selección de un sistema de sellado los criterios de selección cambian en los siguientes porcentajes:

- A.Rendimiento (18%)
- B.Elementos (14%)
- C.Costo (14%)
- D.Precisión (13%)
- E.Velocidad de sellado (10%)
- F.Eficiencia energética (10%)
- G.Operación (8%)
- H.Material del equipo (7%)
- I.Mantenimiento (6%)

**Tabla 2.5 Puntuación de Tipo de Selladora.**

	A (0.18)	B (0.14)	C (0.14)	D (0.13)	E (0.10)	F (0.10)	G (0.08)	H (0.07)	I (0.06)	Puntaje
Sistema barras palanca	3	3	5	3	2	4	3	5	5	3.54
Sistema banda continuas	5	2	3	5	5	3	5	4	3	3.91
Sistema barras y pedal	3	4	5	3	2	4	3	4	5	3.61

## 2.4 Metodología de Diseño

En las siguientes líneas se describirá detalladamente la metodología usada en el diseño de cada uno de los componentes del equipo, empezando por la tolva.

La **tolva** debe de asegurarnos un flujo homogéneo de producto, tal y como se indica en el capítulo anterior. Se escoge la tolva en forma de embudo para evitar estancamientos, y “hoyos de rata”. Se ha escogido arbitrariamente un ángulo de inclinación de 60°. Luego, basándose en la cantidad de producto que es capaz de procesar una sola persona se estiman las cantidades del mismo que podría almacenar la tolva y sabiendo la densidad del producto se procede a calcular el volumen. Con el volumen de producto calculado, se procede a definir las dimensiones de la entrada y salida de la tolva con la ayuda de una tabla elaborada por Acrison y se procede a calcular la altura de esta.

Para diseñar la **dosificadora** se toma en cuenta las especificaciones del cliente, ya que la empresa cuenta con varias presentaciones del mismo producto, la cantidad de este que la dosificadora debe envasar también debe ser variable. Se define la sección transversal del vaso llenador y se diseña de manera que la altura sea la que varía. Se definen los límites de movimiento vertical de acuerdo a las presentaciones del producto, éstas son: (3 – 18) onzas

de producto. Se considera un motor stepper controlado por pedal para que el operador lo accione cuando lo crea pertinente. La velocidad con la que rotará deberá ser moderada, se ajustará entonces el motor para que gire un ángulo determinado en un tiempo determinado. Las dimensiones del plato y la paleta quedan a consideración del diseñador, ella o él decidirán las dimensiones que brinden mayor funcionalidad y estética al equipo. La altura variable se controlará mediante una manivela. El equipo constará con un soporte donde el operador podrá asentar el envase a ser llenado.

La **selladora de banda continua** deberá ser capaz de sellar y codificar el envase previamente llenado. Se empieza por definir las dimensiones necesarias para la **banda transportadora** en base a las medidas de los distintos envases, y luego, se define el rango de velocidad al que se desplazará el envase sobre la cinta, velocidad que debe ser igual a la del mecanismo de sellado. La altura del sellador deberá ser variable para las distintas presentaciones del producto. La velocidad dependerá del material del envase, de su espesor y de la rapidez con la que el operador llenará cada uno de ellos. Una vez definidos estos parámetros se puede calcular la rapidez y el torque que deberá tener el motor, y si se necesitará o no, un reductor de velocidades.

## **2.5 Cálculos de alternativas ganadoras**

### **2.5.1 Diseño de Dosificadora**

#### **2.5.1.1 Diseño de Tolva**

Para la realización de los cálculos se debe plantear la siguiente situación, la cantidad de empaques mínimas que se pretenden llenar es de 10 por minuto y constan de una capacidad de 454 gramos cada uno, por lo que la masa mínima que se debe encontrar en la tolva es de 4,54 kg, con ello se procede a encontrar el volumen que el producto ocupará en la tolva:

$$V = \frac{m}{\rho_c} \quad (2.1)$$

Dónde  $V$  Es el volumen que se requiere ocupar en la tolva [ $m^3$ ] y  $\rho_c$  es la densidad del café a medio obscuro.

Como se especificó a inicios de este capítulo se trabajará con dos tipos de tostado de café, el medio y medio obscuro, por lo que se ha decidido iniciar con el valor de densidad de  $343,3 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$  ya que genera un mayor volumen, a continuación, se presenta un esquema de las dimensiones a tomar en cuenta en la tolva:

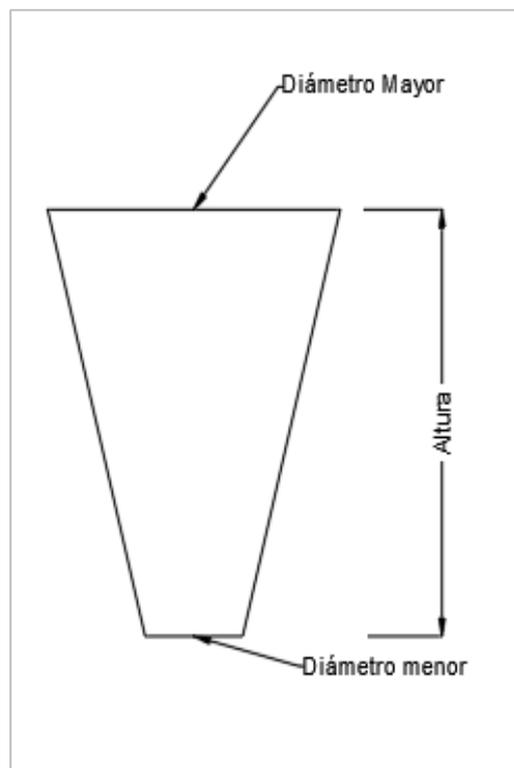


Figura 2.10 Diagrama de la Tolva.

Al trabajar con tolvas siempre cabe la duda de que tanto de ella debe ser llenada, según el diseñador de dosificadoras a nivel internacional ACRISON, el volumen del producto debe estar cercano al 35% del

volumen total y adicional a esto el ángulo de deslizamiento debe de ser de 60° según la teoría de D. Laforge Y Boruff, en la cual se explica que para ángulos entre 20° y 40° se obtiene una detención del flujo debido al choque que existe entre partículas al momento de fluir por la parte inferior de la tolva; por lo tanto, el volumen de la tolva sería:

$$x = V \cdot \frac{100}{35} \quad (2.2)$$

Con este valor utilizamos la siguiente tabla obtenida de ACRISON:

**Tabla 2.6 Dimensiones de sección de tolvas de acuerdo al volumen.**

**(ACRISON)**

Material	Diámetro mayor [m]	Diámetro menor [m]	Límites de almacenamiento [m <sup>3</sup> ]
Granular o en polvo	5,2	1,8	100-300
Granular o en polvo	1,4	0,6	35-100
Granular o en polvo	0,84	0,21	35-6
Granular o en polvo	0,45	0,10	0,01-6

Si recordamos la ecuación para encontrar el volumen de un cono truncado podremos encontrar la altura necesaria de nuestra tolva, por lo que se tiene:

$$h = 3 \cdot \frac{V}{\pi(R^2 + r^2 + Rr)} \quad (2.3)$$

Dónde:

$R$  Es el radio mayor.

$r$  Es el radio menor.

Obteniendo así una altura  $h \approx 0,60$  [m], el último parámetro a obtener sería el espesor de la lámina de la tolva, para ello se debe aclarar que al trabajar con cargas pequeñas no se necesita de un espesor superior a los 0,7 [mm] que se recomiendan para realizar la respectiva soldadura al equipo.

### 2.5.1.2 Diseño de vaso volumétrico

El vaso volumétrico debe tener dimensiones tales que se permita mover de manera sencilla y no ocupe un espacio considerable en el equipo, puesto que solo deberá conducir una pequeña cantidad de producto por cada empaque, para lo cual se considera una cantidad de 454 [g], lo que equivale en volumen a 0,0013 [m<sup>3</sup>], la forma de los vasos no será otra que cilíndrica y al no transportar un peso considerable se considera un espesor de 0,7 [mm], adicional a esto se recuerda que el diámetro que se conecta al vaso es el menor de la Tolva, por consiguiente:

$$V = \pi r^2 h_v \quad (2.4)$$

$$h_v = \frac{V}{\pi r^2} \quad (2.5)$$

Generando una apariencia similar a la siguiente imagen:

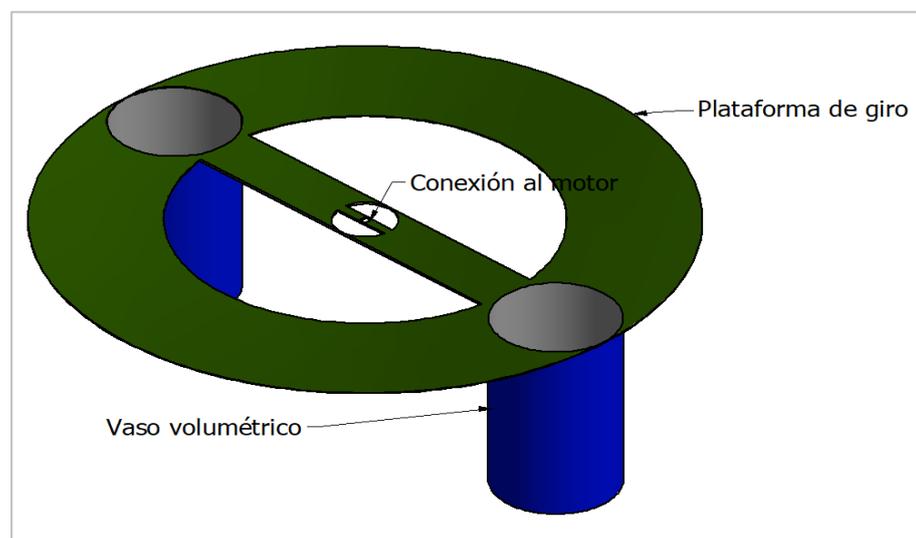


Figura 2.11 Disco giratorio y Vasos volumétricos para presentación de 16 onzas.

En dónde se puede apreciar que el vaso volumétrico cuenta con una superficie contenedora que tiene la función de evitar que el contenido de café de la tolva caiga mientras el vaso descarga su contenido al finalizar su recorrido, de igual manera se ha generado un modelo para la presentación de 10 onzas equivalente a 284 [g], este modelo no cambia su forma, puesto que la única dimensión que ha disminuido es la altura como se presenta a continuación:

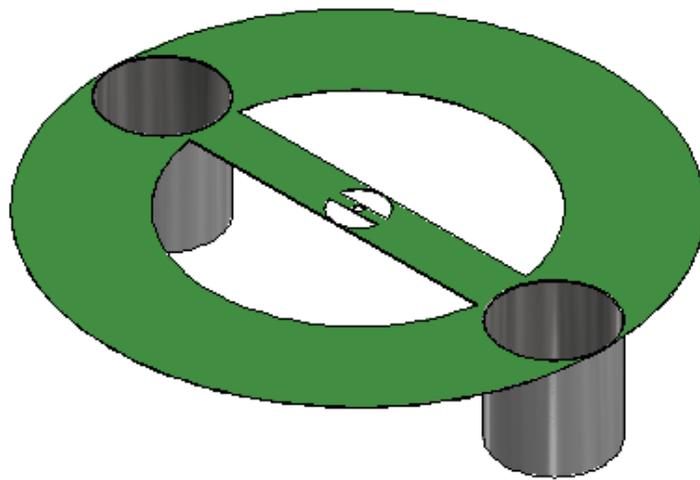


Figura 2.12 Disco Giratorio y Vasos Volumétricos para presentación de 10 onzas.

### 2.5.1.3 Soldadura

Para las uniones de nuestro equipo se ha previsto, en base a las especificaciones de diseño, que sea de fácil mantenimiento, por ello hay partes que se encuentran simplemente enroscadas, sin embargo hay otras las cuales no podemos realizar esta unión debido a las dimensiones de algunas piezas, es por esto que se realiza el respectivo proceso de soldadura, en este caso se recuerda que se está trabajando con acero inoxidable AISI 304, el cual es un acero austenítico; esto significa que no existirá un cambio de fase debido a las altas temperaturas alcanzadas ya que es necesario que se llegue hasta la temperatura de fusión del metal base para una correcta soldadura, a continuación se presenta la composición química del material AISI 304:

**Tabla 2.7 Composición química del Acero AISI 304.**

C	Cr	Ni	Mn	Si	P	S
0,08	18,0 - 20,0	8,0 - 10,5	2,0	1,0	0,045	0,3

La cual posee una gran similitud a la composición del electrodo ER308L, presentada a continuación:

**Tabla 2.8 Composición química del Electrodo ER308L.**

C	Cr	Ni	Mn	Si	P	S	Cu	Mo
0,03	19,5 - 22,0	9,0 - 11,0	1,0 - 2,5	0,3	0,03	0,3	0,75	0,75

Mientras que las propiedades mecánicas del electrodo ER308L son las siguientes:

**Tabla 2.9 Propiedades mecánicas del Electrodo ER308L.**

Esfuerzo de fluencia	Esfuerzo de tracción	Elongación	Reducción de área
57 <i>kpsi</i>	87 <i>kpsi</i>	34%	56%

De acuerdo con la AWS (American Welding Society), existen varios tipos de soldadura, entre los más conocidos tenemos: Soldadura fuerte, Soldadura blanda, Soldadura en estado sólido y Soldadura por fusión, en todo proceso de soldadura existe la fusión de los materiales, ya sea solo del metal base, solo el metal de aporte o ambos (Evaluación del procedimiento de soldadura para el soldeo de un tanque de acero inoxidable AISI 304 según api 650, 2019).

El proceso GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) o también conocido como proceso TIG (Tungsten Inert Gas), tiene como principio el uso del arco eléctrico mediante un electrodo no consumible y la pieza requerida a soldar, este proceso se suele utilizar en su mayoría de veces debido a su alta calidad, acabado superficial y, para nuestro beneficio en espesores

máximos de hasta 8 [mm] (Evaluación del procedimiento de soldadura para el soldeo de un tanque de acero inoxidable aisi 304 según api 650, 2019).

Recordemos que la parte a soldar es nuestra tolva, pero solo en la parte inferior en donde se tiene un diámetro de 0,10 [m], y las fuerzas actuando sobre la tolva serían su propio peso y el peso del café depositado que en conjunto son aproximadamente 200 [N], el valor del espesor de garganta será escogido con la siguiente ecuación para secciones tubulares:

$$a = 0,7 \cdot t \quad (2.6)$$

En donde el espesor es 0,7 [mm], por ende, el espesor de garganta será de 0,49 [mm]. Luego se utilizará la ecuación para encontrar los esfuerzos a los que se encontrará sometido la soldadura con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{F}{A} = \frac{F}{2\pi r a} \quad (2.7)$$

Se obtiene que el esfuerzo es igual 0,458 [MPa], también se debe considerar los siguientes esfuerzos en el plano cuando existe un ángulo en la soldadura, aplicando la siguiente ecuación:

$$S_A = \frac{F \cdot \cos \theta \cdot \sen \theta}{2\pi r a} \quad (2.8)$$

Que para nuestro beneficio el ángulo es de 0°, generando un valor de 0. Sin embargo, estos esfuerzos encontrados tienen como objetivo ayudarnos a encontrar los esfuerzos en el plano de garganta, a lo cual se aplicará las siguientes ecuaciones:

$$\sigma = S \cdot \cos(45^\circ) \quad (2.9)$$

$$\tau_n = S \cdot \sen(45^\circ) \quad (2.10)$$

$$\tau_A = S_A \quad (2.11)$$

Y la tensión de comparación:

$$\sigma_c^* = \sqrt{\sigma^2 + 1,8 \cdot (\tau_n^2 + \tau_A^2)} \leq \sigma_u \quad (2.12)$$

Que al reemplazar se obtiene:

$$\sigma_c^* = \sqrt{(S \cdot \cos(45))^2 + 1,8 \cdot (S \cdot \sin(45))^2 + S_A^2} \leq \sigma_u \quad (2.13)$$

#### 2.5.1.4 Motor de paso

Entre los requerimientos del usuario se requiere que se llenen no menos de 10 empaques por minuto esto significa, que el contenido debe pasar de la tolva al empaque en 3 segundos como máximo, tomando en cuenta la disposición de nuestro equipo la velocidad angular de nuestro motor debe ser:

$$\omega = \frac{\pi}{3} \quad (2.14)$$

Dónde  $\omega$  es la velocidad angular de nuestro motor, para poder encontrar el torque se debe considerar todo el peso a mover, ya que nuestro equipo cuenta con dos vasos volumétricos y a su vez uno debe de encontrarse lleno de café se obtiene la siguiente ecuación:

$$\tau = 2W_{Vaso} \cdot d + W_c \cdot d \quad (2.15)$$

Donde  $d$  es la distancia a la que se encuentran el centro de los vasos volumétricos con respecto al eje, igual a 0,20 [m], y  $W_{Vaso}$  es el peso del vaso volumétrico; y la potencia del motor será simplemente:

$$P = \tau \cdot \omega \quad (2.16)$$

Para estas características se debe seleccionar un motor paso a paso que pueda realizar de manera precisa la rotación del vaso volumétrico, para ello es necesaria la configuración del motor adaptando el respectivo controlador a una tarjeta ARDUINO, en donde se programará con el siguiente código:

```
1 // Stepper - Version: Latest
2
3 #include <Stepper.h>
4
5 Stepper motorp(2048,8,10,9,11);
6
7 void setup() {
8   motorp.setSpeed(10); // RPM
9 }
10
11 void loop() {
12   motorp.step(1024); // pasos
13   delay(3000); // tiempo en ms
14 }
```

Figura 2.13 Programación para la configuración ARDUINO y motor stepper.

Cabe recalcar el hecho de que también es necesario realizar las debidas conexiones entre el motor, el driver, la tarjeta ARDUINO y el ordenador, para poder introducir el código y verificar que este funcione, a continuación, se presenta un esquema de la conexión que debe realizarse:

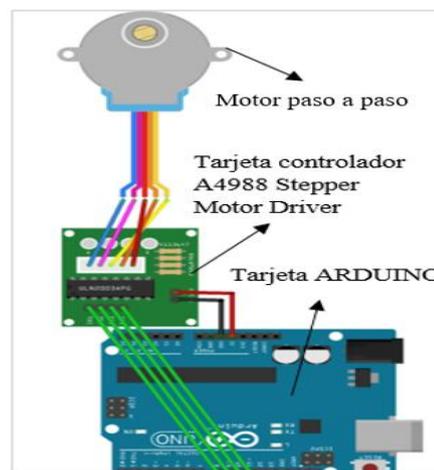


Figura 2.14 Diagrama de Conexión de ARDUINO.

## 2.5.1.5 Soporte

### 2.5.1.5.1 Cálculo de Cargas y Esfuerzos

Para el soporte de todo el equipo se propone un plato conectado a una estructura circular hueca que soportara todo el peso necesario, esto incluye el peso del producto, de la tolva y de los elementos que constituyen al equipo para ello tenemos que obtener el peso de la tolva sin el producto el cual se obtiene al obtener su masa de la siguiente manera:

$$m_T = \rho_T V \quad (2.17)$$

Donde  $\rho_T$  es la densidad de la tolva, en este caso AISI 304 el cual es 7930 [Kg/m<sup>3</sup>], y el volumen  $V$  viene a ser la pequeña diferencia por el espesor de la tolva el cual se ha escogido de 0,7 [mm], la cual resulta ser 0,0072 [m<sup>3</sup>], por consiguiente, la masa de la tolva  $m_T = 57,0$  [Kg], recordando que el peso se expresa con la siguiente ecuación:

$$W_T = m_T g \quad (2.18)$$

Donde  $W_T$  es el peso de la tolva.

El peso del café promedio en la Tolva  $W_C$  considerando una masa de 4,54 [Kg] es de 44 [N], adicional a esto se considera una plataforma circular en donde se posicionará un sistema de movimiento para el vaso volumétrico, para lo cual se ha considerado un espesor de 15 [mm].

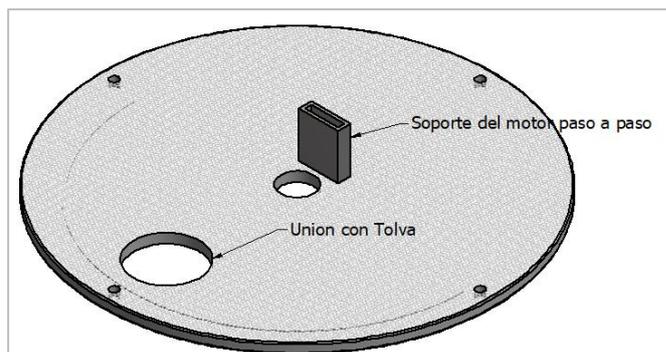


Figura 2.15 Diagrama plataforma superior, vista superior.



Figura 2.16 Diagrama de plataforma superior, vista inferior.

De igual manera esta plataforma deberá ser realizada en AISI 304, dicho esto se tiene:

$$V_{pl} = \frac{\pi r_{pl}^2}{2} \cdot e \quad (2.19)$$

Donde  $r_{pl}$  es el radio de la plataforma igual a 0,50 [m] y  $e$  es el espesor, dando como resultado que el volumen de la plataforma es igual a 0,00078 [m<sup>3</sup>], por consiguiente, su peso será:

$$W_{pl} = V \rho_T g \quad (2.20)$$

Adicional a esto se debe considerar que el soporte también cuenta con un peso el cual se encuentra definido por el fabricante como 16,9 [Kg/m], y se ha decidido una longitud de 0,75 [m].

Para el cálculo de esfuerzos se considera la siguiente representación de nuestro sistema:

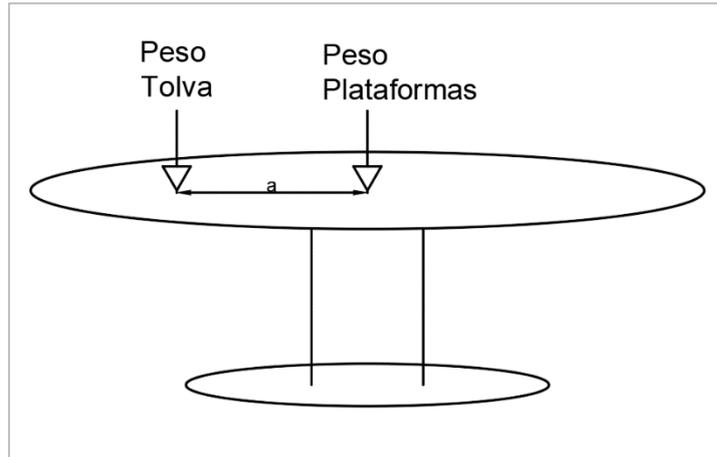


Figura 2.17 Diagrama de cuerpo libre del soporte.

En dónde  $a$  es la distancia desde el centro del soporte hasta el peso de la plataforma igual a 0,20 [m] y  $h$  la altura del soporte, bajo estas premisas realizaremos los cálculos de esfuerzos empezando por encontrar los momentos con la siguiente ecuación:

$$\hat{M} = \hat{r} \times \hat{W} \quad (2.21)$$

$$\hat{M} = (a\hat{i} + h\hat{j}) \times (-W_{pl}\hat{j}) + (h\hat{j}) \times (-W_T\hat{j}) + (h\hat{j}) \times (-W_s\hat{j})$$

$$\hat{M} = -(aW_{pl})\hat{k}$$

Mientras que para el peso total se considera la suma de todas las cargas incluyendo la del soporte la cual considerando una altura de 1 [m] es de 165,7 [N]. Luego para proceder con los esfuerzos se debe definir la geometría del soporte, para nuestro caso hemos escogido un perfil estructural, redondo hueco de diámetro 4 1/2" equivalente a 0,114 [m] con un espesor de 0,006 [m], con estos datos se podrá trabajar en las siguientes ecuaciones:

$$I = \frac{\pi}{4}(R^4 - r^4) \quad (2.22)$$

$$J = 2I \quad (2.23)$$

$$c = R - \frac{e}{2} \quad (2.24)$$

En dónde:  $I$  es la inercia del soporte que en este caso es un cilindro hueco,  $J$  es el módulo de torsión del soporte que al poseer forma cilíndrica es simplemente el doble de la inercia, y  $c$  es la distancia desde el centro hasta la mitad sólida del soporte. Una vez encontrados estos valores podremos encontrar los esfuerzos aplicados con las siguientes ecuaciones:

$$\sigma = \frac{W_{total}}{\pi r^2} + \frac{M_z c}{I_z} \quad (2.25)$$

$$\tau = \frac{T \cdot c}{J} \quad (2.26)$$

En dónde  $\sigma$  es el esfuerzo axial de compresión y  $\tau$  es el esfuerzo cortante.

#### 2.5.1.5.2 Factor de Seguridad

Para encontrar el factor de seguridad de nuestro equipo se considera trabajar por el método de energía distorsión ya que se analiza al equipo de manera estática, por ello se plantea la siguiente ecuación:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} \quad (2.27)$$

Considerando que  $\sigma_y = 0$ , se tiene:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} \quad (2.28)$$

Y para obtener el factor de seguridad la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad (2.29)$$

#### 2.5.1.6 Interruptor de pie

El interruptor de pie o pedal eléctrico es un equipo necesario para el funcionamiento de la dosificadora ya que permitirá al operador realizar su trabajo de manera cómoda mientras se encuentra sentado, realizando

el respectivo llenado de los empaques, la manera que se utiliza se presenta en la siguiente imagen:

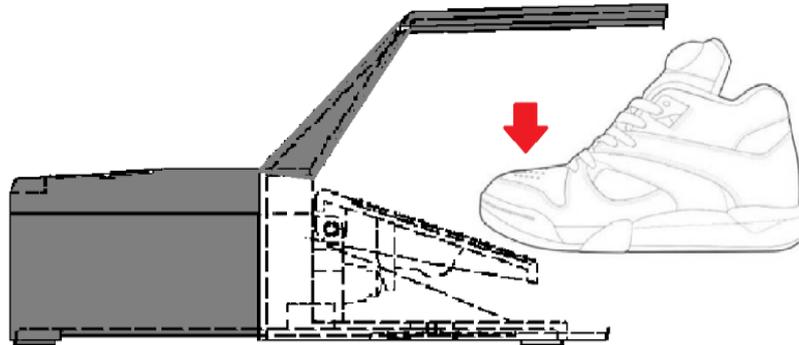


Figura 2.18 Funcionamiento del interruptor de pie.

En donde, se aprecia que aplicando una pequeña fuerza sobre un pedal se realiza un contacto eléctrico permitiendo el paso de corriente por este medio, esto funciona debido a la configuración presentada a continuación:

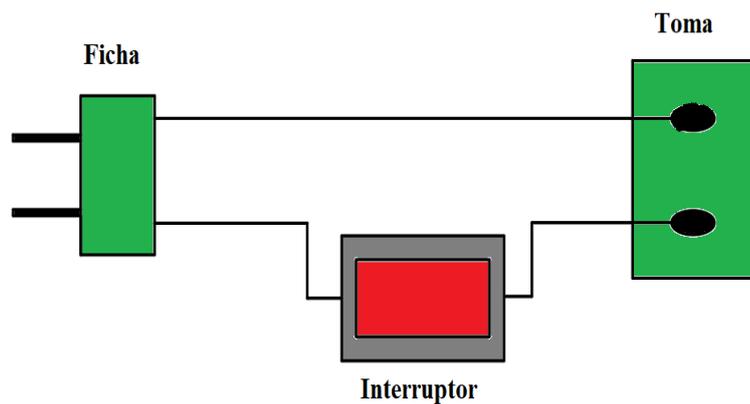


Figura 2.19 Conexión del interruptor de pie.

Se aprecia que la corriente de la toma no llegara a su objetivo sin antes accionar el interruptor de pie, ya que no es necesario realizar un transformador de voltaje en nuestro proyecto se conecta la línea directamente al enchufe más cercano y se selecciona un interruptor de pie del mercado.

### 2.5.1.7 Pistones a gas

El pistón a gas es un elemento simple pero muy eficiente, consiste en el depósito de gas nitrógeno a una muy alta presión dentro de dos cilindros con un embolo, para su funcionamiento requiere del accionar de una pequeña fuerza en uno de sus extremos, esto generará que el embolo se alargue levantando pesos de hasta 1000 Newton dependiendo del modelo de pistón, para nuestro equipo será solo necesario que pueda elevar el peso que dispone la tolva y la plataforma superior, por lo que para su selección necesitaremos cumplir la siguiente condición:

$$F_{pistón} > W_T + W_{pl} \quad (2.30)$$

Sin embargo, debido a la posición que ocupa en nuestro equipo se deberá de contar con dos pistones, por ello la condición quedaría de la siguiente forma:

$$F_{pistón} > \frac{W_T + W_{pl}}{2} \quad (2.31)$$

### 2.5.1.8 Montaje del equipo

Al trabajar con materiales pesados se debe tener suma precaución al transportar los elementos de un lugar otro, la correcta manera de ensamble es la siguiente:

- Primero, debe de realizarse el proceso de soldadura TIG entre la plataforma inferior y el soporte para luego empernar el soporte al suelo y así evitar su movilidad.
- Luego, se debe colocar el soporte superior de tal manera que se mantenga una distancia de 16 cm mediante la señalización colocada en los pernos, para ello deberán colocarse primero las tuercas en las partes sombreadas del perno y posteriormente el pistón a gas, para que los vasos volumétricos puedan moverse sin ningún esfuerzo adicional por parte del motor paso a paso.

- Se debe soldar la tolva a la plataforma superior con la soldadura TIG, para luego colocar los vasos volumétricos, en donde se insertará el eje del motor paso a paso, el cual se encuentra sostenido con su respectivo soporte, finalmente si se desea dosificar una cantidad diferente se debe retirar todo el producto de la tolva, elevar la plataforma superior con el sistema de pistones a gas y retirar los vasos volumétricos por el otro par.

### **2.5.2 Diseño de selladora de Banda Continua**

El primer paso es establecer parámetros en base a requerimientos del cliente. El tamaño de la banda debe ser el suficiente para transportar bolsas de café de hasta 5 [lb] por lo que se asumen sus dimensiones a ser de  $S = 0.80$  [m] de largo,  $b = 0.15$  [m] de ancho, una velocidad variable para la banda de  $v = 0$  a  $0.1$  [m/s], esta rapidez se puede lograr con una resistencia variable para controlar la corriente que llega al motor eléctrico y por último se empleará un diámetro para los rodillos de  $D = 0.10$  [m]. La aplicación no exige un estudio detallado de la banda en cuanto a composición se refiere ya que no estará expuesta a condiciones extremas, a golpes, a fricción desgastante, ni a un producto que pudiera romperla, por lo que se seleccionará en base a catálogo una banda que cumpla con la función requerida. Estas consideraciones son suficientes para empezar a diseñar la selladora. Se estima una carga extrema a soportar por la banda de  $(3 \text{ [lb]} \times 5)$  de  $15 \text{ [lb]} = \omega = 6.81$  [kg] de producto. Por lo que el motor deberá ser capaz de movilizar la banda a la velocidad deseada a esa capacidad.

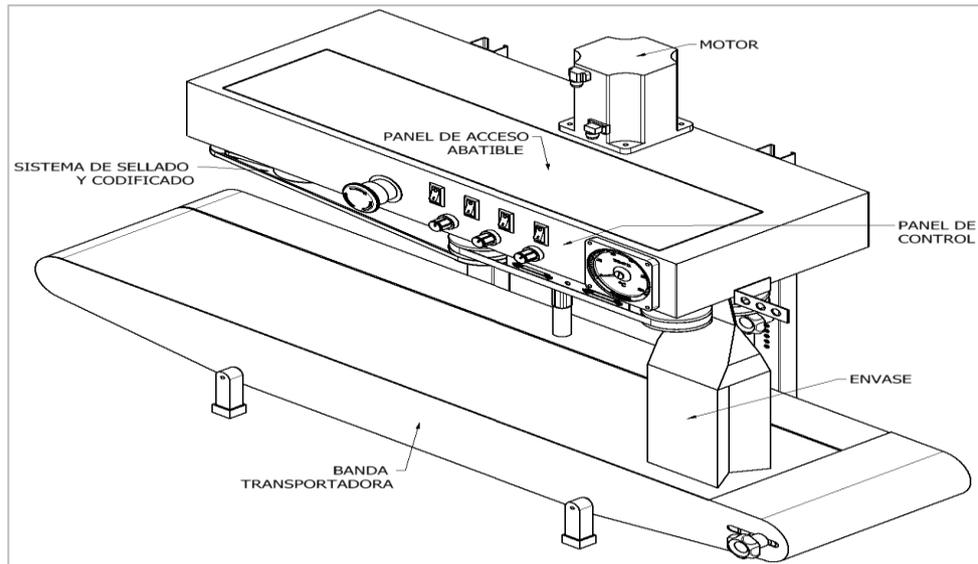


Figura 2.20 Selladora de banda continua.

## 2.5.2.1 Banda Transportadora

### 2.5.2.1.1 Material de Banda Transportadora

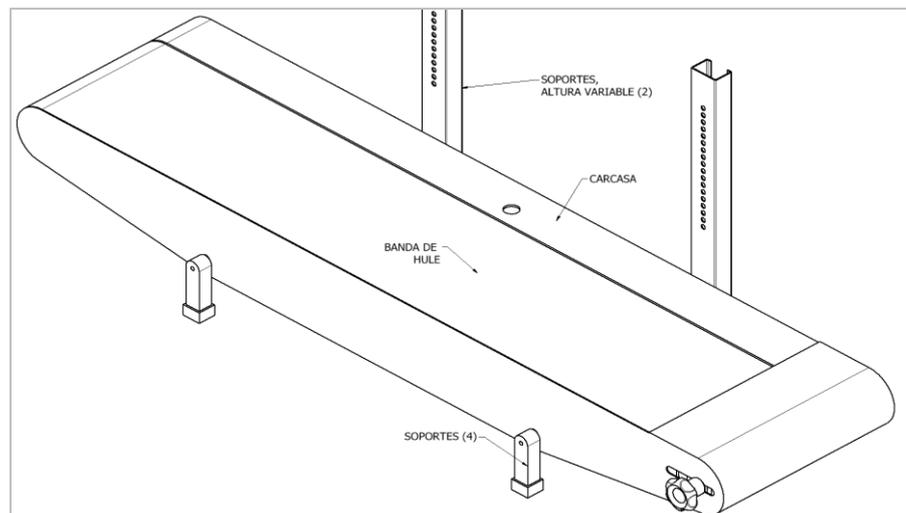


Figura 2.21 Banda transportadora.

Imaginando la situación en donde el operador decidiera apoyar su peso en la banda transportadora, eso significaría agregar un peso promedio de 68.0 [kg] a los 11.4 [kg] anteriormente considerados para un total de  $Q = 79.4$  [kg]. Esto significa que la banda debe soportar una carga por unidad de longitud de:

$$(Q \cdot g) / b \quad (2.32)$$

Con una carga tan pequeña, el material de la banda es indiferente por lo que se puede escoger un material económico que cumpla con las dimensiones y que no patine sobre las poleas. Una banda de poliéster o de nylon de una capa sería suficiente ya que estos materiales soportan cargas de hasta 120 [kN/m] como se puede apreciar en la figura 5,1 ubicada en anexos. En todo caso, se debe comprobar la tensión unitaria de la banda para determinar el material de la misma.

### 2.5.2.1.2 Estructura

Se espera que la parte superior que corresponde a la selladora sea mucho menor a un peso de 18.00 [kg] y se asume una carga distribuida de 9.00 [kg] para cada uno de los soportes. Se estima un peso de la banda transportadora de 15 [kg] incluyendo la carga añadida debido al producto. Se encuentran las reacciones aplicando las ecuaciones de Newton y se realizan los respectivos diagramas de fuerza cortante y momento flector.

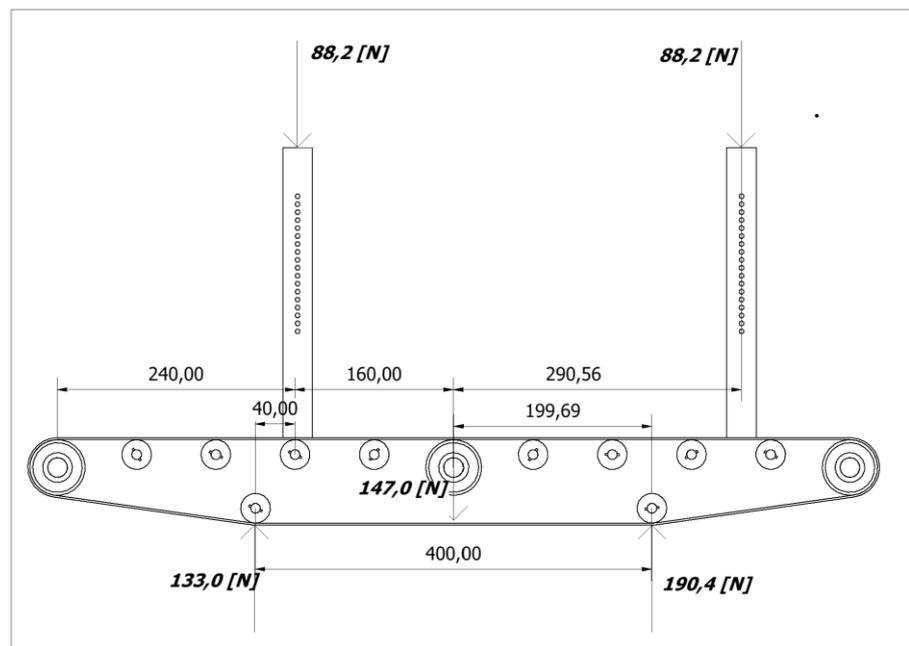


Figura 2.22 Fuerzas y Reacciones.

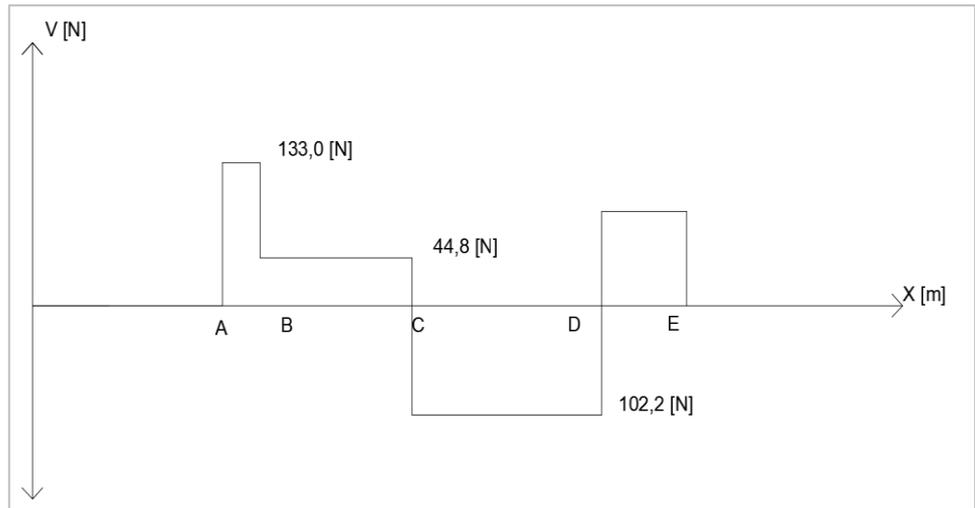


Figura 2.23 Diagrama de Fuerzas Cortantes.

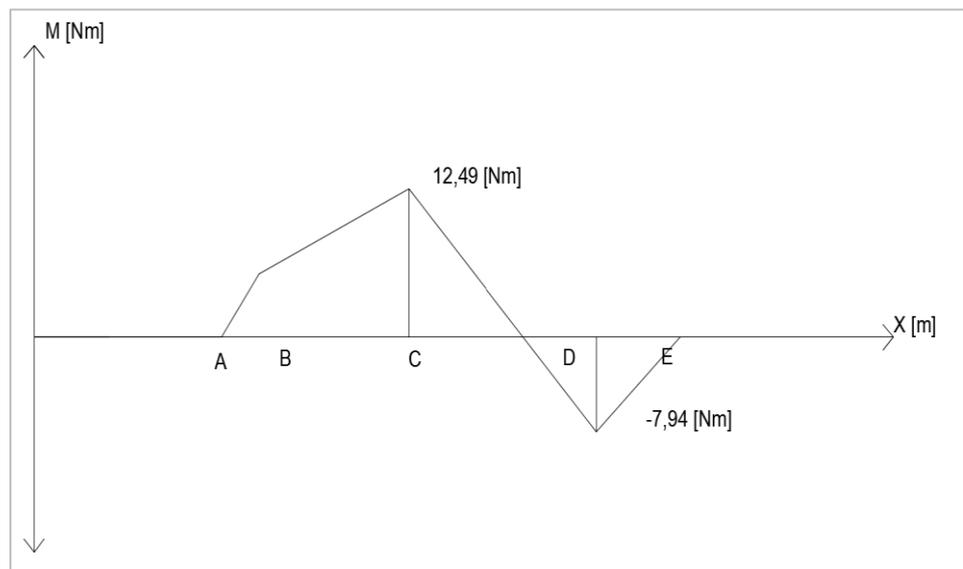


Figura 2.24 Diagrama de Momentos Flectores.

### Teoría de falla en los puntos críticos

Los lugares donde se estiman se encontrarán los puntos críticos son los puntos C y D que corresponden a el rodillo central que transmite el movimiento a la banda transportadora y a una de las bases del equipo respectivamente. El rodillo, punto C, es sometido a esfuerzo cortante y a esfuerzo flector debido a la carga aplicada en ese punto con respecto a sus extremos.

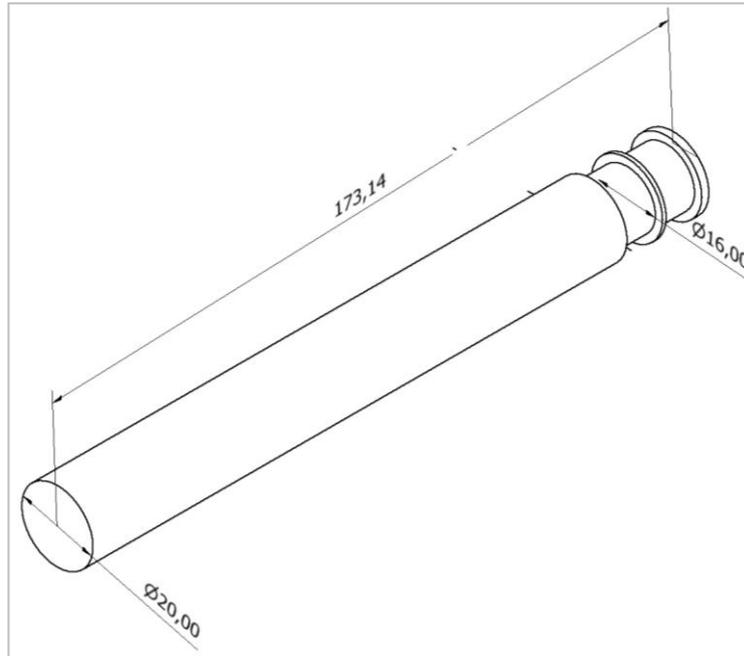


Figura 2.25 Rodillo principal de Banda Transportadora.

Empezando por el esfuerzo normal de flexión, el cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$\sigma_x = \frac{4 M}{\pi r^3} \quad (2.33)$$

Donde:

$\sigma_x$  = Esfuerzo Normal de Flexión [N/m<sup>2</sup>]

$M$  = Momento Flector [Nm]

$r$  = Distancia desde el eje de inercia al punto más lejano [m]

Luego se calcula el esfuerzo debido a la carga cortante:

$$\tau_{xy} = \frac{V}{A} \quad (2.34)$$

Donde:

$V$  = Carga cortante en ese punto [N]

$A$  = Sección transversal [m<sup>2</sup>]

$$\tau_{xy} = \frac{V}{\pi r^2} \quad (2.35)$$

Utilizando la fórmula de Energía de Distorsión de Von Mises se obtiene:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (2.36)$$

Finalmente, el Factor de seguridad se obtiene comparando este esfuerzo resultante con la resistencia a la fluencia del material, el aluminio:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (2.37)$$

La base, punto D, es sometida a esfuerzo cortante y a esfuerzo de compresión debido a la mitad de la carga en ese punto ya que son dos bases dispuestas paralelamente que dividen la carga equitativamente.

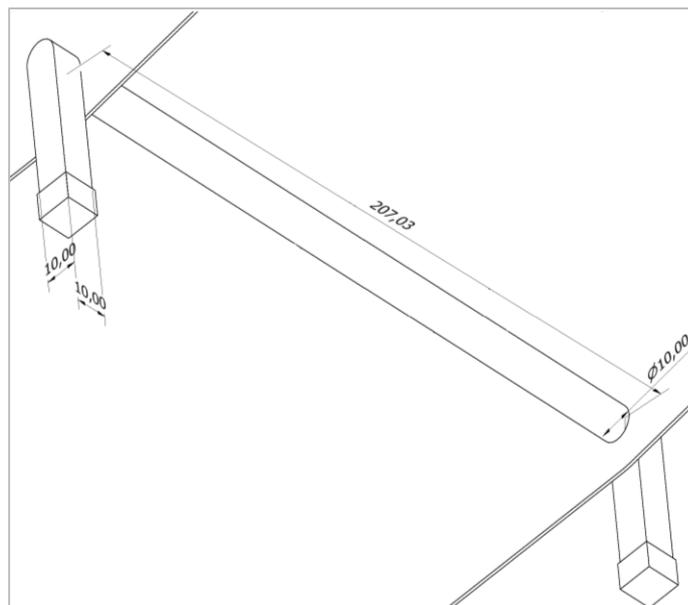


Figura 2.26 Rodillo libre y Bases de Banda Transportadora.

Al igual que el elemento anterior, se calcula el esfuerzo normal de flexión:

$$\sigma_x = \frac{4 M}{\pi r^3} \quad (2.38)$$

También se calcula la falla por compresión del elemento vertical de la base:

$$\sigma_y = \frac{F}{2A_2} \quad (2.39)$$

Donde:

$F$  = Fuerza en ese punto [N] =  $V$

$A_2$  = Área de perfil cuadrado [m<sup>2</sup>]

Luego se calcula el esfuerzo debido a la carga cortante:

$$\tau_{xy} = \frac{V}{2A} \quad (2.40)$$

Utilizando la fórmula de Energía de Distorsión de Von Misses se obtiene:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (2.41)$$

Finalmente, el Factor de seguridad se obtiene comparando este esfuerzo resultante con la resistencia a la fluencia del material que en este caso es el aluminio (276 MPa):

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (2.42)$$

### 2.5.2.2 Sistema de Transmisión de potencia

El motor seleccionado gira a velocidad en un rango de velocidad de 0 a 700 [rpm] en el cual brinda un torque continuo de 3,4 [Nm], este valor no es suficiente para trasladar la carga en la banda transportadora, además, se requiere usar el mismo motor para también darle movimiento a los sistemas de sellado y codificado a una misma velocidad que la banda transportadora.

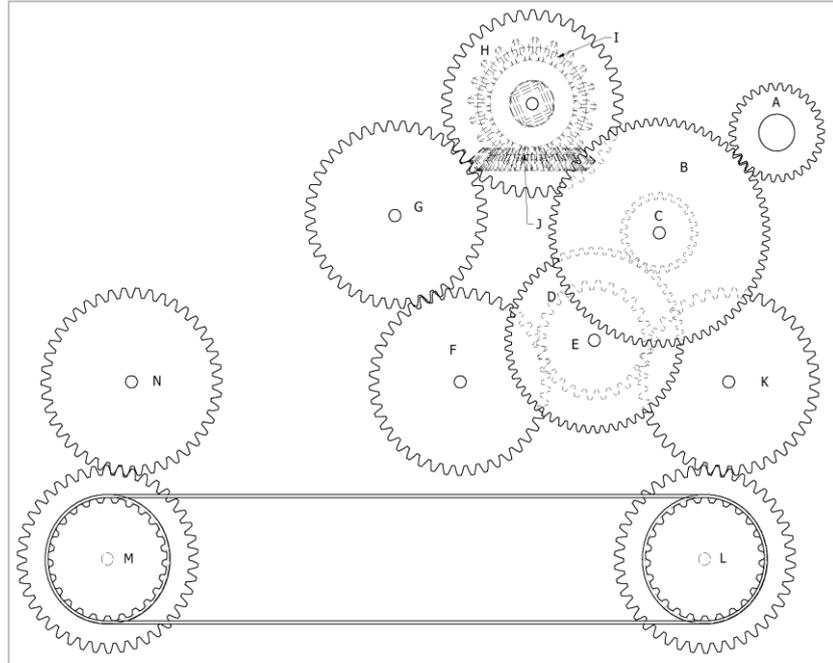


Figura 2.27 Diagrama de Engranajes para transmisión de Potencia.

La velocidad máxima a la que se llevará el motor es  $\omega_1 = 700$  [rpm], el engrane recto A, gira a esa velocidad a una potencia de  $P_1 = 250$  [W] que transmite al engrane, B con una eficiencia teórica  $\eta_1 = 0,844$ ; la velocidad y potencia de la corona es:

$$\omega_B = \frac{N_A \omega_A}{N_B} \quad P_B = \eta_1 P_A \quad (2.43)$$

Debajo del engrane B se ubica otro engrane recto C,  $N_C = 24$ , que gira a una velocidad igual que la corona  $\omega_2 = \omega_3 = 131,25$  [rpm] y a una misma potencia; y transmite potencia a un engrane recto más grande,  $N_4 = 41$  y una eficiencia  $\eta_2 = 0,98$ ; la velocidad  $\omega_4$  es:

$$\omega_4 = \frac{N_3 \omega_3}{N_4} \quad P_4 = \eta_2 P_3 \quad (2.44)$$

Los engranes  $N_5, N_6, N_7, N_8, N_9$  y  $N_{10}$  tiene idénticas características al engrane  $N_4$ , por ende, la velocidad de dichos engranes será igual, lo que varía es la potencia la cual se pierde en un margen de 2% en cada contacto. Los resultados para cada engrane se listarán en el siguiente capítulo.

### 2.5.2.3 Sistema de Sellado y Codificado

A continuación, se presenta una vista 3D del sistema de sellado y codificado en donde se pueden apreciar sus partes más importantes:

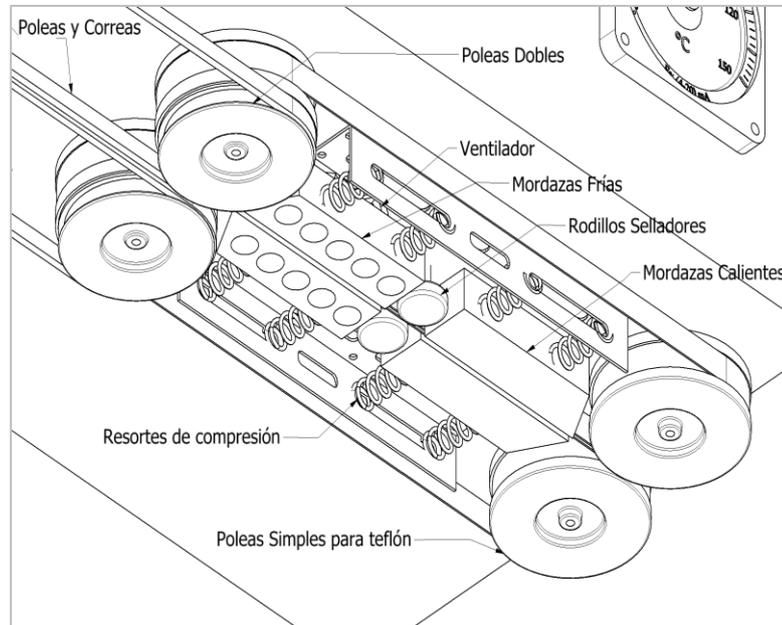


Figura 2.28 Diagrama de Sistema de Sellado.

#### 2.5.2.3.1 Motor

Se requiere conocer la velocidad con la que girará la polea. Se estima que la banda se trasladará a una rapidez máxima de 0.2 [m/s] lo que significa que la velocidad angular máxima ( $\Omega$ ) sería:

$$\Omega = \frac{2v}{D} \quad (2.45)$$

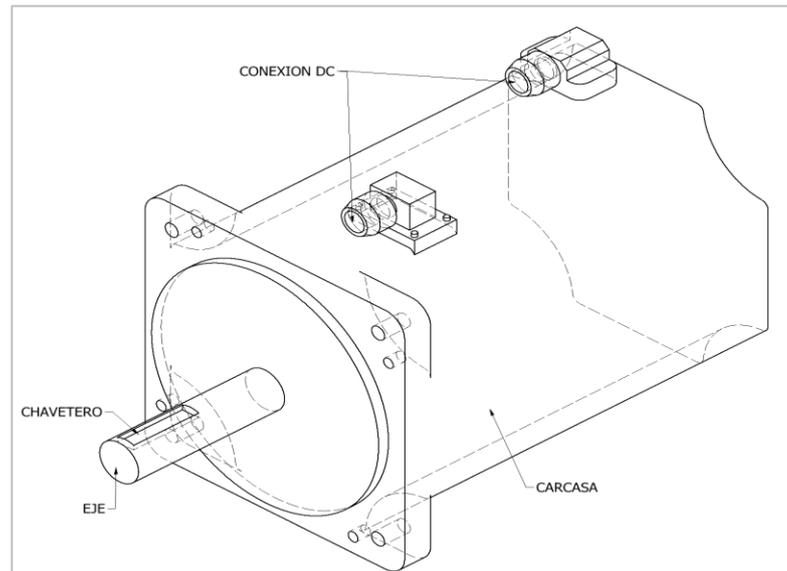
Y un torque ( $T$ ), con un Factor de Seguridad de 1.5 de:

$$T = (1,5)w \cdot g \cdot \frac{D}{2} \quad (2.46)$$

La potencia ( $P$ ) requerida del motor será entonces de:

$$P = T \cdot \Omega \quad (2.47)$$

Se buscará un motor adecuado que ofrezca las condiciones necesarias para poder realizar la labor requerida. Existen diversos catálogos de servo motores que ofrecen el torque necesario para esta aplicación, como el CPM-MCVC-3441S-RLN de Teknic que ofrece tanto control manual como programable, de acuerdo con lo que requiera el cliente.



**Figura 2.29 Servo Motor.**

### **2.5.2.3.2 Calor necesario y Resistencias eléctricas**

Para el posterior cableado y cálculo de corriente y potencia se requiere establecer el rango de temperatura en el que trabajará el equipo, las mordazas de cobre necesitan llegar a una temperatura máxima de 350 °C para sellar el envase aluminizado sin fundirlo. Para ello, se necesita saber cuánto calor se requiere aplicar a las placas de niquelina cubiertas de teflón para llegar a esa temperatura que mediante conducción directa otorgará a las placas de cobre, utilizando la fórmula elaborada por Joseph Black para encontrar el calor sensible:

$$Q = Cp m \Delta T \quad (2.48)$$

Donde:

$C_p$  = Calor Específico a presión constante del envase [cal/g °C]

$m$  = Masa estimada del envase en la región a calentar [g]

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura [°C]

Lo que convertido a Watts es  $Q = 0,476$  [Wh] por envase, y contando con electricidad doméstica de 110 [V] se requieren dos resistencias eléctricas de 250 W los cuales tienen 3/8 de pulgada de diámetro y se ubican recubiertas de pasta térmica dentro de las mordazas de cobre.

### 2.5.2.3.3 Sistema de Codificado

Se requiere de un sistema fácil de montar en el equipo, económico y sencillo; por lo que se optó por un sistema de transferencia de tinta, por sobre la impresión por inyección o impresión láser, que implican un costo más elevado y la utilización de software. La impresión por transferencia de tinta requiere el uso de un rollo de cinta impregnada en tinta, un rollo para recolectar la cinta utilizada, un rodillo con los indentadores que portan las letras y números dispuestos de manera invertida y otro rodillo para aplicar presión entre la cinta y el rodillo con los indentadores, y por último un sensor de movimiento.

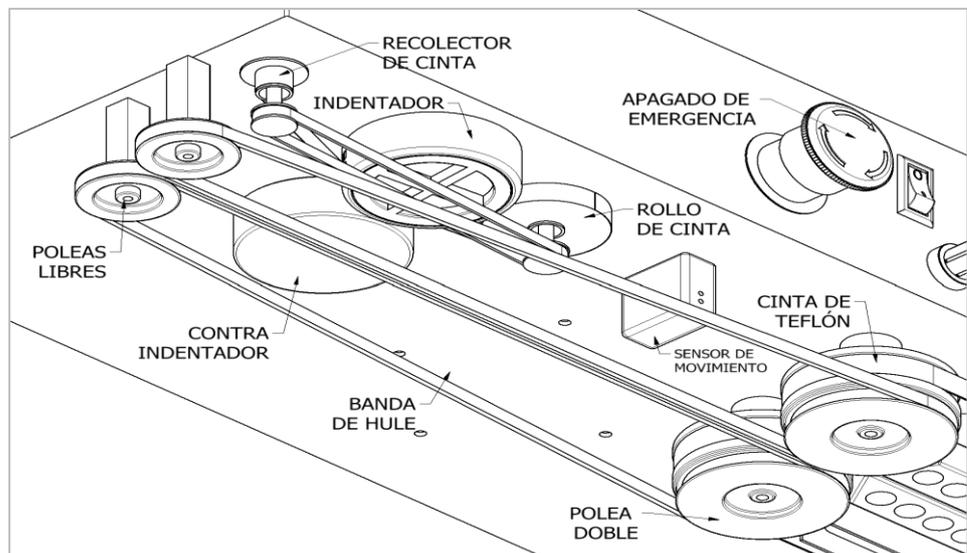


Figura 2.30 Diagrama de Sistema de Codificado.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANALISIS

El experimento ejecutado en el capítulo 2 muestra que el nivel de tueste afecta a la masa del producto a un volumen constante.

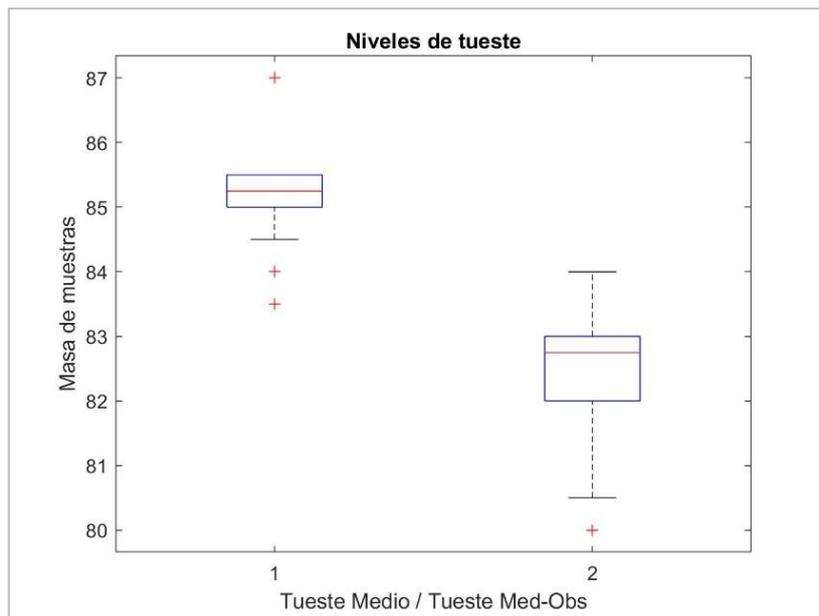


Figura 3.1 Caja y bigotes de la masa de distintos niveles de tueste.

Se optó por continuar con una dosificadora de tipo volumétrica, ya que, de todas maneras, desde un principio se sabía que este tipo de dosificadora requeriría una calibración previa para cada lote. Optar por una dosificadora de gravedad o másica representaría un costo mayor del equipo como de mantenimiento, parámetros que van en contra de lo requerido por el cliente.

A continuación, se describirán los resultados obtenidos de los cálculos realizados para los distintos equipos y partes, siguiendo una organización similar a la utilizada en el capítulo anterior. Se detallarán en tablas los datos más relevantes de cada sección empezando por la dosificadora, hasta concluir con el sistema de codificado de la selladora.

### 3.1 Dosificadora

#### 3.1.1 Dimensiones de Tolva

Recordemos que parte de la problemática de nuestro proyecto es el alto costo de los equipos y el espacio que ocupan, por ello se debe dimensionar correctamente cada parte del equipo, para ello iniciaremos con la tolva; al utilizar la ecuación (2.1) se obtuvo que el volumen del café en la tolva es de  $0,013 [m^3]$ , dicho volumen nos ayudará a encontrar el volumen final puesto que utilizando la ecuación proporcionada por ACRISON:

$$x = V \cdot \frac{100}{35}$$

Se obtiene que el volumen total de la tolva es  $0,037 [m^3]$ , cabe aclarar que este volumen es total y para estos cálculos no se considera que la tolva sea hueca, luego al utilizar la ecuación (2.3).

$$h = 3 \cdot \frac{V}{\pi(R^2 + r^2 + Rr)}$$

Se obtiene que las dimensiones de la tolva serían:

**Tabla 3.1 Geometría de tolva.**

Diámetro mayor [m]	Diámetro menor [m]	Altura [m]	Espesor [m]
0,45	0,10	0,55	0,0007

#### 3.1.2 Esfuerzos en Tolva

Para la obtención de los resultados de esfuerzos en la tolva hemos generado un análisis en el software ANSYS, con el objetivo de que se pueda entender el comportamiento de la tolva al encontrarse solamente llena al 35% de su capacidad como se explicó anteriormente en el capítulo 1, dicho esto se generó la siguiente gráfica:

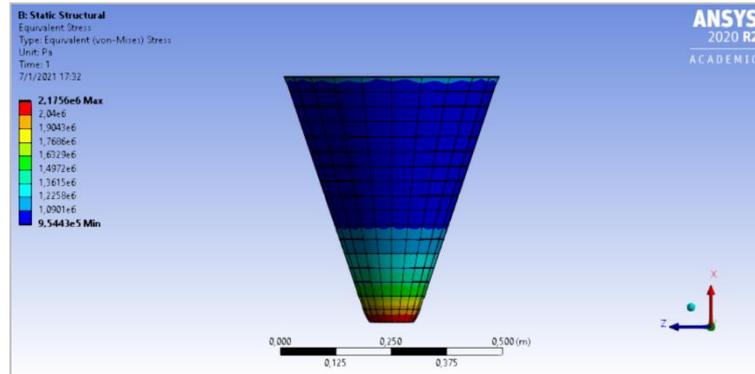


Figura 3.2 Análisis de esfuerzos en tolva al 35% de su capacidad, (ANSYS).

Como se aprecia en la ilustración --, el mayor esfuerzo en la tolva se produce en la parte inferior al estar sometido a una presión homogénea generada por el café, a su vez en las zonas donde no se encuentra el producto la tolva permanece estable con un mínimo esfuerzo generado por su mismo peso.

### 3.1.3 Dimensiones de vaso volumétrico

Recordando que el valor del diámetro del vaso ha sido obtenido gracias a la tolva, se tiene que con la ecuación (2.5) se puede obtener la incógnita, que en este caso es la altura del vaso:

$$h_v = \frac{V}{\pi r^2}$$

Dónde  $h_v$  es la altura del vaso con un valor aproximado a los  $0,166[m]$  o  $16,6 [cm]$  y espesor de  $0,7 [mm]$ .

### 3.1.4 Esfuerzos en soldadura

Habiendo obtenido un esfuerzo sobre la tolva de  $4,06 [MPa]$ , se planea resolver mediante las ecuaciones (2.9 - 2.11). Obteniendo así que:  $\sigma = \tau_n = 0,32 [MPa]$  y  $\tau_A = 0$ , y con la ecuación (2.13) de esfuerzos en plano de garganta:

$$\sigma_c^* = \sqrt{(S \cdot \cos(45))^2 + 1,8 \cdot (S \cdot \sen(45))^2 + S_A^2} \leq \sigma_u$$

Obtenemos que  $\sigma_c^* = 0,5 [MPa]$ , mientras que  $\sigma_u = 599,8 [MPa]$ , por lo que el factor de seguridad sería de  $N = 1106$ .

### 3.1.5 Estimación de pesos

Al visualizar la ilustración 18 se pueden apreciar las fuerzas a las que se encuentra sometido el soporte, estas fuerzas se generan únicamente debido a los pesos de las piezas del equipo por lo que al obtener las masas de cada pieza se obtendrá el peso de cada una al utilizar las ecuaciones (2.17 - 2.20) generando así, la siguiente tabla de resultados:

**Tabla 3.2 Resultado de fuerzas y momentos sobre el soporte.**

Pesos					Momento
Tolva [N]	Vaso volumétrico [N]	Plataforma superior e inferior [N]	Café [N]	Soporte [N]	Soporte [Nm]
26,0	19,4	2639,5	44,0	124,3	14,11

### 3.1.6 Análisis de Esfuerzos

Se debe aclarar que el análisis de esfuerzos se realiza únicamente en el soporte del equipo, puesto que es donde se concentran la mayor cantidad de esfuerzos debido a que debe soportar el peso de todas las piezas, recordemos que la geometría del soporte fue presentada en el capítulo 2, para ello se aplicaran las ecuaciones (2.22 - 2.24), mientras que para encontrar los esfuerzos a los que se encuentra sometido el soporte, se utilizan las ecuaciones (2.25 y 2.26), obteniendo así las siguientes tablas de resultados:

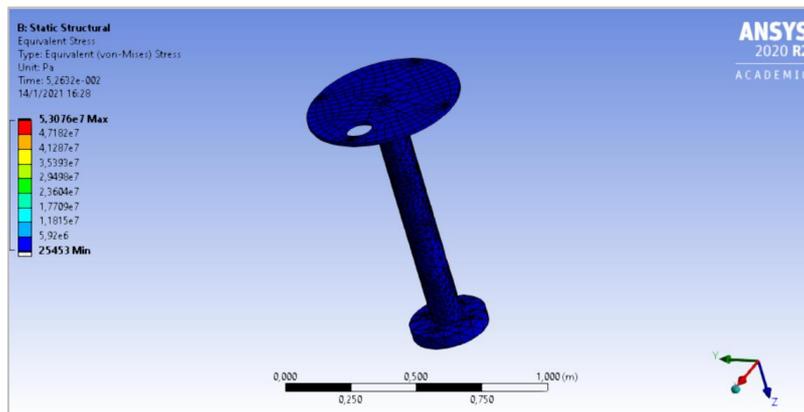
**Tabla 3.3 Resultados de inercia y momento torsor del soporte.**

$I [m^4]$	$J [m^4]$	$c [m]$
$3,02 \times 10^{-5}$	$6,04 \times 10^{-5}$	0,058

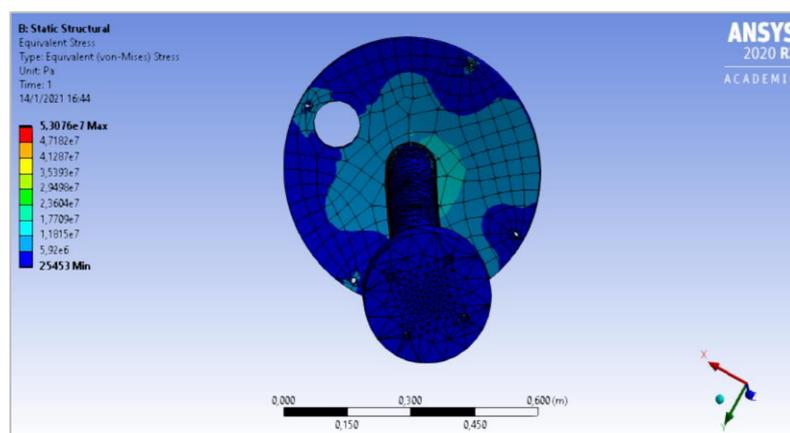
**Tabla 3.4 Resultados de esfuerzos normales y cortantes.**

$\sigma$ [MPa]	$\tau$ [MPa]
2,6	0

Al igual que con el análisis en la tolva también se realizó un análisis de esfuerzos en el software ANSYS para una mayor compresión, esto se presenta en las siguientes ilustraciones:



**Figura 3.3 Análisis de esfuerzos en soporte vista 3D.**



**Figura 3.4 Análisis de esfuerzos en soporte vista inferior 3D.**

En donde se puede apreciar como los esfuerzos que se generan son sumamente pequeños en comparación con la resistencia del material, tanto

para la plataforma inferior hecha de acero inoxidable y el soporte que se encuentran hecho con acero estructural, por lo que se espera un factor de seguridad alto.

### 3.1.7 Obtención del factor de seguridad del soporte

Mediante la ecuación (2.27) de energía distorsión:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

Considerando que  $\sigma_y = 0$ , se obtiene:

$$\sigma' = (\sigma_x^2)^{1/2}$$

Obteniendo así que  $\sigma' = 2,6 [MPa]$ , luego con la ecuación (2.29).

$$\sigma' = \frac{S_y}{n}$$

En donde  $S_y = 250 [MPa]$ , por lo que se obtiene un valor  $n$  equivalente al factor de seguridad superior a **95**, el cual es un valor, que no se puede disminuir fácilmente, debido a las siguientes razones:

- Las fuerzas no son lo suficientemente grandes para aumentar el esfuerzo generado en el soporte.
- El esfuerzo de fluencia del acero estructural es demasiado elevado.
- Reducir el diámetro del soporte podría sugerir una reducción enorme en el factor de seguridad, sin embargo, la percepción del ser humano no relaciona seguridad con dimensiones pequeñas.

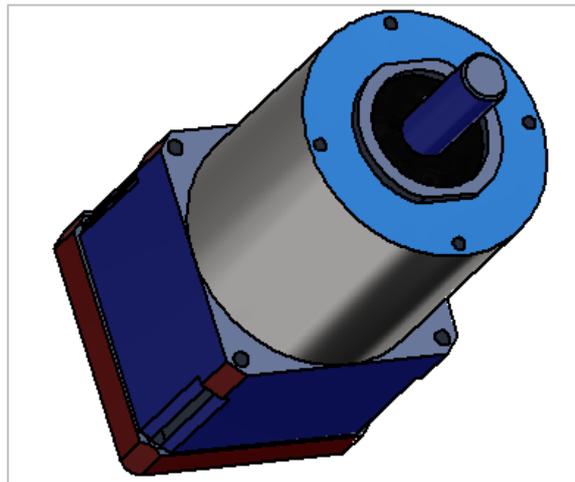
### 3.1.8 Selección del motor paso a paso

Para la obtención de la potencia del motor se necesita encontrar la velocidad angular y el torque necesario para ello se emplean las ecuaciones (2.14 - 2.16), obteniendo así la siguiente tabla de resultados:

**Tabla 3.5 Especificaciones necesarias del motor paso a paso.**

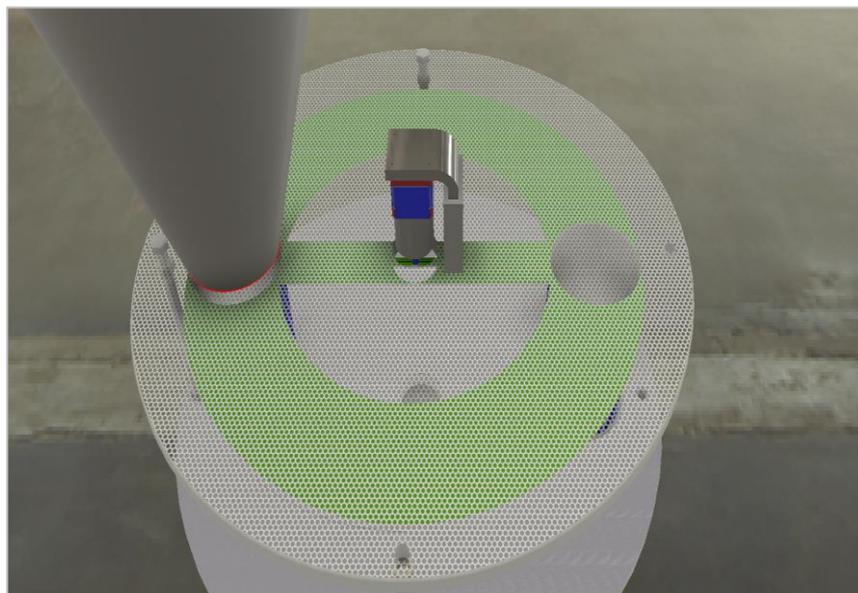
Velocidad angular [ <i>rad/s</i> ]	Torque [ <i>Nm</i> ]	Potencia [ <i>W</i> ]
1,05	4,80	5,00

Con estos datos se ha seleccionado un motor paso a paso modelo BH42 SH 38 - 1684 PL- 19.2 Torque 5,4 Nm, el cual se puede apreciar en la siguiente imagen:



**Figura 3.5 Motor de paso para Dosificadora.**

### **3.1.9 Vista en CAD de diseño de dosificadora final**



**Figura 3.6 Dosificadora de Polvos y Granos, vista 3D superior.**

## 3.2 Resultados de Selladora y Codificadora

### 3.2.1 Banda Transportadora

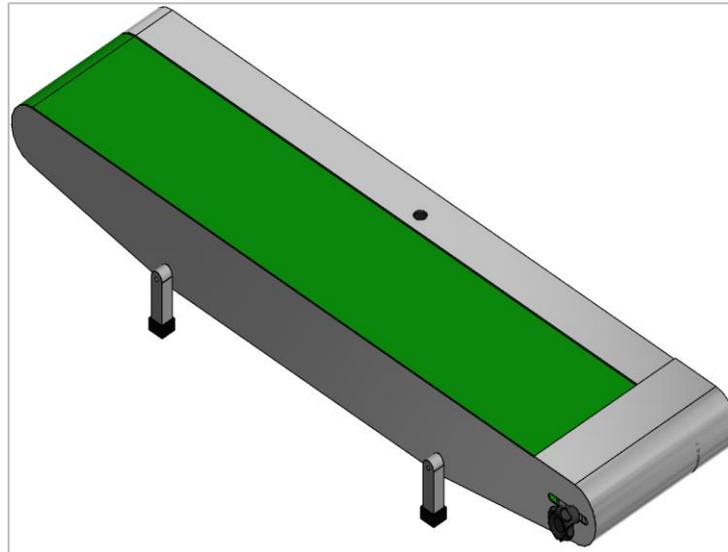


Figura 3.7 Banda Transportadora, vista 3D.

La banda transportadora recibe una potencia de 198,54 [W] a una velocidad de 76,83 [rpm] del sistema de transmisión principal. El movimiento se transmite de un eje a otro mediante engranes cónicos con una relación de 1:1 para conservar la velocidad. El rodillo conectado al eje de transmisión de potencia de la banda tiene el mismo diámetro que el diámetro de paso de los engranes, para asegurar que la velocidad de la banda sea igual a la velocidad del sistema de sellado y codificado. Con estos parámetros se obtiene un rango de velocidad lineal de 0 – 0,225 [m/s].

Tabla 3.6 Características de Banda Transportadora.

	Material	Dimensiones [mm]	Velocidad de rodillos [rpm]	Velocidad lineal [m/min]	Torque [Nm]	Potencia [W]
<b>Banda Transportadora</b>	Nylon - 1 capa	1800 x 150 x 2	76,83	0-13,52	11,85	95,36

**Tabla 3.7 Resultados de Análisis de Falla en los elementos críticos.**

<b>Elemento Crítico</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cortante y Momento Flector</b>	<b>Esfuerzos</b>	<b>Factor de Seguridad</b>
Rodillo Central	Ø10 x 174 [mm]	44,8 [N] 3,9 [Nm]	$\sigma_x = 39,7$ [MPa] $\sigma_y = 0$ [MPa] $\tau_{xy} = 0,57$ [MPa]	$n = 6,9$
Base	Ø10 x 207 [mm]	102,2 [N] 10,6 [Nm]	$\sigma_x = 108,3$ [MPa] $\sigma_y = 1,42$ [MPa] $\tau_{xy} = 0,65$ [MPa]	$n = 2,6$

### 3.2.2 Sistema de Transmisión de Potencia

El motor seleccionado proporciona un torque continuo de 3,4 [Nm] en un rango de velocidad de 0 a 700 [rpm]. El sistema de transmisión de potencia entrega el torque necesario para movilizar tanto la banda transportadora, el sistema de sellado, y el sistema de codificado a una velocidad idéntica para los 3 sistemas. A 700 [rpm] y 250,0 [W] de potencia el tornillo sin fin de 3 hilos transmite una velocidad de 131,25 [rpm] y una potencia de 211,3 [W] a la corona de bronce de 16 dientes la cual transite esta velocidad a un piñón de 24 dientes en su mismo eje, el cual se encuentra debajo de la corona. El piñón transmite una potencia de 206,8 [W] y una velocidad de 76,83 [rpm] a dos engranes. De aquí en adelante todos los engranes tienen una relación 1:1 por lo que se mantendrá la velocidad para todos los sistemas. El piñón transmite potencia al sistema de sellado y a la banda transportadora. Los engranes del sistema de sellado transmiten potencia a los engranes del sistema de codificado por medio de una cadena y ruedas dentadas que comparten el mismo eje que los engranes.

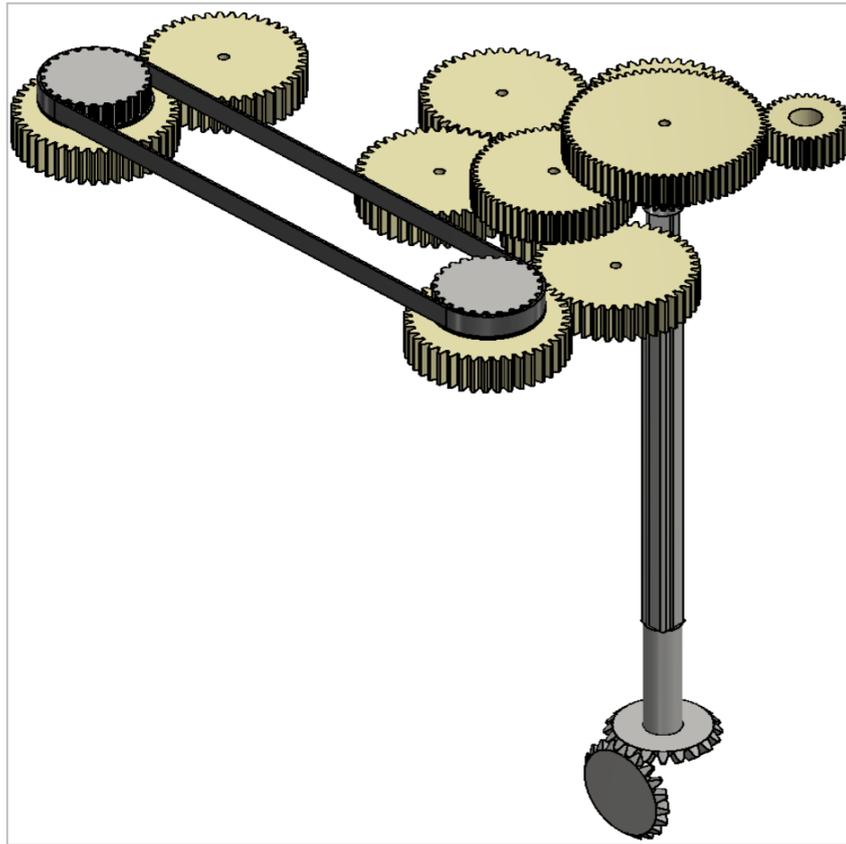


Figura 3.8 Sistema de Transmisión de Potencia, vista 3D.

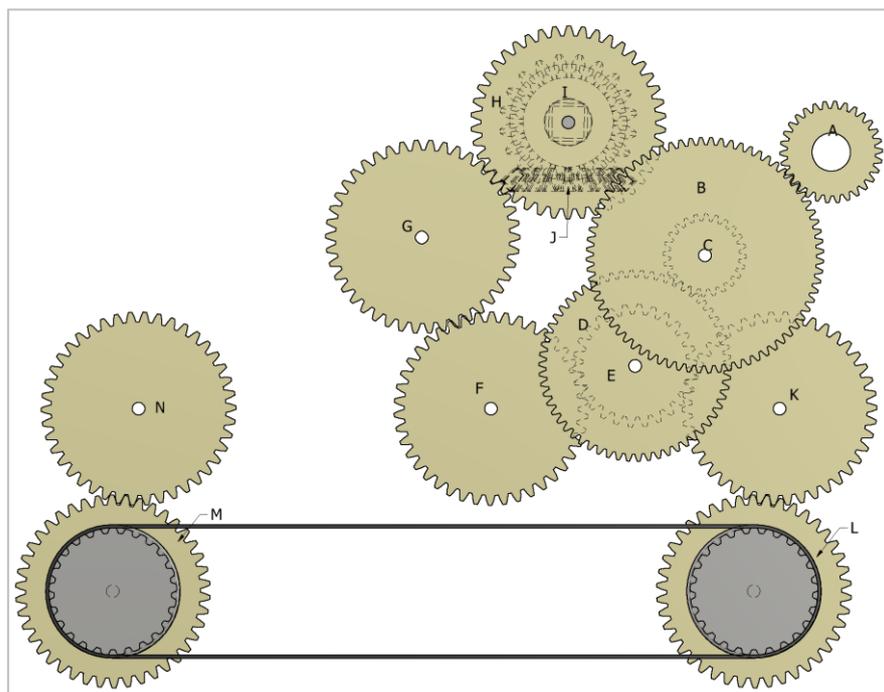
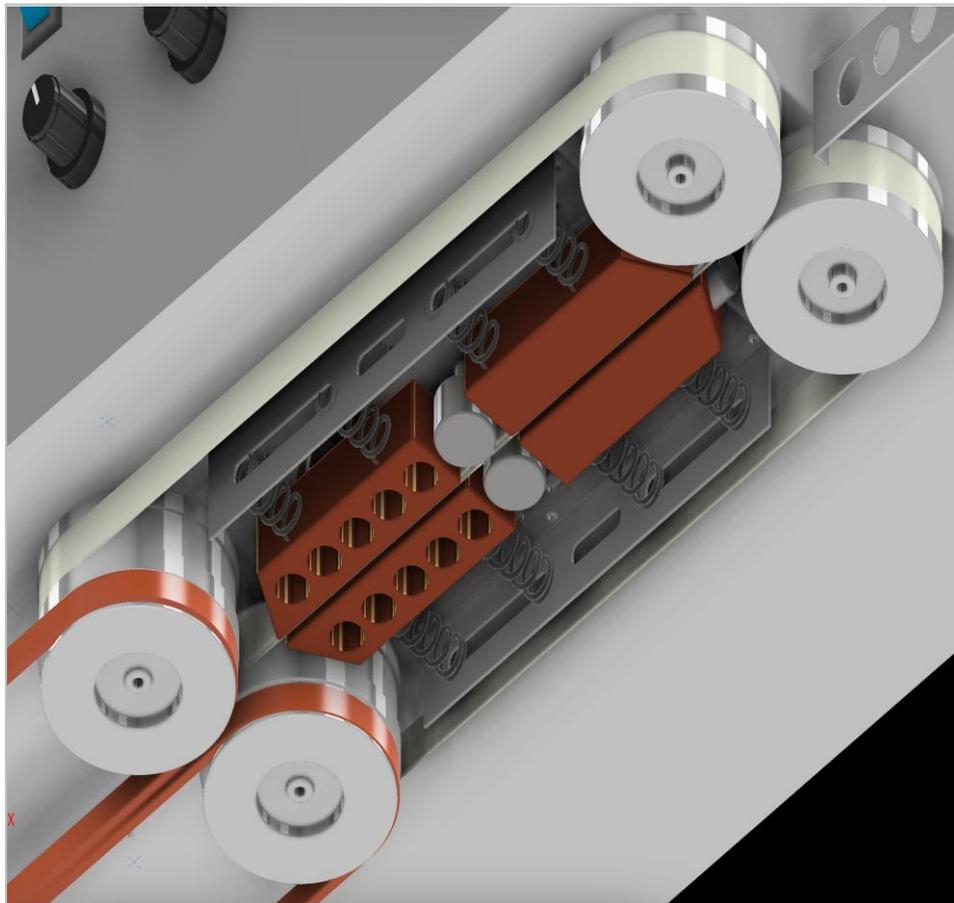


Figura 3.9 Sistema de Transmisión de Potencia, vista superior.

**Tabla 3.8 Resultados, parámetros para cada elemento de transmisión de potencia.**

Propiedad \ Engrane	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$N$	30	72	24	58	26	42	42	42	20	20	42	42	42	42
$\omega$ [rpm]	840	350	350	145	145	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8
$P$ [W]	300	294	294	288	150	73,5	72,0	70,6	70,6	69,2	73,5	72,0	69,9	68,5
$T$ [Nm]	3,41	8,02	8,02	19,0	9,88	7,82	7,66	7,50	7,50	7,36	7,82	7,66	7,43	7,28

### 3.2.3 Sistema de Sellado y Codificado



**Figura 3.10 Sistema de Sellado, vista 3D.**

El sistema de sellado está compuesto por dos poleas dobles que conectan primero mediante la cinta de teflón con dos poleas simples, y segundo, mediante bandas de hule con poleas locas para mantener el envase en su posición mientras es conducido a través del sistema de codificado. También cuenta con mordazas de cobre puro; el primer par se calienta mediante dos resistencias eléctricas cilíndricas de 250W cada una y transmite este calor al envase, el cual luego pasa por dos rodillos pequeños los cuales tienen "costuras" entrelazadas entre sí, estos rodillos aplican una fuerza al envase calentado causando un sello en él. El siguiente par de mordazas sirve para enfriar el envase y la cinta de teflón para evitar quemarlos, el ventilador ayuda a este mismo propósito.

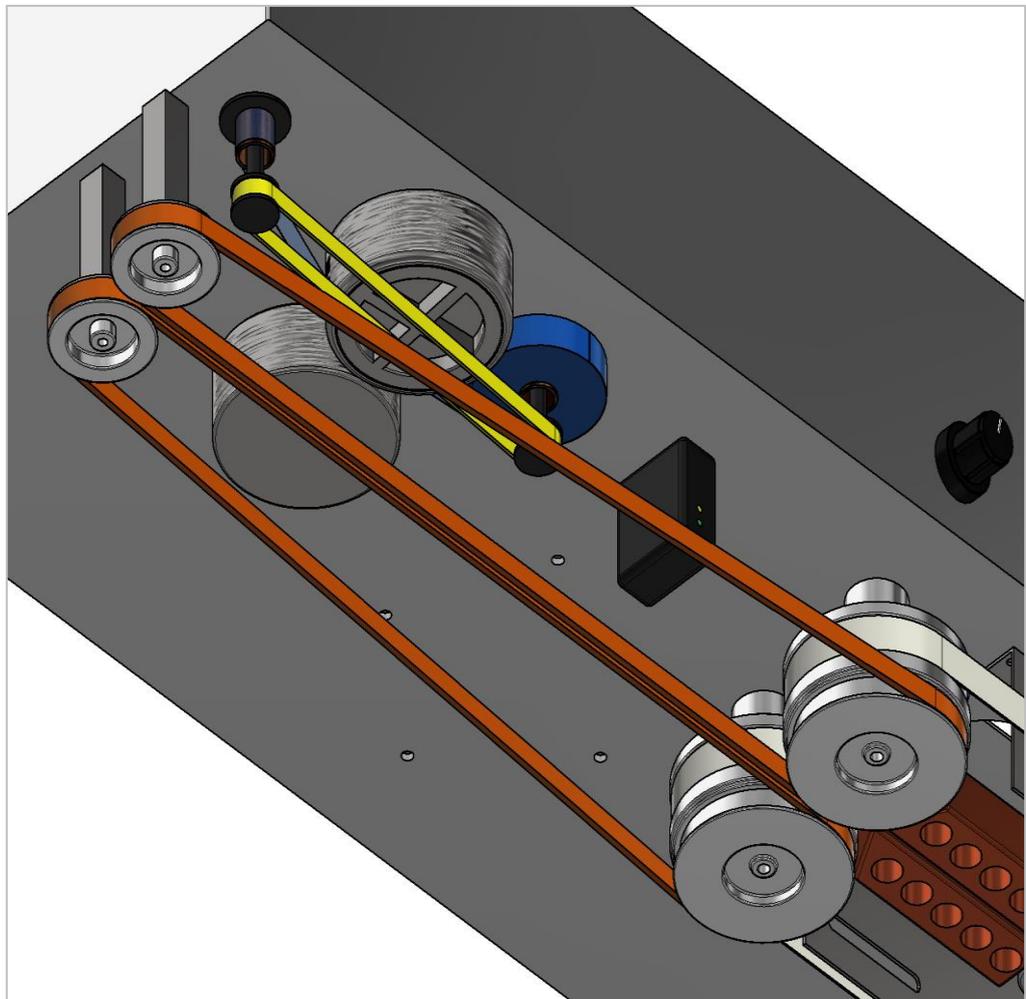
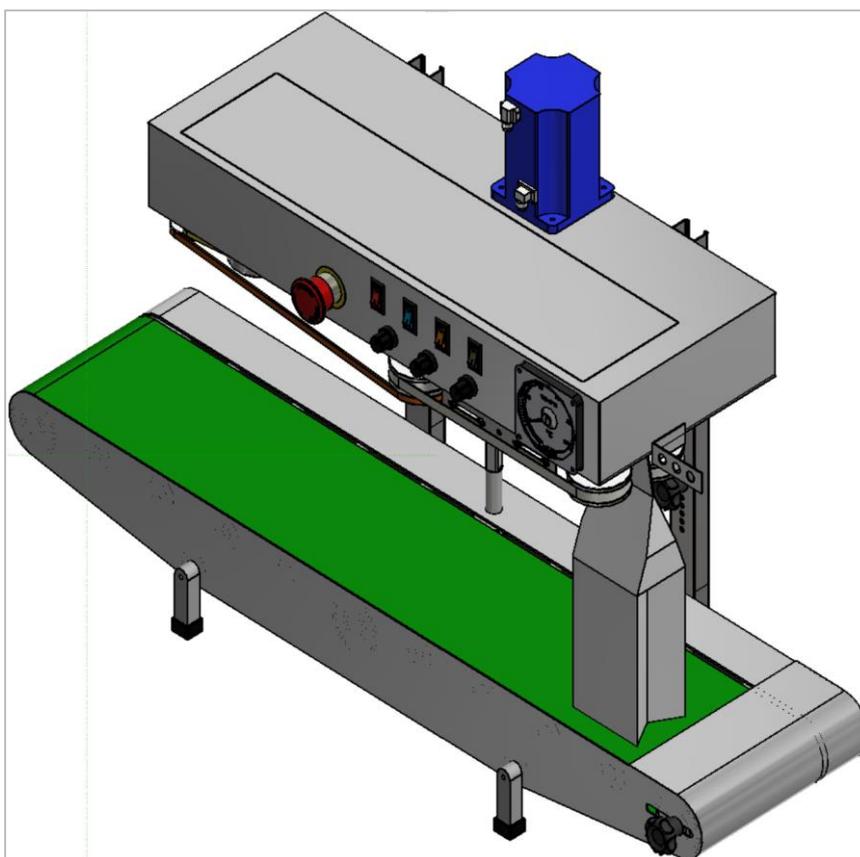


Figura 3.11 Sistema de Codificado, vista 3D.

**Tabla 3.9 Características de motor Servo.**

Motor Servo	<b>Marca:</b> Teknic	<b>Dimensiones:</b> 86,87 x 86,87 x 136,65 [mm]	<b>Torque Cont.:</b> 3,4 [Nm]	<b>Voltaje DC:</b> 24-75 [V]	<b>Velocidad Máx:</b> 840 [rpm]	<b>Masa:</b> 3,3 [kg]
Resistencias Eléctricas	<b>Potencia:</b> 250 [W]	<b>Dimensiones:</b> 3 x Ø 3/8 [in]				
Mordazas	<b>Material:</b> Cobre	<b>Dimensiones:</b> 75 x 20 x 15 [mm]	<b>Corriente:</b> 15 [A]	<b>Voltaje AC:</b> 110 [V]	<b>Temperatura:</b> 0-350 °C	
Poleas	<b>Material:</b> Cobre	<b>Dimensiones:</b> 20 x Ø 57 [mm]				
Ventilador	<b>Material:</b> Plástico	<b>Dimensiones:</b> Ø 50 [mm]		<b>Voltaje DC:</b> 5 [V]		

### 3.2.4 Vista en CAD de diseño de dosificadora final



**Figura 3.12 Selladora-Codificadora, vista 3D.**

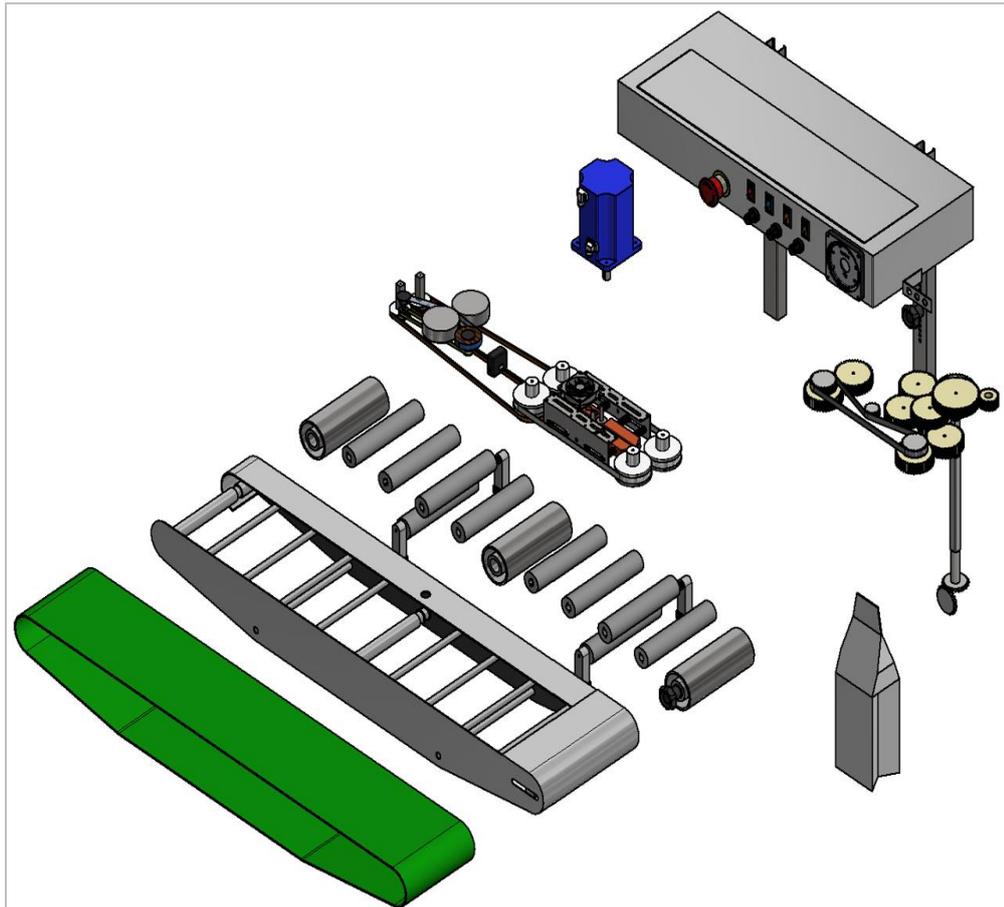


Figura 3.13 Selladora de Banda Continua, Vista en explosión.

### 3.3 Materiales y costos

#### 3.3.1 Materiales y Costos de Dosificadora

Si bien es cierto que el equipo debe poseer un bajo costo al cliente, partes del equipo ya cuentan con unos valores elevados, puesto que el material del cual están compuestos es de un alto costo económico en el mercado, adicional a esto se tiene que considerar todos los procesos de manufactura y diseño entre estos están: soldadura, corte, rolado y acabado, por lo cual se presenta a continuación una tabla con los costos necesarios para la fabricación del equipo:

**Tabla 3.10 Costo de materiales y equipos.**

Item	Descripción	Cantidad	Precio unidad \$	Costo \$
Tolva	AISI 304 1220*2440 mm 0,7 mm	1	71,28	71,28
Vaso volumétrico	AISI 304 1220*2440 mm 0,7 mm	1	---	---
Plataformas superior e inferior	AISI 304 1220*2440 mm 15 mm	1	354,09	354,09
Pernos	Perno Hex MM Inox 18-8 (304) M4 x 0.70	7	5,83	40,81
Tuercas	Tuerca Hex MM Inox 18-8 (304)	6	0,44	2,64
Soporte	Tubería redonda hueca cédula 40 4''	1	35,98	35,98
Motor	STEPPER MOTOR BH42 SH 38 - 1684 PL-19.2 Torque 5,4 Nm	1	324,42	324,42
Driver	A4988 Stepper Motor Driver	1	17,37	17,37
ARDUINO	Cnc Shield Board	1	11,20	11,20
Interruptor de pie	Controlador de pie Hililand	1	31,71	31,71
Pistón de gas	Pistón a gas	2	71,64	143,28
Total				1014,79

**Tabla 3.11 Costo de manufactura del equipo.**

Proceso	Descripción	Cantidad	Precio unidad \$	Costo \$
Soldadura	Cordón lineal en tolva 16 cm	1	16,00	16,00
Soldadura	Cordón lineal en vaso volumétrico 16 cm	2	16,00	32,00
Soldadura	Junta Vaso volumétrico	6	---	25,00
Soldadura	Junta Plataforma superior con tolva	1	---	25,00
Soldadura	Junta Soporte con plataforma inferior	1	---	25,00
Corte - Cizallado	Tolva - espesor 0,7 mm	4	1,25	5,00
Corte - Cizallado	Vaso Volumétrico - espesor 0,7 mm	8	1,25	10,00
Corte - Plasma Corte	Vaso Volumétrico - espesor 0,7 mm	2	5,00	10,00
Corte - Plasma Corte	Plataforma superior e inferior espesor 15 mm	4	6,25	25,00
Rolado	Tolva	1	3,00	3,00
Rolado	Vaso volumétrico	8	3,00	24,00
Total				200,00

### 3.3.2 Materiales y Costos de Selladora y Codificadora

**Tabla 3.12 Materiales, Herramientas y Procesos para Selladora-Codificadora.**

Item	Descripción	Cantd.	Precio U.	Total
Servo Motor	<b>Marca:</b> Teknic <b>Modelo:</b> CPM-MCVC-3441S-RLN	1	181,00	181,00
Transmisión de potencia	Engranés rectos de Nylon Material y mecanizado	8	3,40	35,20
Transmisión de potencia	Engranés cónicos de Acero Material y mecanizado	2	5,80	11,60
Transmisión de potencia	Tornillo sin fin de Acero Material y mecanizado	1	15,50	15,50
Transmisión de potencia	Engranés rectos de Bronce Material y mecanizado	1	8,20	8,20
Carcasa	Aluminio Liso ASTM A1200 1220x2240x0,7 mm	1	29,78	29,78
Transmisión de potencia	Rueda de cadena	3	3,25	9,75
Transmisión de potencia	Cadena	1	8,50	8,50
Barra de cobre	Barra de 1x1x12 in	1	9,15	9,15
Ventilador	Ventilador DC - 5V	1	5,60	5,60
Cinta de Teflón	Cinta de teflón 0,5in x 2 yardas x 3mil	1	2,37	2,37
Termómetro	Termómetro circular (0 – 400) °C	1	35,84	35,84
Banda de hule	Banda de hule de 1 capa para banda transportadora 2000 x 150 x 1 mm	1	6,70	6,70
Aluminio	Tubo de aluminio para rodillos 2" x 20"	1	17,50	17,50
Aluminio	Tubo de aluminio para rodillos 1" x 60"	1	26,25	26,25
Tornillos	Tornillos Prisioneros 1/8 x 2 inches	40	0,34	13,44
Mecanizado	Mecanización de tubos, barras y perfiles			60,00
Mano de obra				360,00
Envío	A cualquier parte de Ecuador			90,00
<b>Total</b>				<b>\$ 926,38</b>

### 3.3.3 Cálculo del VAN y TIR

Se conoce al TIR como la Tasa Interna de Retorno, a esta se la define como la tasa de interés que genera una inversión, esto es de gran utilidad para nuestro proyecto puesto que es un valor el cual dictara si el equipo diseñado es viable para nuestro cliente ya que su función es marcar la rentabilidad (Contabilidad de costos un enfoque gerencial, 2007), para ello se ejecuta la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0 \quad (3.1)$$

En dónde:

*VAN* Es el Valor Actual Neto, *n* es el periodo total, *t* es el periodo considerado,  $F_t$  es el flujo de caja en el periodo *t*, *I* es la inversión inicial en un  $t = 0$ . Luego, con los datos brindados por nuestro cliente se puede realizar la siguiente suposición, la cual es que nuestro equipo solo consigue aumentar el flujo neto de cada mes en solo un 5%, obteniendo así la siguiente tabla:

**Tabla 3.13 Flujos de caja de Enero a Diciembre del año 2020 de la empresa el Zarucoffee.**

Periodos en meses	Flujos de caja (\$)
0	-1977,98
1	1948,31
2	260,91
3	1480,06
4	2040,91
5	1806,79
6	1956,48
7	2106,18
8	2255,87
9	2405,57
10	2892,87
11	2704,77
12	2854,66

Ya que no se construyó un prototipo como tal, no se puede medir el impacto económico que tuvo el equipo, por lo que se plantean tres escenarios que según nuestro cliente serían idóneos como prueba, en los que las ventas se incrementan en un 5%, 10% y 20%, las cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 3.14 Representación de flujo de caja al 5%, 10% y 20%.**

Mes	Flujo de caja al 5% (\$)	Flujo de caja al 10% (\$)	Flujo de caja al 20% (\$)
1	2050,85	2255,93	2461,02
2	274,64	302,10	329,56
3	1557,96	1713,75	1869,55
4	2148,33	2363,16	2577,99
5	1901,88	2092,06	2282,25
6	2059,45	2265,39	2471,34
7	2217,03	2438,73	2660,43
8	2374,60	2612,06	2849,52
9	2532,18	2785,39	3038,61
10	3045,13	3349,64	3654,15
11	2847,13	3131,84	3416,55
12	3004,90	3305,39	3605,88

Al utilizar el software Matlab para la obtención del VAN y TIR el programa muestra los siguientes resultados:

**Tabla 3.15 Resultados de VAN y TIR.**

	VAN	TIR
5%	\$7.856,99	79%
10%	\$8.840,49	86%
20%	\$9.823,99	94%

### 3.4 Análisis de Resultados

En esta sección se enfoca el análisis de todos los resultados obtenidos en el capítulo anterior, los cuales fueron obtenidos mediante la metodología de diseño

para la dosificadora y selladora, en donde, se mantiene la clasificación de los equipos para una mejor comprensión de las partes que los componen y sea más fácil ubicarlos en el ensamblaje final y reconocer su funcionamiento; para ello se realizó el diseño teniendo siempre en mente la practicidad y el costo, descartando sistemas 100% automatizados y electrónicos que significan uso de componentes más costosos y sistemas más complejos, además, se decidió que la mejor manera de lograr este objetivo era la de diseñar dos equipos por separado, esto da la oportunidad al cliente de acceder solo a uno de ellos de ser necesario, y al fabricante de vender más equipos al ofrecer distintas posibilidades.

### **3.4.1 Dosificadora**

Como se puede apreciar en la tabla 13, los esfuerzos ejercidos por el propio peso del equipo y del producto son pequeños al ser comparados con la resistencia a la fluencia del soporte, obteniendo así un valor de factor de seguridad demasiado alto, dicho valor representa que el equipo se encuentra sobredimensionado, sin embargo, reducir las dimensiones ocasionaría perder la ergonomía y la sensación de seguridad en el operario, situación la cual no quiere que suceda nuestro cliente. Al igual que ocurre en (Máquina dosificadora volumétrica y selladora de maní enconfitado, para la industria artesanal, 2017), los tiempos de dosificado se reducen en gran medida, ya que actualmente se realiza el proceso de manera manual, un método que cuenta con grandes desventajas contra las grandes industrias que son netamente competidores directos, puesto que el operario no cuenta con comodidad, ergonomía o precisión, este se traduce a la pérdida de tiempo, producto y dinero en cada empaque dosificado.

De manera similar recordemos que el equipo dosificador se encuentra conectado mediante soldadura en las piezas tolva-plataforma superior y soporte-plataforma inferior, en donde los resultados muestran un factor de seguridad de 1106 por lo que se asegura que el equipo no se desprenderá sin importar las horas de trabajo que se utilice a lo largo de su vida útil, otra

consideración a analizar es el hecho de que se esté trabajando con un material pesado como lo es el acero inoxidable AISI 304, puesto que el cliente requiere que el equipo no sea pesado, sin embargo, se debe trabajar con este material debido a las normativas de seguridad alimenticia (ISO 22000), en la cual se describe al acero inoxidable como uno de los mejores materiales para el transporte del producto, esto debido a que no contamina el producto al realizarse un contacto directo o indirecto, adicional a esto posee propiedades mecánicas lo suficientemente elevadas para poder soportar grandes cargas a la vez, con la única desventaja de tener complejidad al maquinarse (Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless Steel, 2004).

#### **3.4.2 Selladora de banda continua**

Como se observa en capítulos anteriores, el equipo de sellado se dividió en tres grupos principales que corresponde a la estructura y banda transportadora, sistema de transmisión de potencia y a los sistemas de sellado y codificado. El material de la banda transportadora puede ser de nylon o de hule de una capa simple o compuesta, ya que la exigencia a la que se expondrá la banda es mínima en esta aplicación. Generalmente, los fabricantes listan resistencias mínimas para sus bandas de 120 [kN/m] por capa, por lo que es incluso innecesario calcular las fuerzas de tensión a la que se verá sometida la banda transportadora, la única consideración que se debe tomar, es que el material seleccionado cuente con una superficie con una fricción suficiente para que los rodillos no resbalen durante el contacto. El Nylon ofrece un coeficiente de fricción contra el aluminio de 0,45; si la superficie del metal es pulida, este coeficiente disminuye (A study of the friction and wear of nylon against metal, 1969), aunque el hule ofrece un mayor coeficiente de fricción, es más propenso al desgaste y a la ruptura, además de que requiere mayor tensión que el nylon para evitar que se pliegue en funcionamiento. En cuanto a estructura se refiere, se calcula un peso aproximado del equipo de alrededor de 20 [kg], se analizó los componentes más delgados del sistema donde se concentran los mayores

momentos flectores y fuerzas cortantes. Los resultados arrojan que los esfuerzos aplicados estáticamente generan factores de seguridad de 6,9 en el rodillo central, y de 2,6 en el rodillo libre donde se ubican las bases. Como explica Shigley en su libro de Diseño en Ingeniería Mecánica, las fallas por fatiga se producen cuando los elementos operan bajo condiciones extenuantes, es decir, cuando los elementos de un equipo se encuentran sometidos a altos esfuerzos debidos a cargas excesivas o velocidades de operación altas. Este no es el caso de la selladora de banda continua, la velocidad de operación del motor es relativamente baja para sus capacidades, los elementos son robustos de acuerdo con el análisis de falla estática y los materiales no están ni remotamente expuestos a las condiciones extremas a las que se sabe podrían fallar, por todo ello se considera innecesario analizar fallas por fatiga a los elementos móviles de este equipo.

Mientras que para el sistema de transmisión de potencia, los engranes rectos son la mejor opción porque permite crear distintos ejes de rotación para otras partes móviles y poder controlar con precisión la velocidad a la que rotarán cada una de ellas, se optó por conectar el motor directamente a un piñón y usar un reductor de velocidad de engranes rectos en lugar de un tornillo sin fin para abaratar costos de fabricación. Los engranes de nylon son una gran opción para el equipo, debido a las bajas velocidades de operación y a un torque relativamente bajo. Los engranes de polímeros como el nylon aportan también con una reducción de ruido durante su funcionamiento comparado con los engranes de acero u otros metales, además de un peso menor. En condiciones normales, se requiere seleccionar el lubricante adecuado para evitar afectar las propiedades mecánicas de los engranes debido al sobrecalentamiento y desgaste del uso continuo (Cálculo De Engranajes Plásticos, 2007), pero este no es el caso, se sabe que el equipo no operará de manera ininterrumpida y que las condiciones de funcionamiento no son extremas por lo que el lubricante o 'grasa' convencional es suficiente para este propósito.

Los sistemas de sellado y codificado, funcionan a la par. Las poleas y rodillos en estos sistemas se mueven gracias a la acción del sistema anteriormente mencionado, es necesario que se mantenga en movimiento la cinta de teflón, ya que de ser estática, existiría sobrecalentamiento en el punto donde aplican calor las mordazas que llegan a 350°C acortando su vida útil, además la implementación de otro par de mordazas para disipar el calor del sello aplicado al envase y de un ventilador justo sobre ellas, ayudan en la labor de evitar el daño tanto del envase como el de la cinta de teflón, ya que el teflón además de ser un material dieléctrico también aísla el calor (Material Properties of Teflon, 2019). Las resistencias cilíndricas ubicadas en el interior del primer par de mordazas se hayan cubiertas de pasta térmica, la misma pasta térmica que es usada en aplicaciones electrónicas, debido a su capacidad de transmitir calor, “con la pasta térmica a base de plata se alcanzó una alta conductividad térmica, al tiempo que se adoptó al coeficiente de expansión térmica (CTE), logrando aumentar significativamente la capacidad térmica del disipador para deshacer el calor generado” (Influencia de cinco tipos de pastas térmicas en el rendimiento de tres modelos de computadoras personales, 2020), esto ayudará que el calor generado por las resistencias eléctricas se transmita con mayor eficiencia a las mordazas debido a que la pasta ocupará cualquier espacio dejado entre estos dos elementos aumentando así el área de contacto para la conducción.

### **3.4.3 Análisis de costos**

Mediante los resultados de la tabla 23, se encuentra que el valor del TIR en la peor situación es de 79%, el cual es un valor muy elevado y superior al valor de interés del Banco Pichincha, con un valor del 16,06%, por lo que se puede deducir en primera instancia que el equipo dosificador y sellador es completamente viable para nuestro cliente, de igual manera al observar la tabla 22, se puede apreciar que al tercer mes el flujo de caja permite solventar completamente la adquisición de nuestro equipo, por lo que esto hace pensar que para nuestro cliente la obtención del equipo dosificador y sellador no es necesariamente prioritario, sin embargo, el objetivo

fundamental de nuestro equipo no es el de aumentar en gran medida las ganancias del cliente, puesto que ya factura sin su ayuda miles de dólares anualmente, sino más bien cumple con la función de agilizar el trabajo de sus operadores, así como también brindarles realizar su trabajo de manera más cómoda y precisa evitando el malgaste de energía y tiempo.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Mediante el t-test se demostró que la densidad del café es una variante para considerar, distintos niveles de tueste significan diferencias significativas en la densidad, por lo que para realizar el correcto proceso de dosificado el operador debe realizar el cambio de los vasos volumétricos dependiendo del tipo de café.
- El proceso de diseño demostró que el sistema de dosificación volumétrica significa un costo menor de equipo y mantenimiento comparado con un sistema de dosificación másica sin arriesgar la eficacia del resultado final y cumplir con los estándares de las normas INEN.
- Se obtuvo un TIR de 79% para la peor situación de ganancias posible comprobando que para nuestro cliente la adquisición de nuestro equipo es completamente factible y en base a su flujo de caja neto se obtuvo que el tiempo de recuperación es aproximadamente 3 meses.
- El equipo cuenta con un sistema de vasos volumétricos que le permiten escoger si dosificar empaques de 10 y 16 onzas, tanto para café en grano o molido, tostado medio o medio oscuro, sin embargo, si se requiere dosificar otra cantidad será necesario el diseño de un nuevo conjunto de vasos volumétricos.
- La selladora de banda continua solo requiere del operador que cambie manualmente los indentadores en el disco de codificado por cada lote o día de trabajo, acción que tomaría de 5 a 10 minutos aproximadamente a un operador calificado y también requiere que el operador coloque el envase de manera correcta en un extremo del equipo.

- La selladora – codificadora ofrece distintas funciones como encendido/apagado y velocidad de la banda; encendido/apagado, y ubicación del código impreso; encendido/apagado y temperatura de sellado y encendido/apagado del ventilador.
- Se estima que el proceso de dosificar, envasar, sellar y codificar un envase de café se puede realizar en un tiempo aproximado de 17 – 28 segundos lo que significa un ahorro del 208% del tiempo comparado a realizarlo manualmente.
- Los dos equipos ofrecen resultados parecidos a equipos similares mucho más costosos, además, se ofrece productos personalizables en base a las necesidades del cliente.

#### **4.2 Recomendaciones**

- A pesar de que nuestro equipo cuenta con un sistema automatizado, existen dos funciones que el operador debe hacer manualmente, éstas son llenar la tolva y sujetar el empaque al momento del dosificado es recomendable implementar un sistema de depósito con bandas transportadoras a la entrada y salida del dosificador.
- Debido a que se demostró que la diferencia de densidades en la café afecta la dosificación, se recomienda realizar el respectivo rediseño a los vasos volumétricos cuando se trabaje con otro tipo de café, ajustando su diámetro inferior y manteniendo su diámetro superior y altura constantes, puesto que modificar la distancia entre las plataformas puede resultar dificultoso.
- Antes de cada uso, se recomienda hacer la debida calibración del equipo y no dar por sentado que se obtendrá la misma cantidad de masa en cada envase, siempre debe haber un control del proceso, por lo que se recomienda colocar una balanza en la plataforma debajo del vaso volumétrico o tolva de llenado del envase.

- El café molido es un producto que vuela y se esparce con facilidad cuando se encuentra caliente, se recomienda dejar reposar y enfriar el productor por al menos un día antes de los procesos de envasado y sellado, para disminuir diferencias de pesaje.
- Se deben limpiar los equipos con regularidad, el café molido ingresa con facilidad a cualquier cavidad y el ventilador del equipo de sellado podría absorber café y acumularlo en el interior de la carcasa.

# BIBLIOGRAFÍA

- Auger filler | Audion Elektro.* (n.d.). Retrieved October 28, 2020, from <https://www.audion.com/es/product/auger-filler/>
- Belting, S. (2021, January 8). *What Are Plies and Ply Adhesion?* (<http://www.sparksbelting.com/>) [Text/html]. Sparks Belting; Sparks Belting. <http://www.sparksbelting.com/blog/what-are-plies-and-ply-adhesion>
- Chuquín Ordoñez, C. A. (2017). Máquina dosificadora volumétrica y selladora de maní enconfitado, para la industria artesanal. Ibarra: Universidad Tecnica del Norte.
- Corvo, H. S. (2019, January 11). Principales productos de exportación del Ecuador. *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/productos-exportacion-ecuador/>
- CPM-MCVC-3441S-RLN | torque = 1844 oz-in, speed = 840 rpm.* (n.d.). Teknic. Retrieved November 19, 2020, from [https://www.teknic.com/model-info/CPM-MCVC-3441S-RLN/?model\\_voltage=75VDC](https://www.teknic.com/model-info/CPM-MCVC-3441S-RLN/?model_voltage=75VDC)
- Dosificador volumétrico de Vasos. (n.d.). *Packspain- PACKSLINE SYSTEM SPAIN S.L.* Retrieved October 28, 2020, from <https://www.packspainsl.com/portfolio/dosificador-volumetrico-vasos/>
- Flora y fauna.* (n.d.). Retrieved October 24, 2020, from <http://www.embassyecuador.eu/site/index.php/es/turismo-inf-general-2/turismo-flora-fauna>
- García Quesada, J. C. (2008). Operaciones Unitarias del Procesado de Polímeros. Universidad de Alicante.
- Gordillo Boada, G. P. (2019). Diseño y construcción de una máquina dosificadora volumétrica por contenedor y selladora continua de bicarbonato orientada a la industria artesanal (Bachelor's thesis).
- Guerra, G. (2017, November 15). Almacenamiento de Granos Verdes: Factores que Debes Controlar. *Perfect Daily Grind Español*. <https://perfectdailygrind.com/es/2017/11/15/almacenamiento-de-granos-verdes-factores-que-debes-controlar/>
- Guerra, L., Castro, C., & Mendoza, J. (2020). Influencia de cinco tipos de pastas térmicas en el rendimiento de tres modelos de computadoras personales. *Revista de Iniciación Científica*, 6(1), 65–72. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.1.2615>
- Huaman Valencia, E. R. (2014). Tecnología de bandas transportadoras. Arequipa: "UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN".

Instituto Ecuatoriano de Normalización (n.d.). Retrieved February 3, 2021, from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1123.pdf>

Lana Tarridas, M. (2016). Proyecto de diseño de un proceso de sellado óptimo para tubos de pasta de dientes. Catalunya.

*Manual de manejo post cosecha de cafe por via humeda.* (n.d.). Ilica. <https://books.google.com/books?id=lyxtAAAIAAJ>

Marketingweb. (n.d.). *Bandas transportadoras | Venta de Banda Transportadora Lineal de 1 metro | Banda Transportadora lineal de 2, 3, 4 metros en Puebla.* Retrieved November 1, 2020, from <http://kobapack.com.mx/bandastransportadoras.html>

Material Properties of Teflon—Polytetrafluoroethylene. (n.d.). *Dielectric Manufacturing.* Retrieved January 8, 2021, from <https://dielectricmfg.com/knowledge-base/teflon/>

N.d. (2015, May 28). ¿Cuántas variedades de café hay? *Salzillo tea and coffee.* <https://www.cafes-salzillo.es/archivos/15435>

*PRODUCTOS QUE EXPORTA ECUADOR - mi carrera en el futuro.* (n.d.). Retrieved October 25, 2020, from <https://sites.google.com/site/micarreraenelfuturo/productos-que-exporta-ecua>

*QTR torque motor series 105-133-160 | Tecnotion.* (n.d.). Retrieved November 19, 2020, from <https://www.tecnotion.com/products/torque-motors/qtr-series-105-133-160.html>

*Que tiempo dura el cafe en madurar—El cultivo De Cafe en Tenampa.* (n.d.). Retrieved October 25, 2020, from <https://sites.google.com/site/elcultivodecafeentenampa/que-tiempo-dura-el-cafe-en-madurar>

Quintero González, A. M. (2017). Dosificador automatizado de alimento concentrado para caninos. Universidad del Quindío.

Ulloa Sanchez, A. F. (2019). Evaluación del procedimiento de soldadura para el soldeo de un tanque de acero inoxidable aisi 304 según api 650.

*Varietades de Café Arábica | Catálogo de Varietades.* (n.d.). Retrieved October 25, 2020, from <https://varieties.worldcoffeeresearch.org>

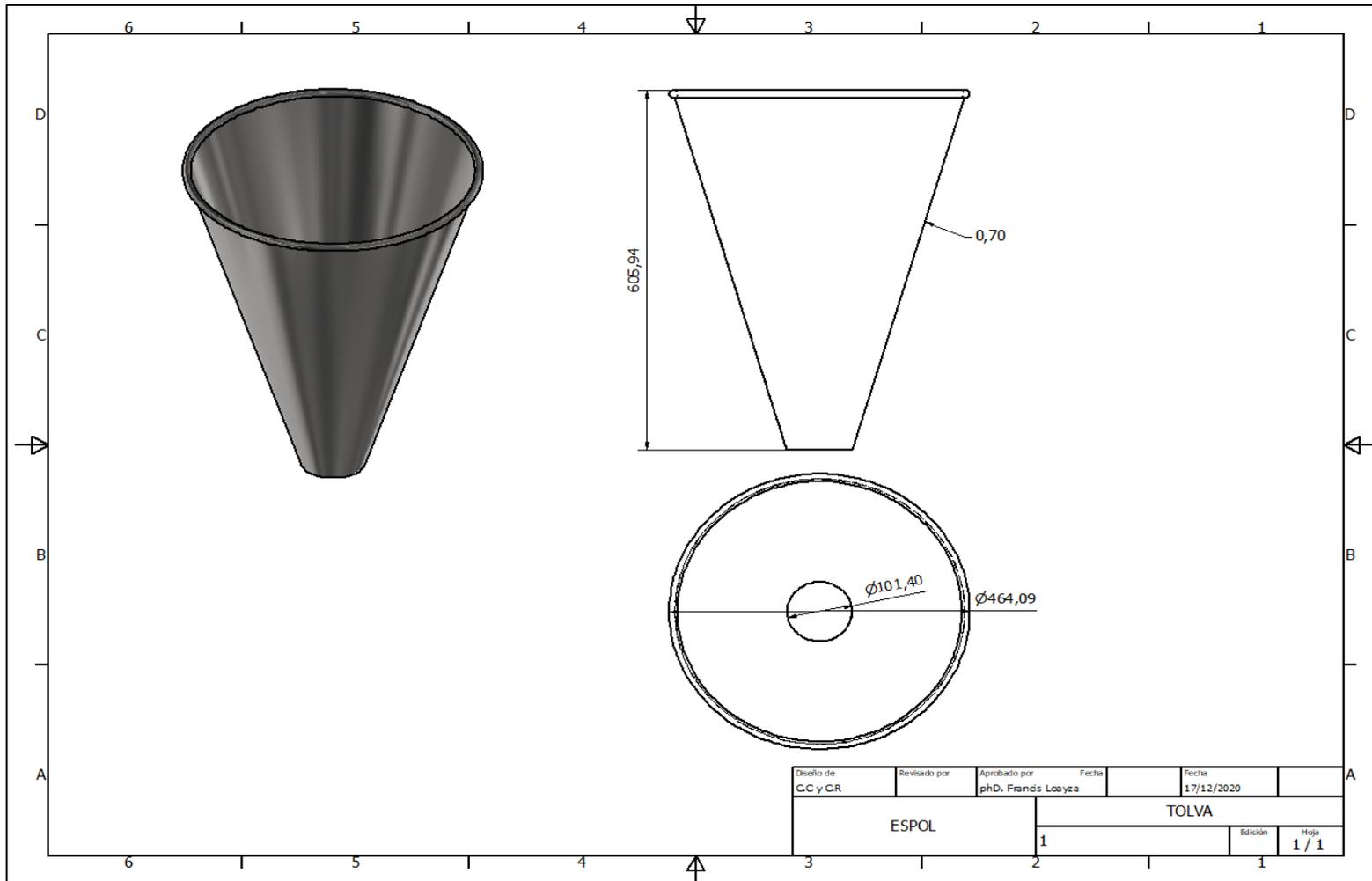
*Vescovo—Tipos de dosificadores.* (n.d.). Retrieved October 28, 2020, from <http://www.industriasailen.com.ar/tiposDosificadores>.

*Horngren, C. T., Foster, G., & Datar, S. M. (2007). Contabilidad de costos un enfoque gerencial.* Pearson educación

# APÉNDICES

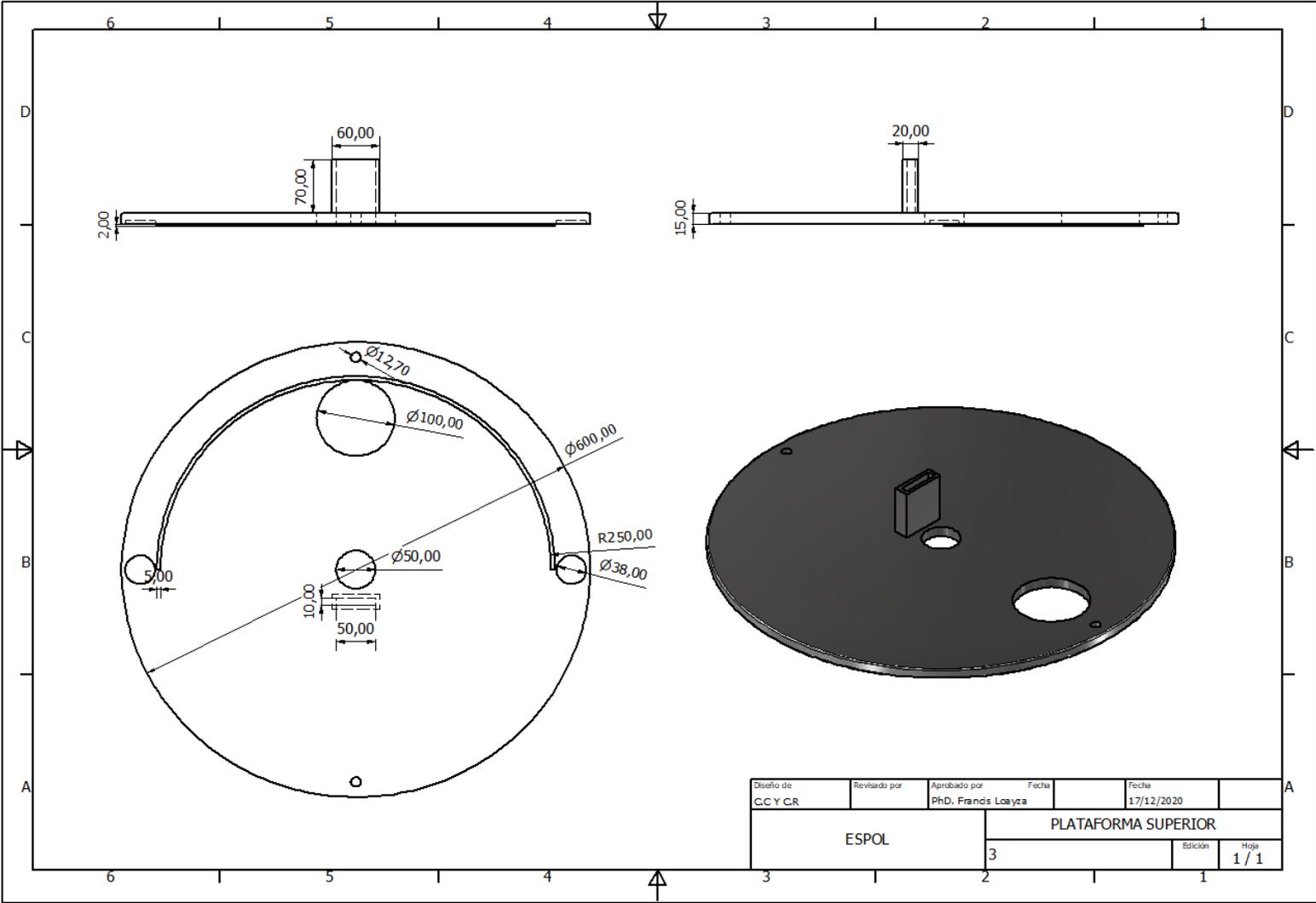
# APÉNDICE A

Dosificadora



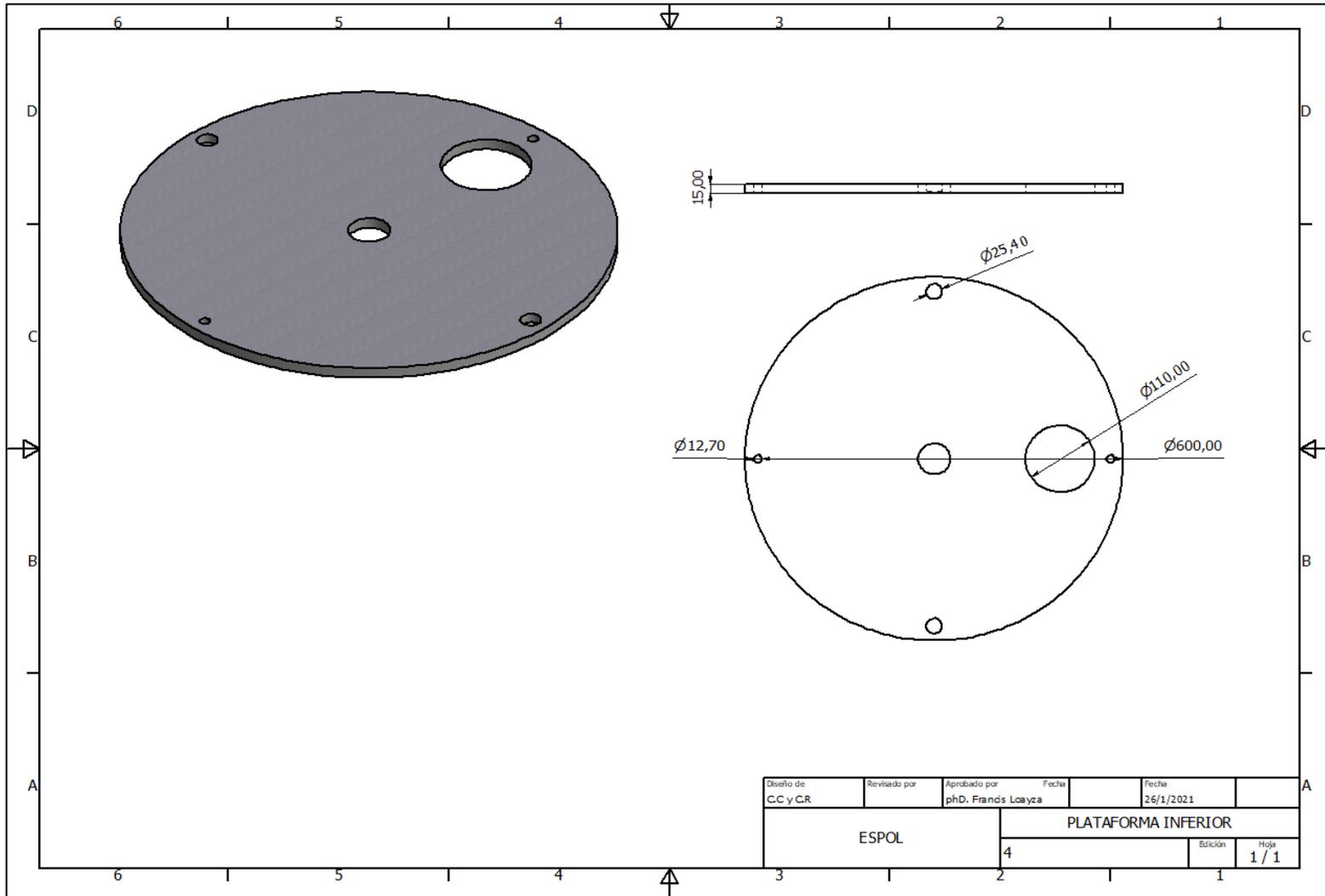
PLANO 1 3D Tolva

**Plataforma superior**



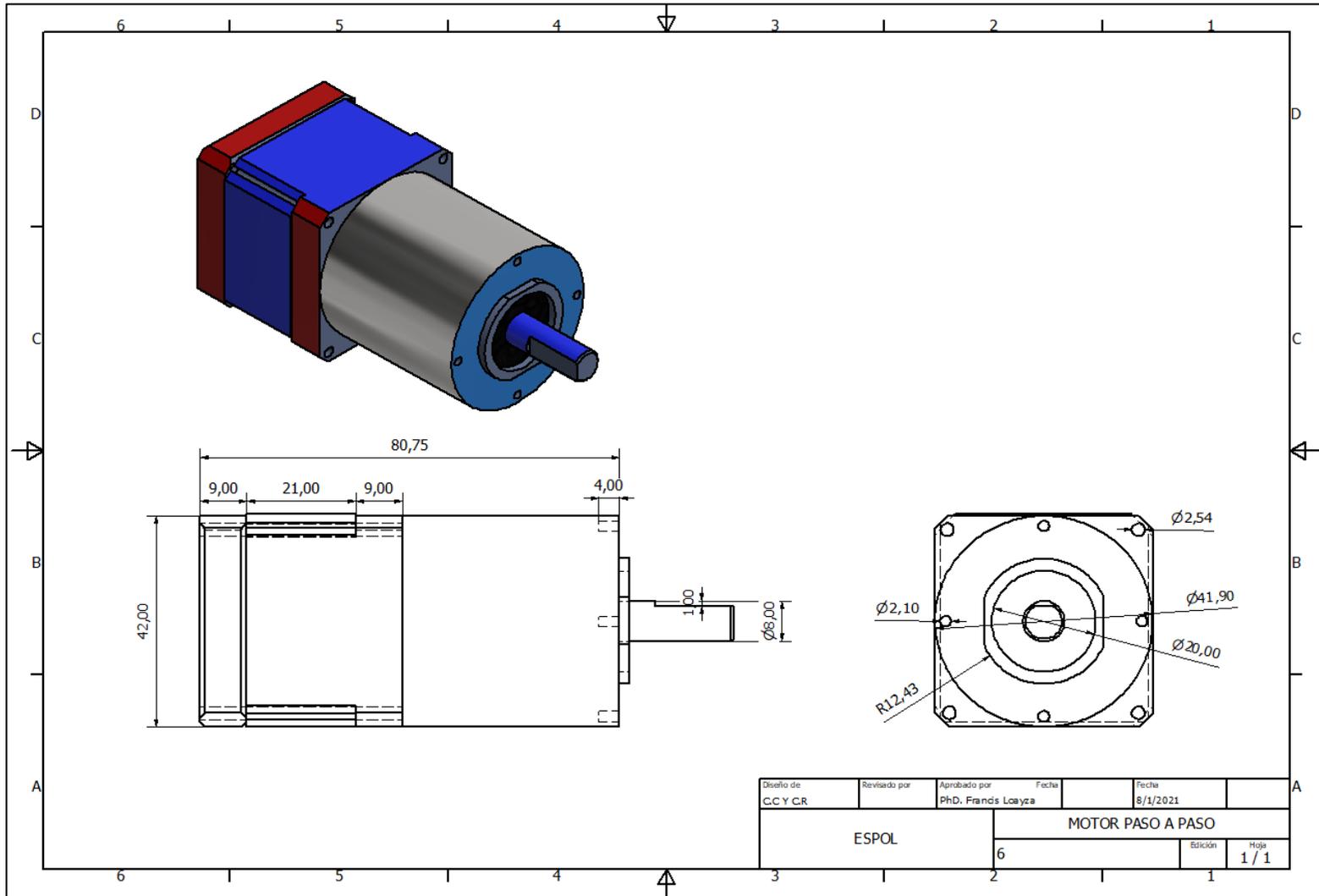
**PLANO 2 3D plataforma superior.**

# Plataforma inferior



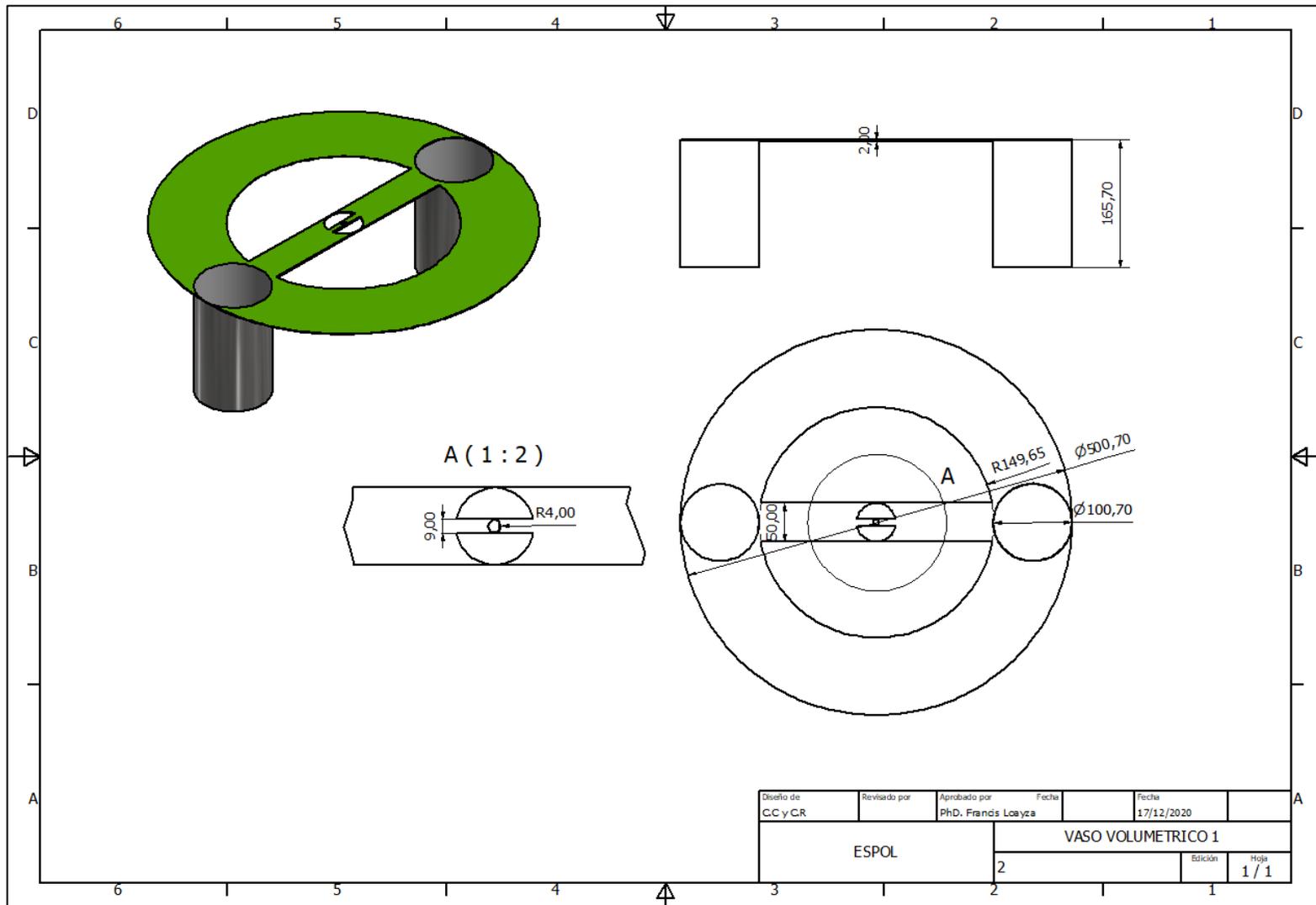
PLANO 3 3D plataforma inferior.

# Motor paso a paso

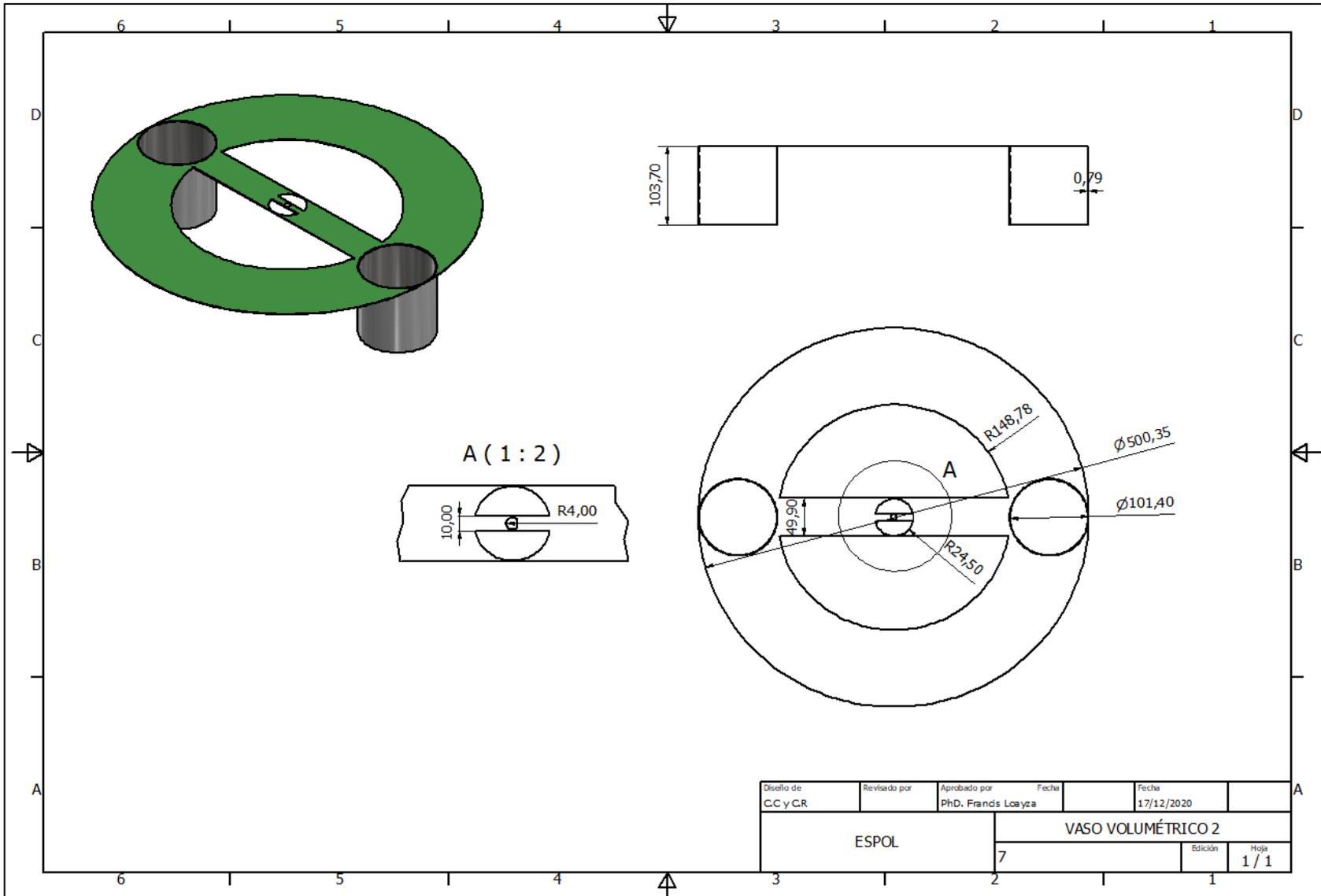


PLANO 4 3D motor paso a paso.

# Vasos volumétricos



PLANO 5 3D vaso volumétrico 16 onzas.



Diseño de C.C y C.R.	Revisado por	Aprobado por PhD. Francis Loayza	Fecha	Fecha 17/12/2020
ESPOL			VASO VOLUMÉTRICO 2	
			Edición 7	Hoja 1 / 1

PLANO 6 3D vaso volumétrico 10 onzas.

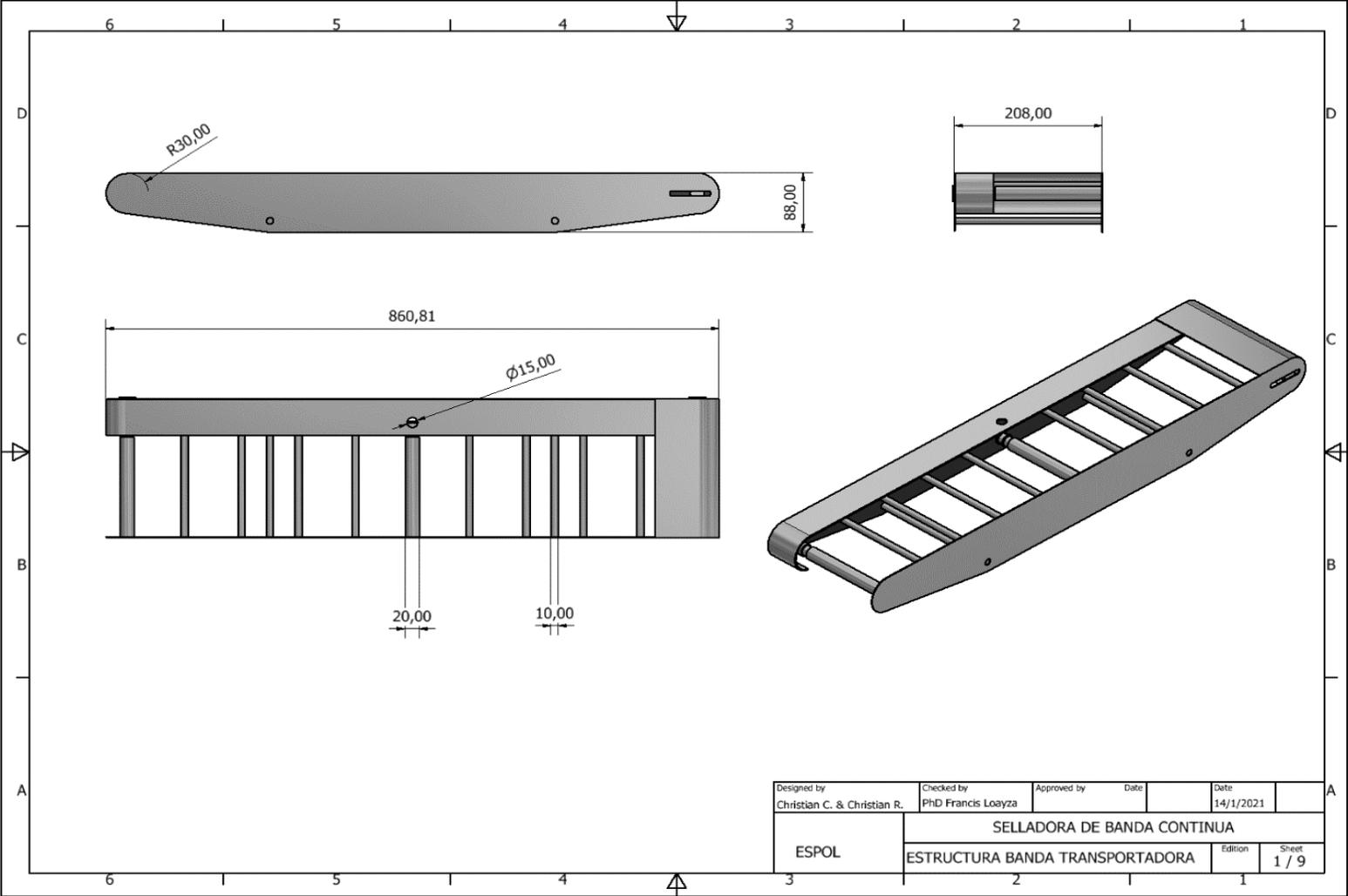
# Explosión Dosificadora

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	2	Pistón a gas	Acero inoxidable
2	1	Plataforma inferior	Acero inoxidable
3	1	Plataforma superior	Acero inoxidable
4	1	Vaso volumétrico	Acero inoxidable
5	1	Tolva superior	Acero inoxidable
6	1	Tolva inferior	Acero inoxidable
7	1	Soporte	Acero estructural cédula 40
8	1	Perno	Genérico
9	1	Tuerca	Plata
10	1	Soporte motor	Genérico
11	1	Motor paso a paso	Genérico
12	1	Interruptor de pie	Genérico

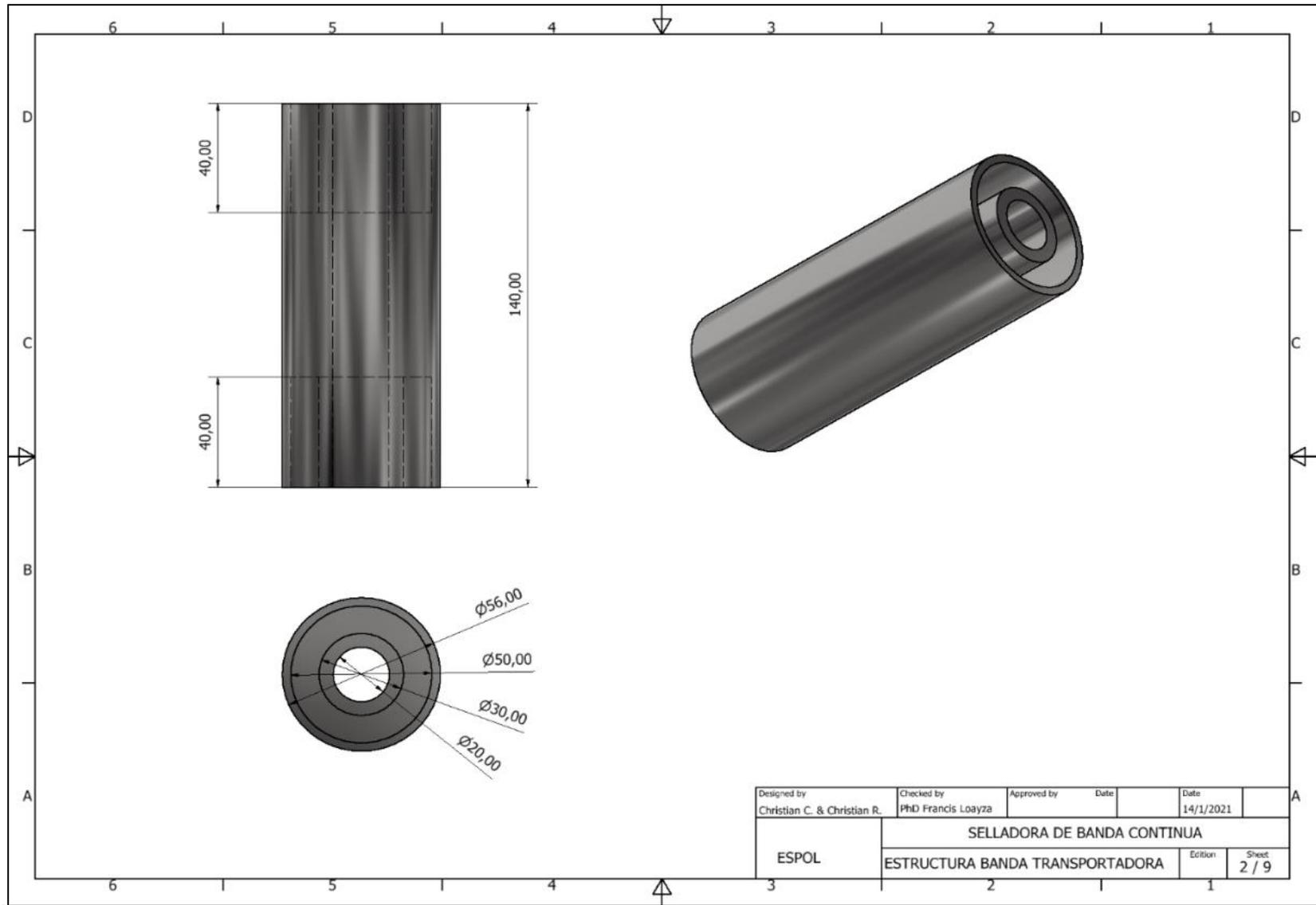
Diseño de GC y CR	Revisado por	Aprobado por phD. Francis Loayza	Fecha 26/1/2021
ESPOL		EXPLOSIÓN 3D DOSIFICADORA	
		8	Edición 1 / 1

PLANO 7 3D explosión dosificadora.

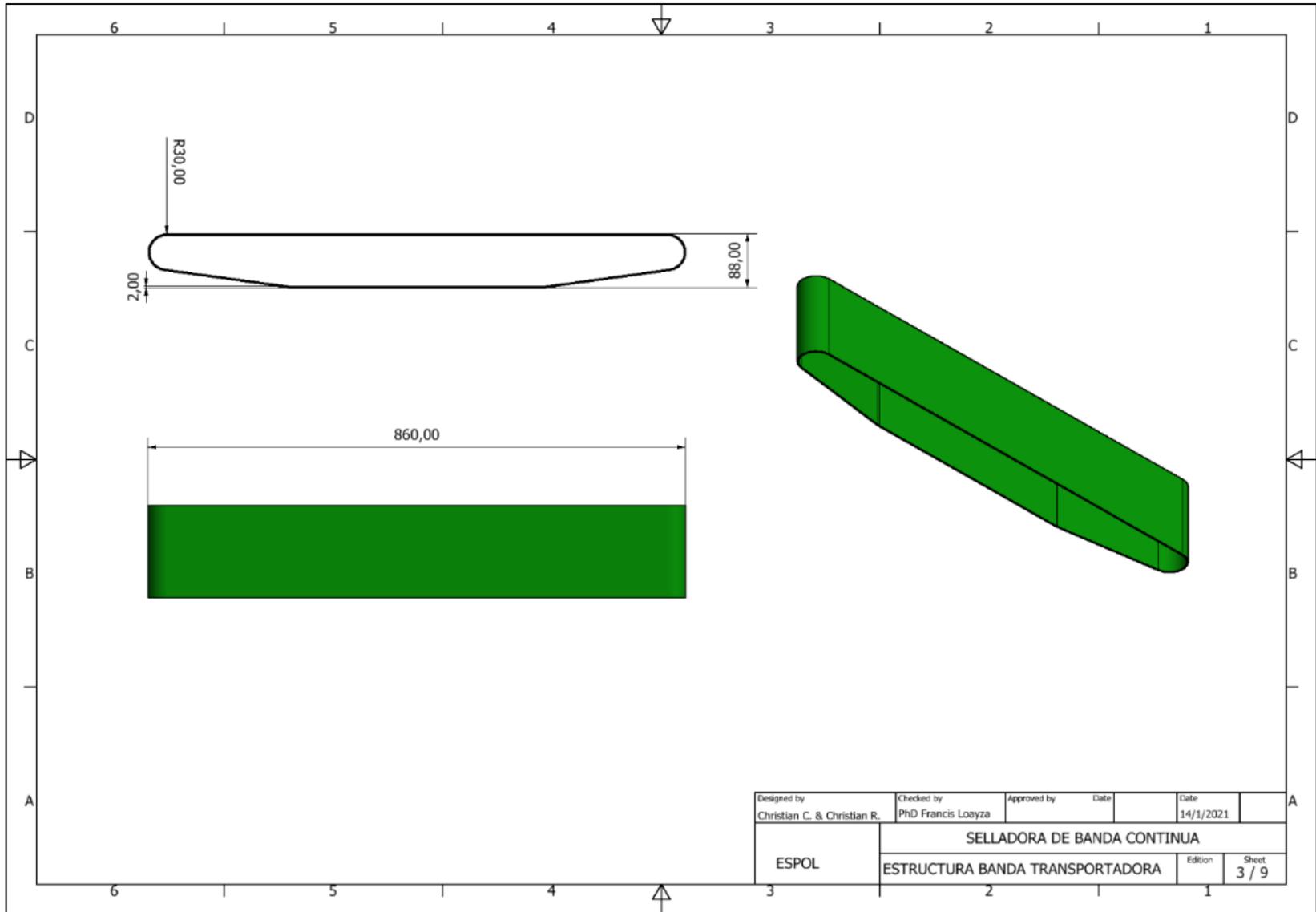
**Selladora de banda continua**  
**Banda Transportadora**



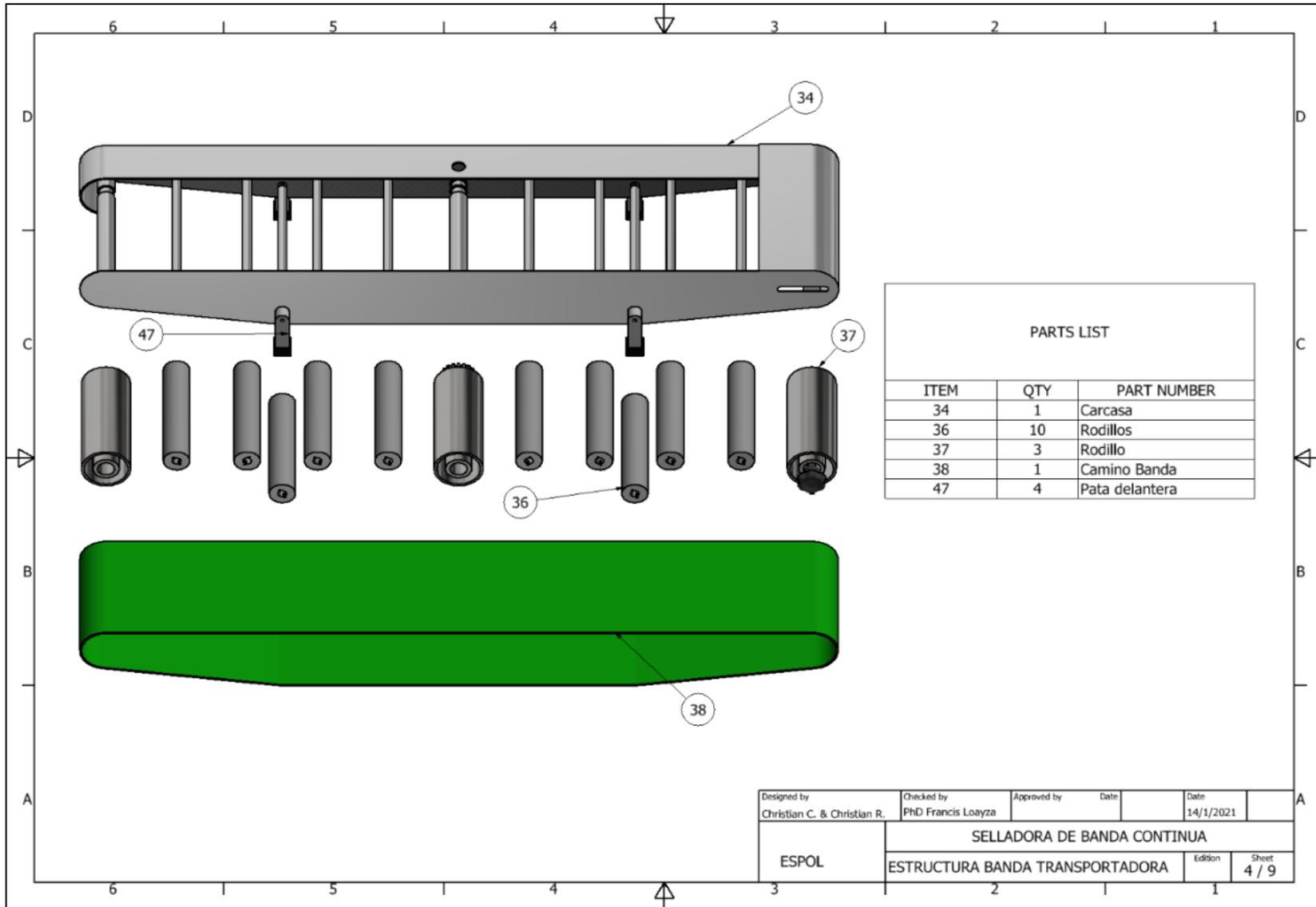
**PLANO 8 3D. Estructura de Banda Transportadora**



**PLANO 9 3D. Rodillo Principal de Banda Transportadora.**



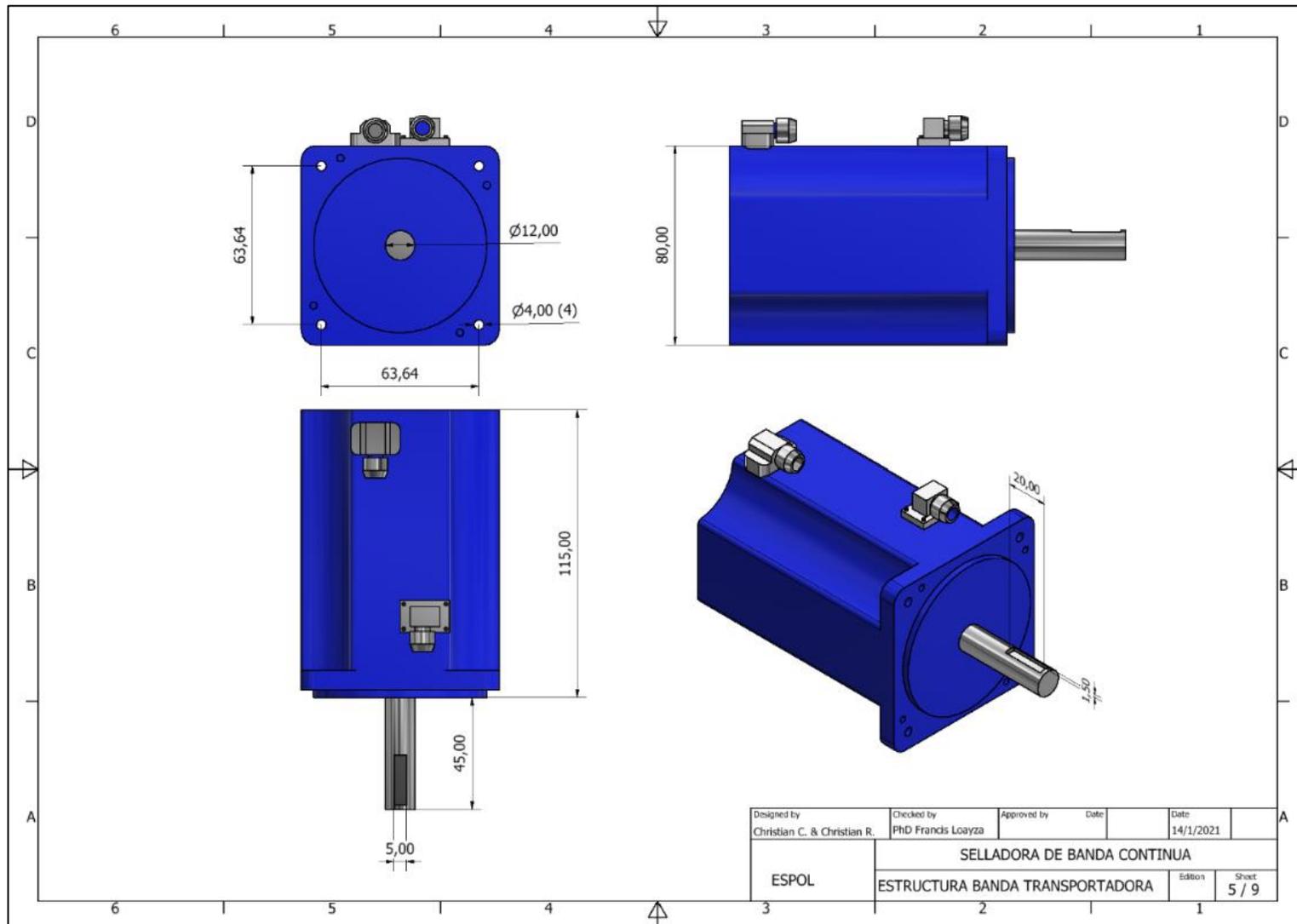
**PLANO 10 3D. Banda Transportadora.**



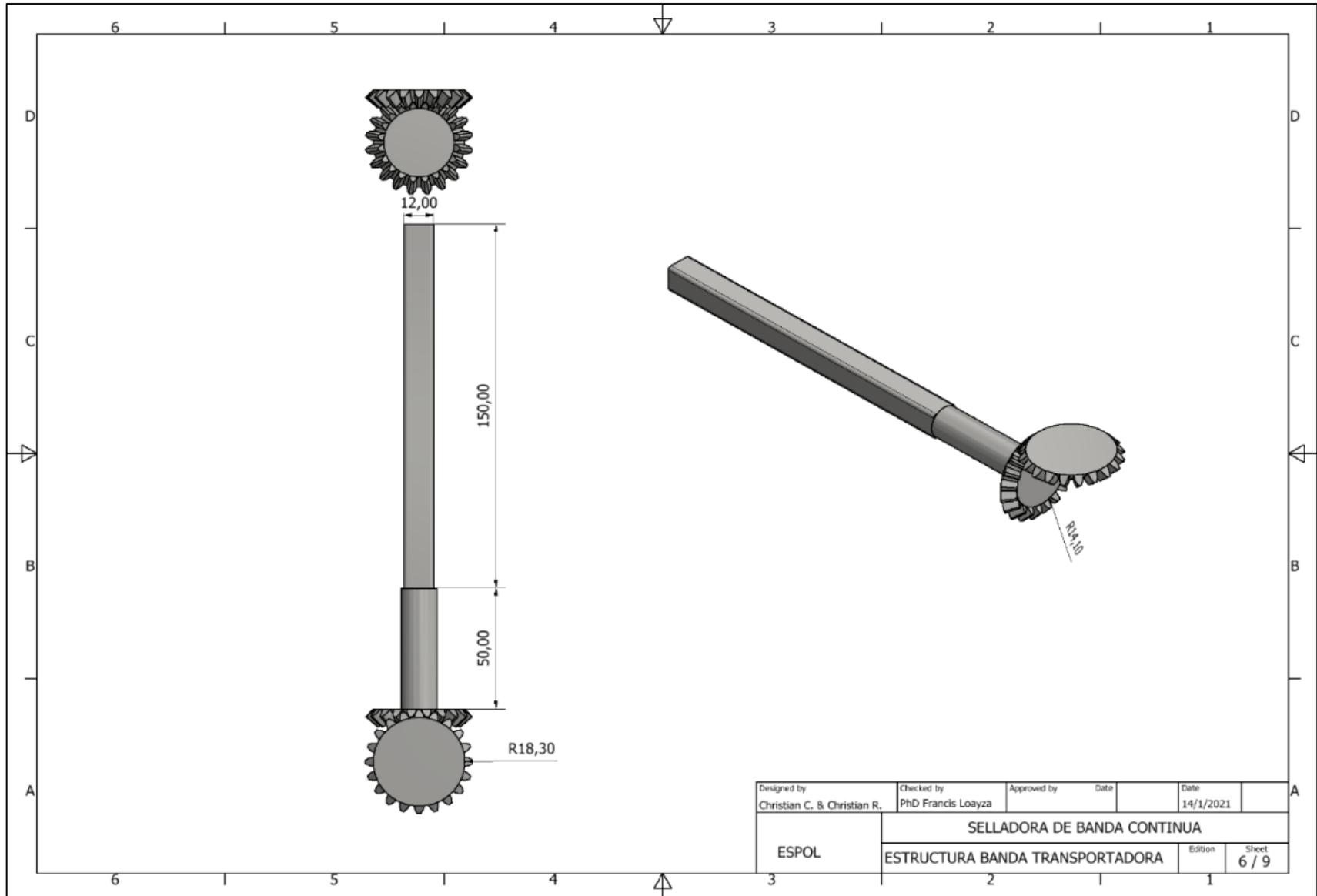
Designed by Christian C. & Christian R.	Checked by PhD Francis Loayza	Approved by	Date	Date 14/1/2021
<b>SELLADORA DE BANDA CONTINUA</b>				
ESPOL	ESTRUCTURA BANDA TRANSPORTADORA			Edition Sheet 4 / 9

**PLANO 11 3D. Vista en Explosión de Banda Transportadora.**

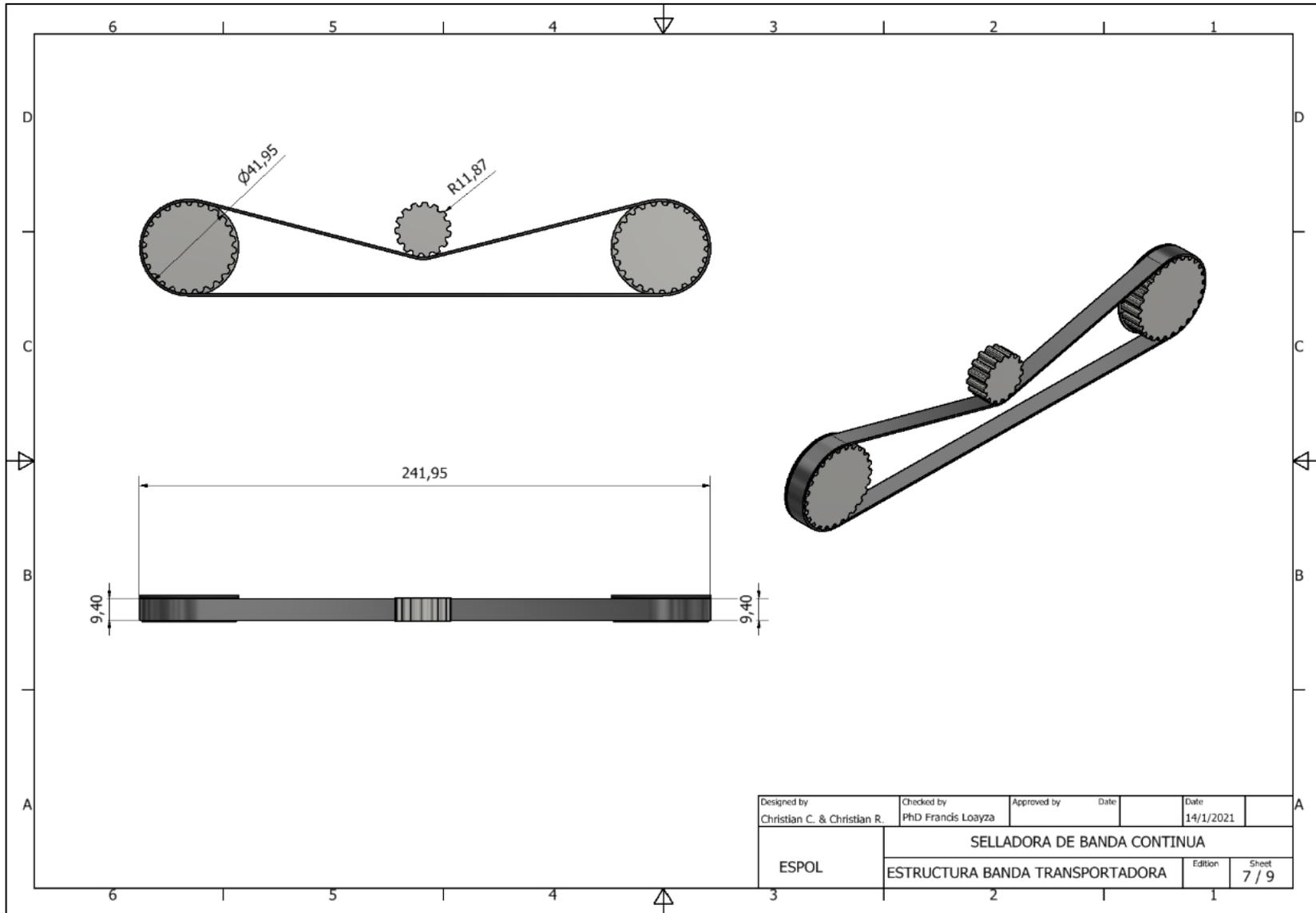
# Sistema de Transmisión de Potencia



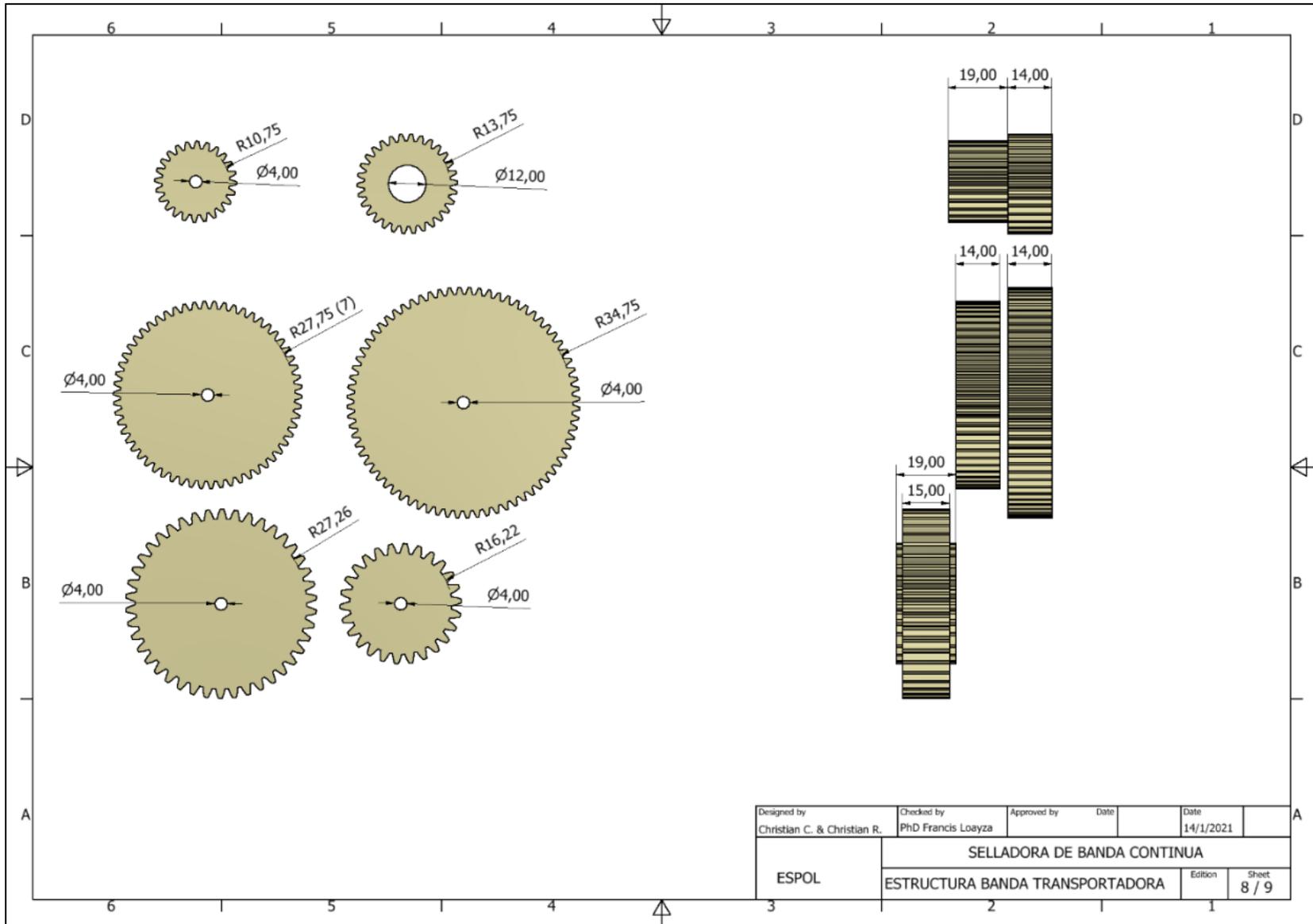
PLANO 12 3D. Servo Motor.



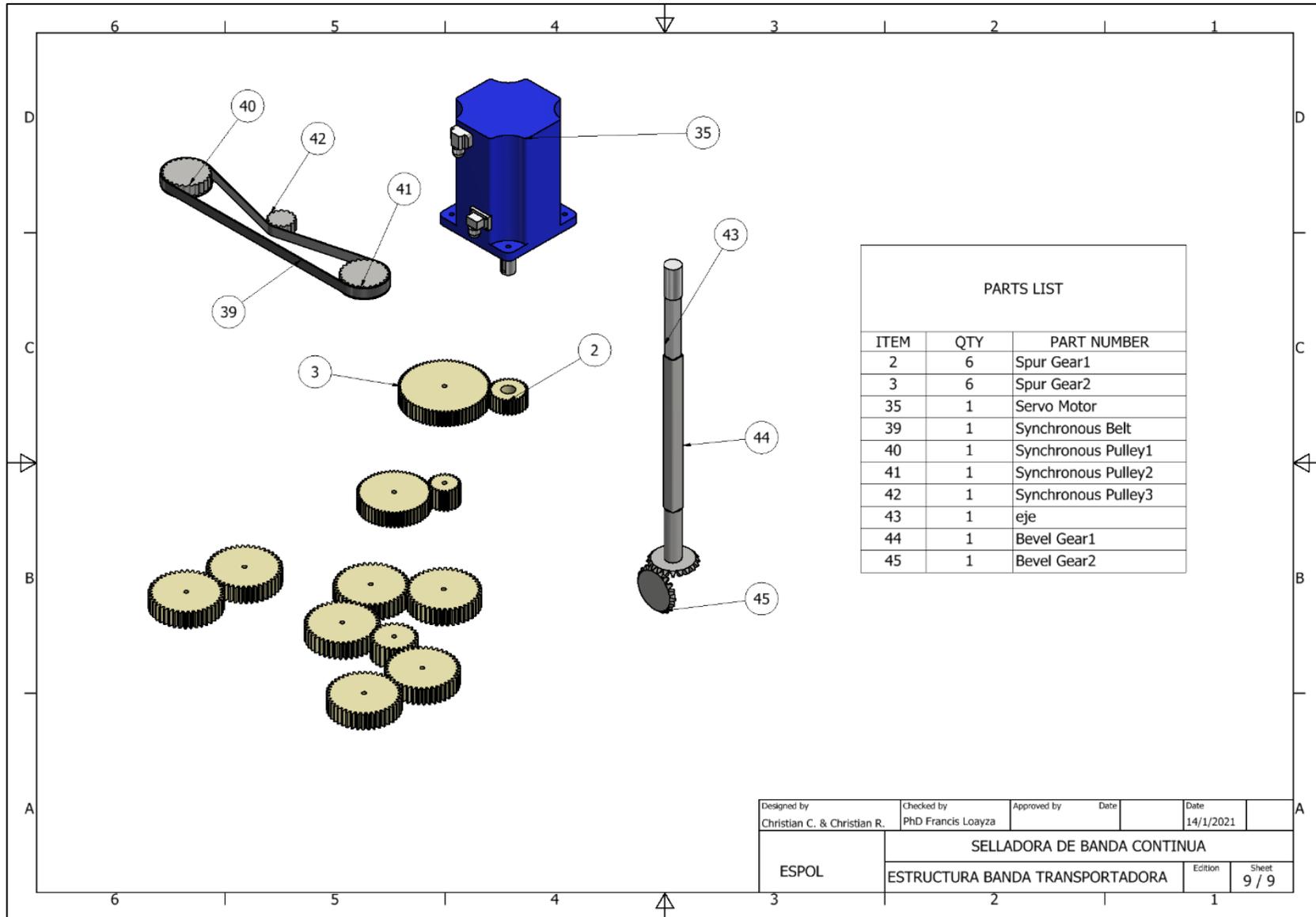
**PLANO 13 3D. Eje hacia Banda Transportadora y Engranes Cónicos.**



**PLANO 14 3D. Timing Belt y Tensor para transmitir potencia desde el Sistema de Sellado a Sistema de Codificado.**

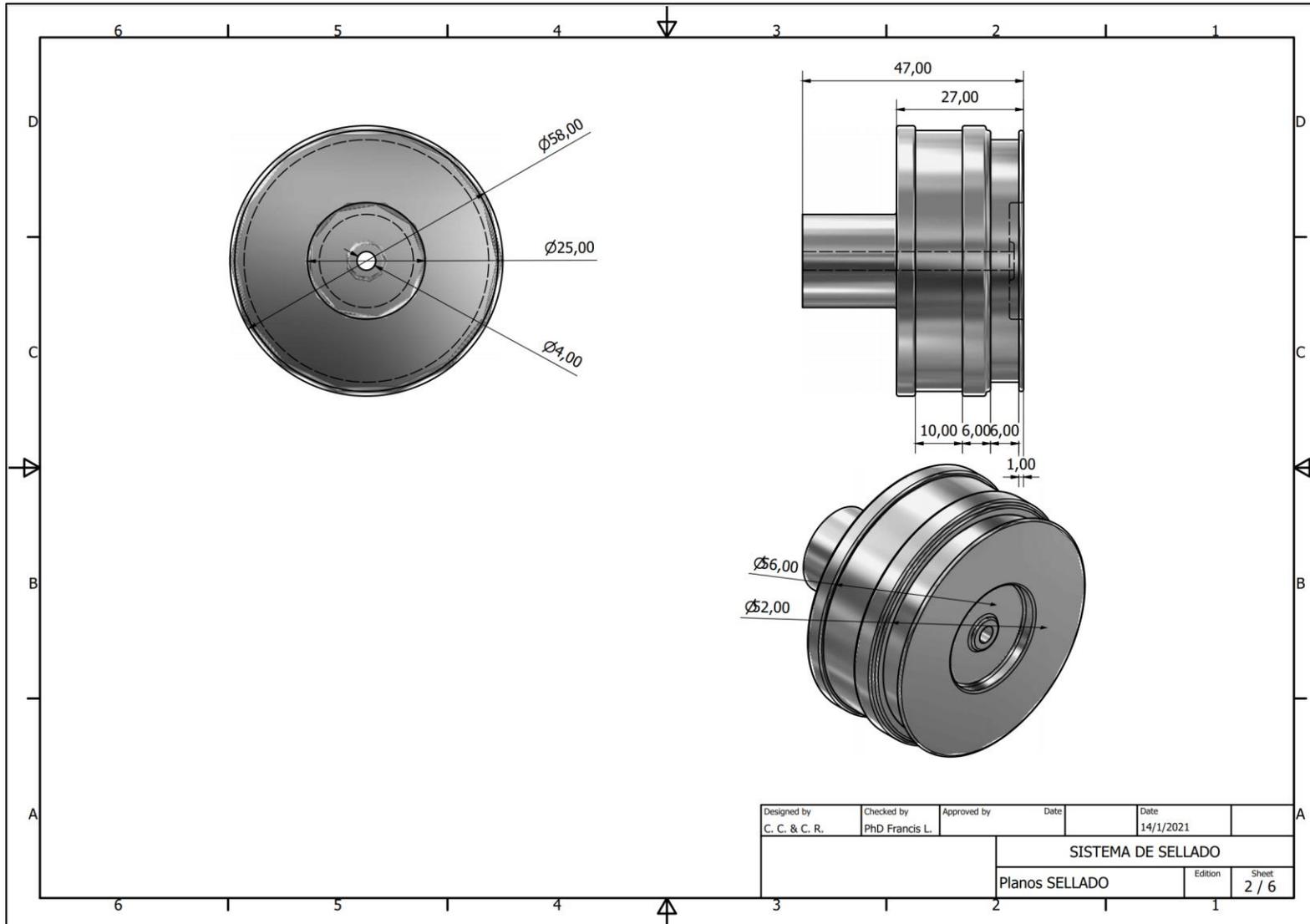


**PLANO 15 3D. Engranés Utilizados en Sistema de Transmisión de Potencia.**

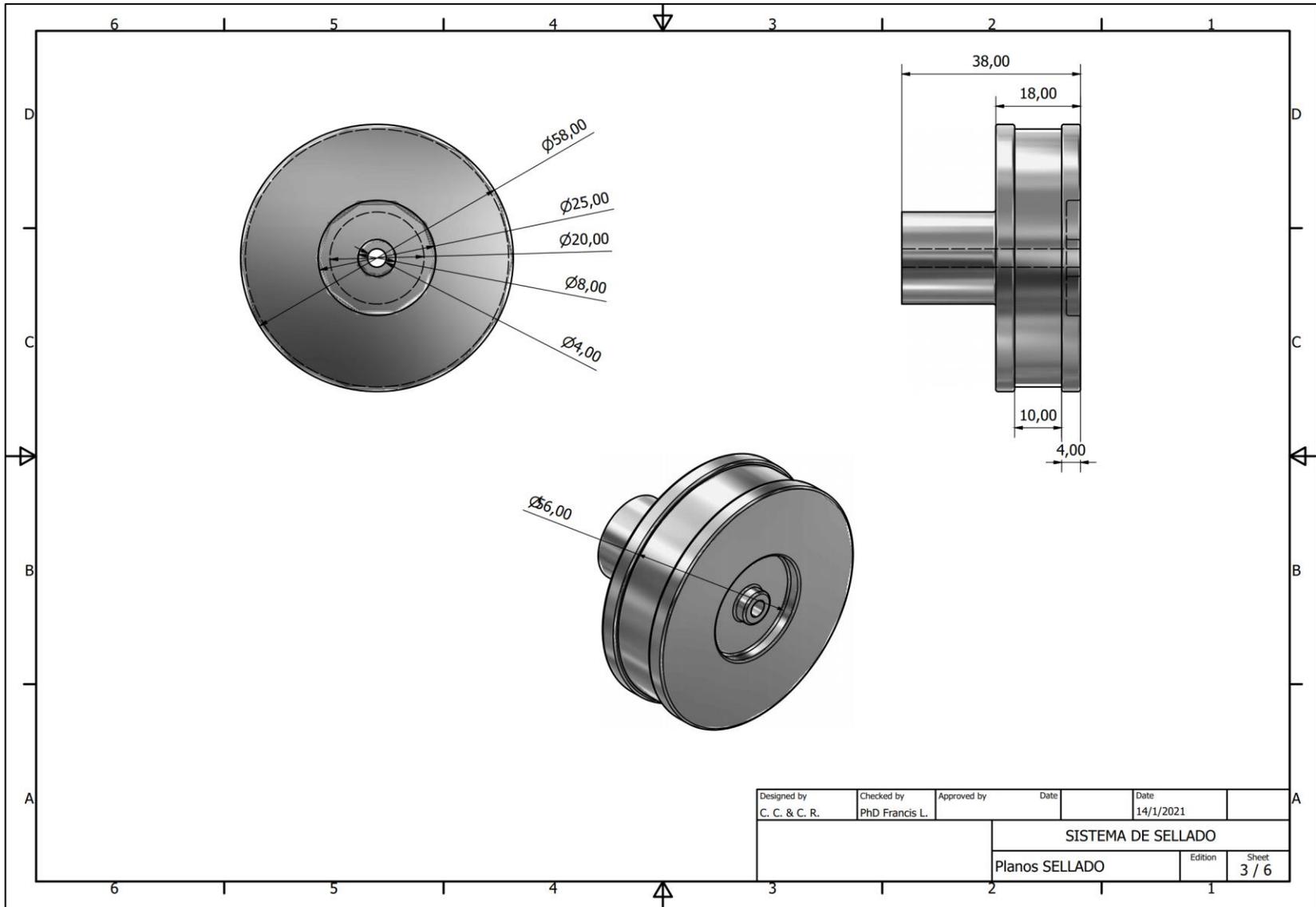


**PLANO 16 3D. Vista en Explosión de Sistema de Transmisión de Potencia.**

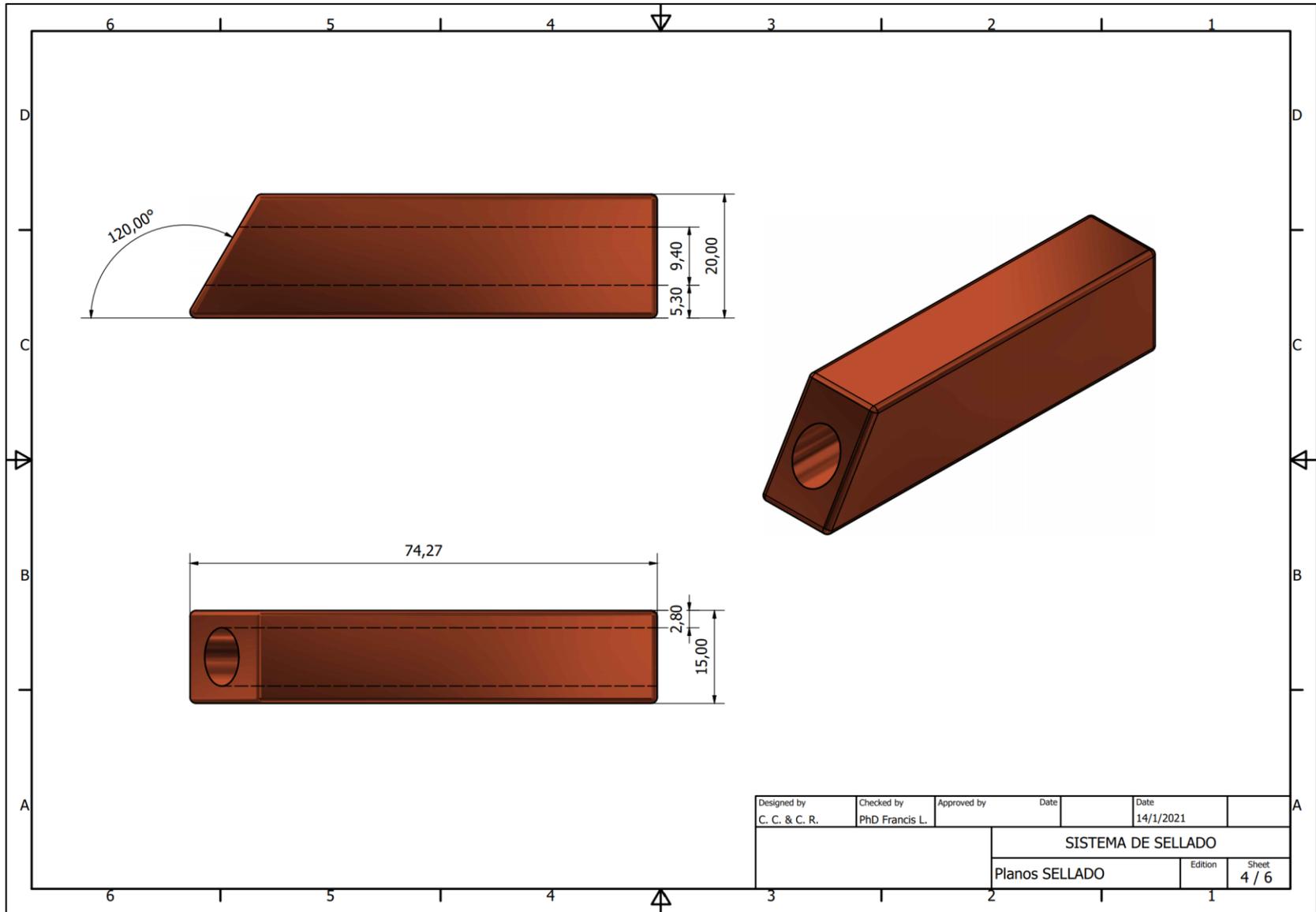
# Sistema de Sellado



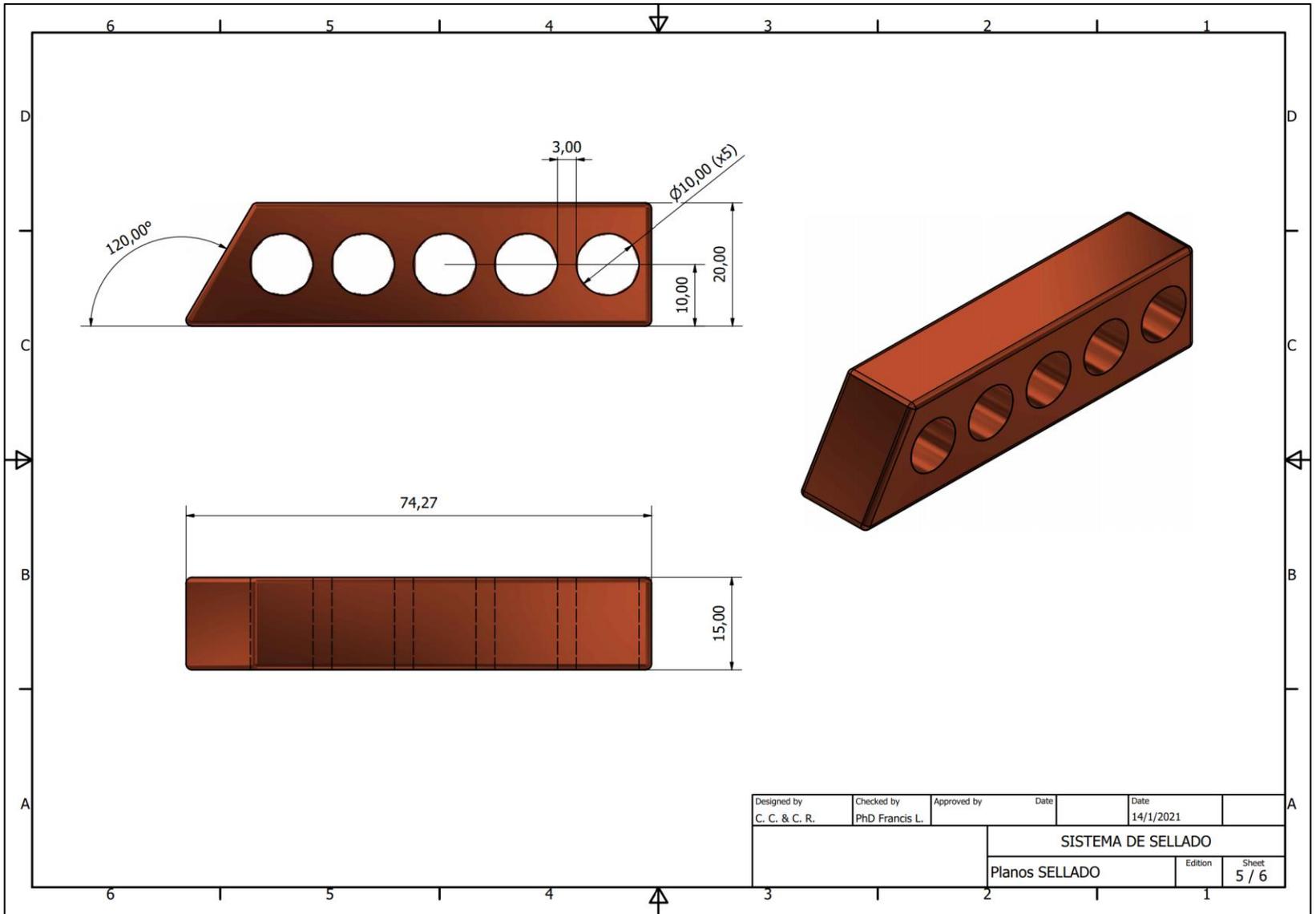
PLANO 17 3D Polea Doble para cinta de teflón y banda de hule.



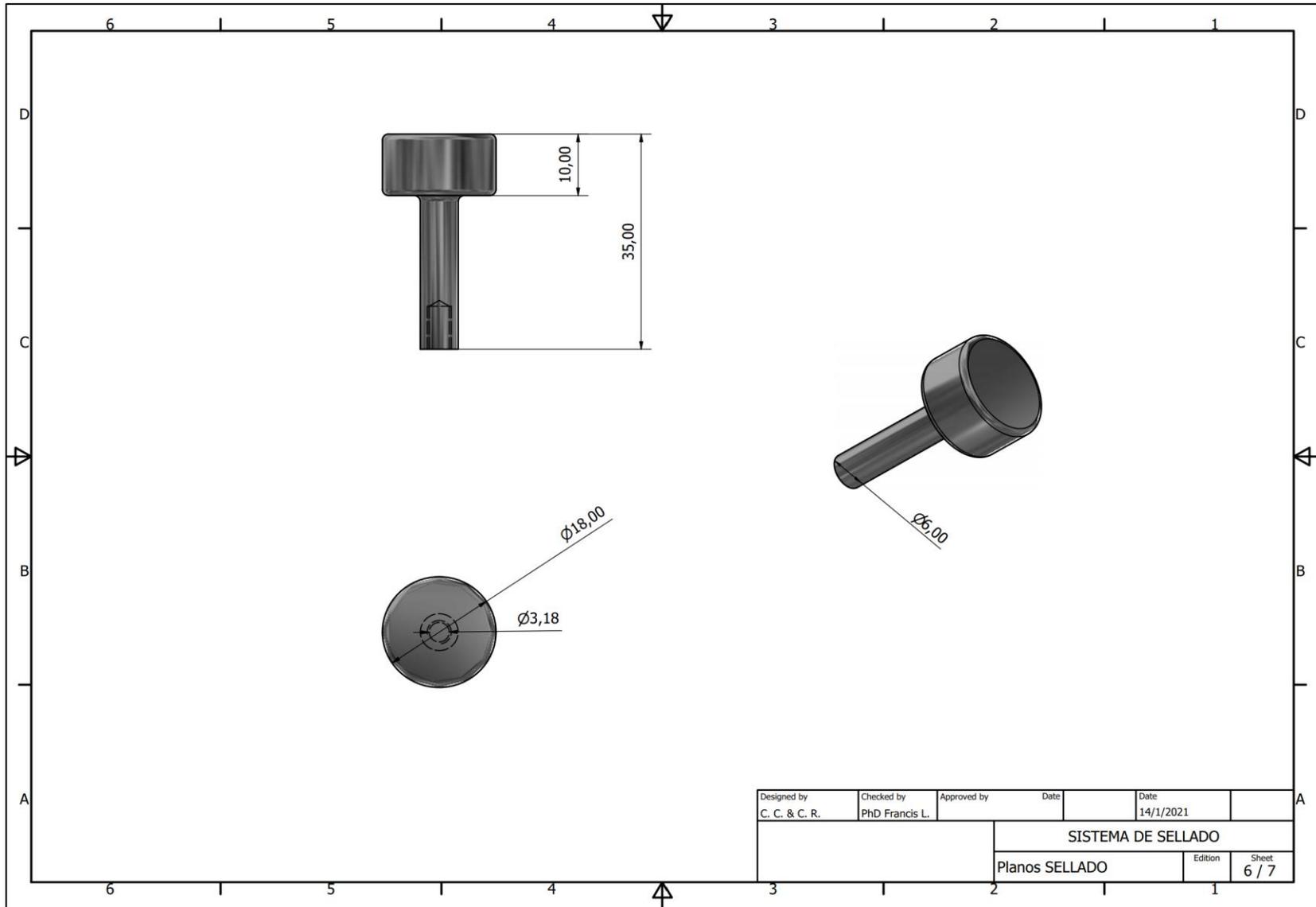
**PLANO 18 3D Polea Simple para cinta de teflón.**



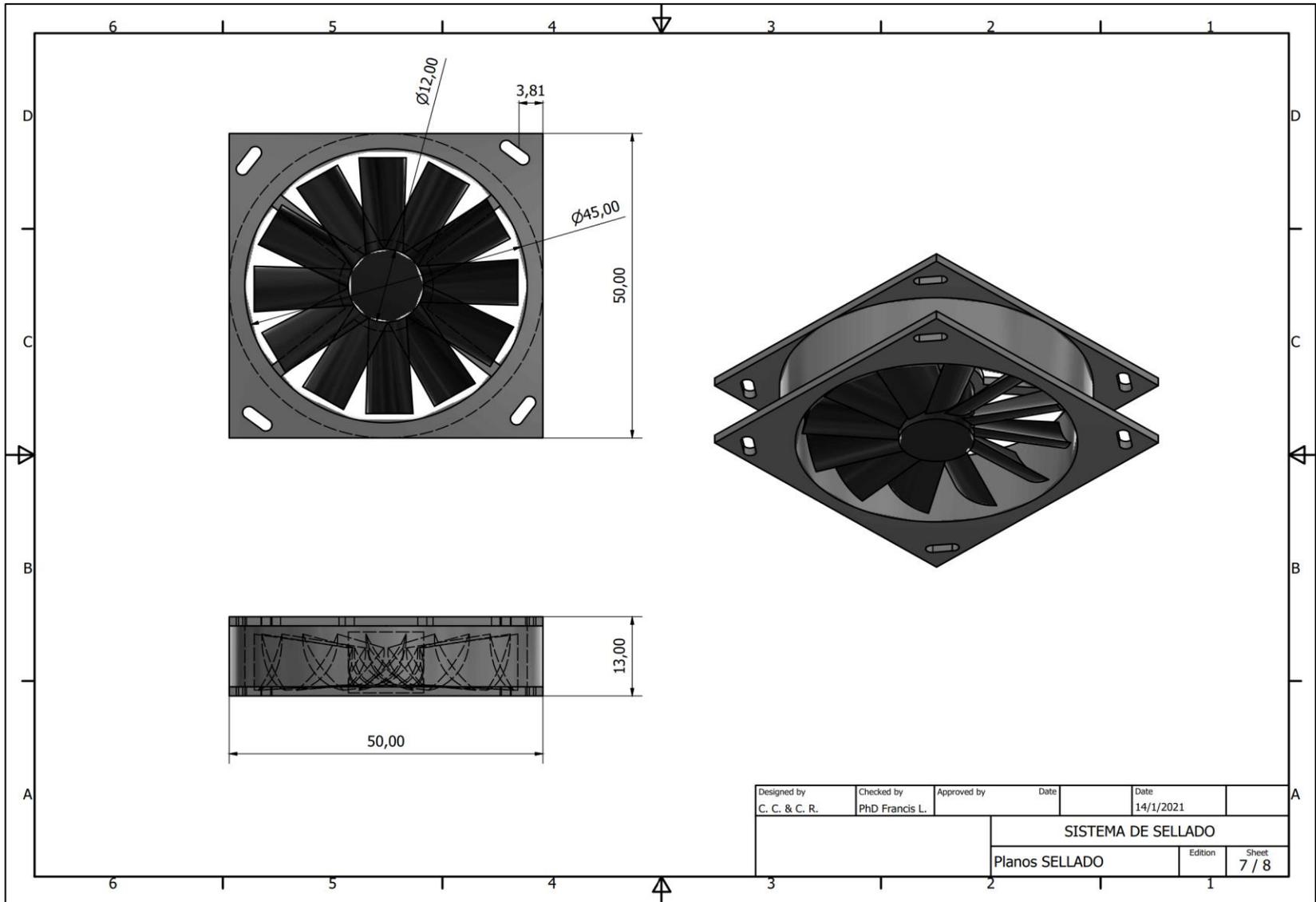
**PLANO 19 3D Mordazas para calentar, con ranura para resistencia eléctrica.**



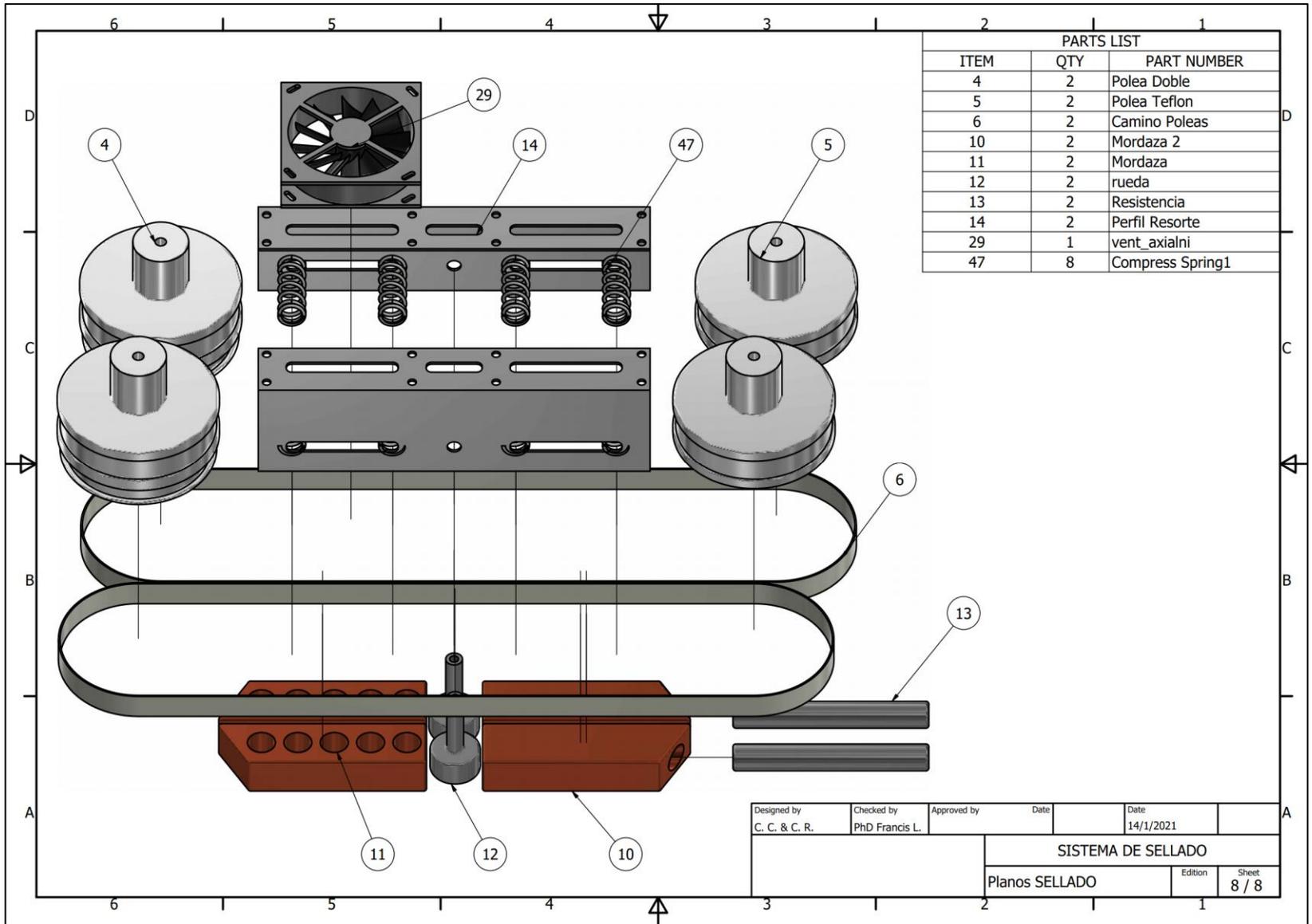
**PLANO 20 3D Mordazas para enfriar.**



**PLANO 21 3D Rodillos de sellado.**

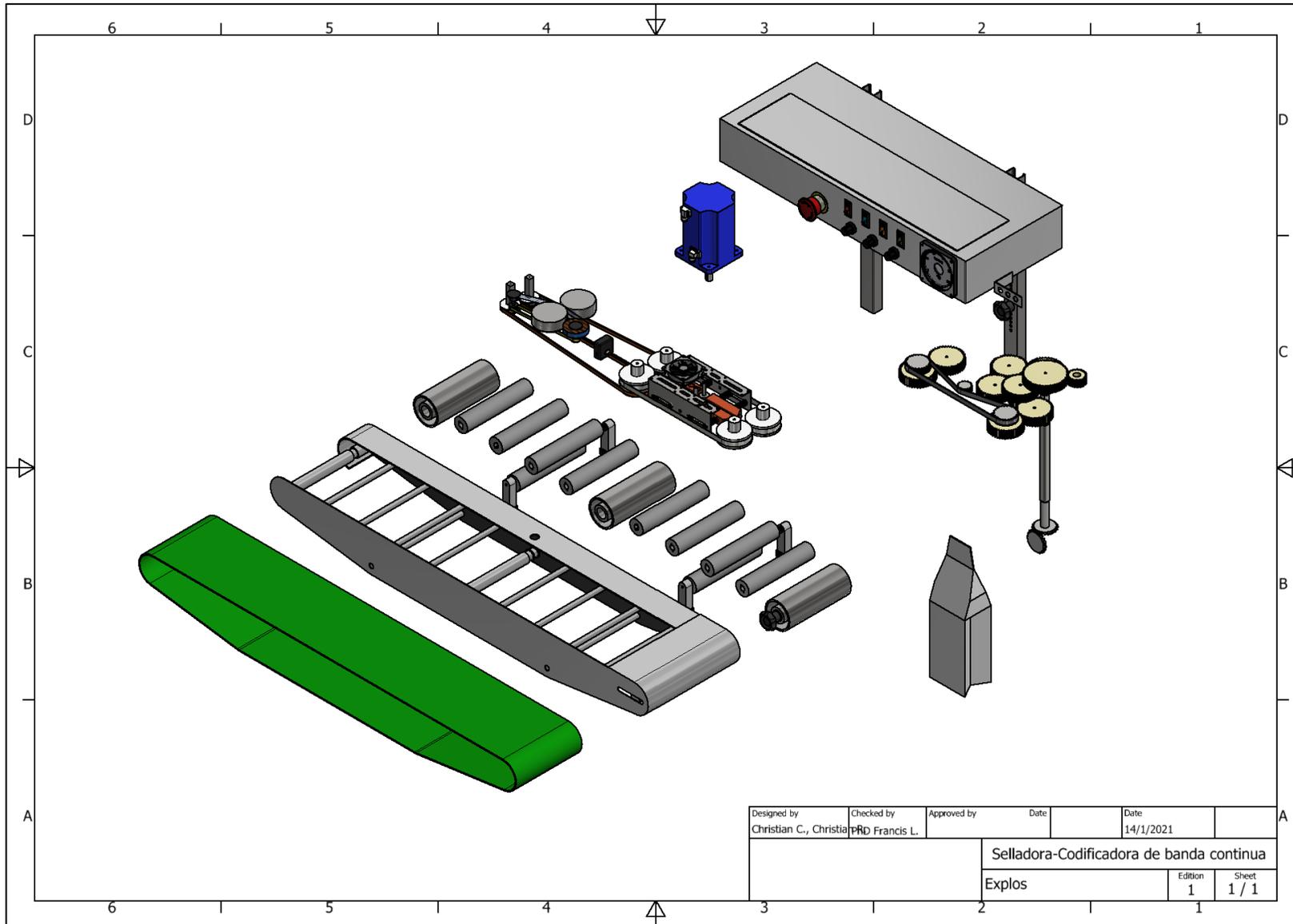


**PLANO 22 3D Ventilador para enfriamiento.**



**PLANO 23 Vista en explosión del Sistema de Sellado.**

Designed by C. C. & C. R.	Checked by PhD Francis L.	Approved by	Date	Date 14/1/2021
			SISTEMA DE SELLADO	
			Planos SELLADO	Sheet 8 / 8



**PLANO 24 Vista en explosión de Selladora-Codificadora.**

# APÉNDICE B

Catálogos

Dosificadora

Pernos acero inoxidable

14

## PERNOS Y TUERCAS INOXIDABLES

**CONSUN**



### PERNO CABEZA HEXAGONAL DE ACERO INOXIDABLE

**PERNO CABEZA HEXAGONAL DE ACERO INOXIDABLE**

TIPO DE CABEZA:

FAMILIA: PA0  
 MEDIDAS: PULGADAS  
 TIPO DE ROSCA: FINA  
 MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
 HILO: ESTÁNDAR

CÓDIGO: FAMILIA PA0      VENTA: UNIDAD

**NOMENCLATURA DE CÓDIGO**

Acero inoxidable      Longitud  
**PA025050**  
 Perno      Diámetro

D= Diámetro del Perno  
 L= Longitud del Perno

CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (UNI)
PA062450	5/8"	4 1/2"	120 CT.
PA062500	5/8"	5"	120 CT.
PA062550	5/8"	5 1/2"	120 CT.
PA062600	5/8"	6"	110 CT.
PA062700	5/8"	7"	110 CT.
PA087200	7/8"	2"	110 CT.
PA087250	7/8"	2 1/2"	90 CT.
PA087300	7/8"	3"	80 CT.
PA087350	7/8"	3 1/2"	80 CT.
PA087400	7/8"	4"	70 CT.
PA087450	7/8"	4 1/2"	60 CT.
PA087500	7/8"	5"	50 CT.
PA087550	7/8"	5 1/2"	50 CT.
PA087600	7/8"	6"	50 CT.
PA1001000	1"	10"	50 CT.
PA100200	1"	2"	80 CT.
PA100250	1"	2 1/2"	70 CT.
PA100300	1"	3"	60 CT.
PA100350	1"	3 1/2"	50 CT.
PA100400	1"	4"	50 CT.
PA100450	1"	4 1/2"	50 CT.
PA100600	1"	6"	40 CT.
PA100700	1"	7"	35 CT.
PA100800	1"	8"	30 CT.

CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (CT)
PA025050	1/4"	1/2"	4500 CT.
PA025100	1/4"	1"	3000 CT.
PA025150	1/4"	1 1/2"	2100 CT.
PA025200	1/4"	2"	1500 CT.
PA025250	1/4"	2 1/2"	1200 CT.
PA025300	1/4"	3"	1200 CT.
PA025350	1/4"	3 1/2"	1080 CT.
PA025400	1/4"	4"	900 CT.
PA025500	1/4"	5"	600 CT.
PA025600	1/4"	6"	500 CT.
PA031050	5/16"	1/2"	3000 CT.
PA031075	5/16"	3/4"	2100 CT.
PA031125	5/16"	1 1/4"	1500 CT.
PA031150	5/16"	1 1/2"	1200 CT.
PA031200	5/16"	2"	960 CT.
PA031250	5/16"	2 1/2"	840 CT.
PA031300	5/16"	3"	750 CT.
PA031350	5/16"	3 1/2"	750 CT.
PA031400	5/16"	4"	600 CT.
PA031450	5/16"	4 1/2"	600 CT.
PA031500	5/16"	5"	600 CT.
PA031550	5/16"	5 1/2"	500 CT.
PA031600	5/16"	6"	400 CT.
PA038075	3/8"	3/4"	1300 CT.
PA038100	3/8"	1"	1350 CT.
PA038125	3/8"	1 1/4"	1080 CT.
PA038150	3/8"	1 1/2"	960 CT.
PA038200	3/8"	2"	720 CT.
PA038250	3/8"	2 1/2"	600 CT.
PA038300	3/8"	3"	100 CT.
PA038350	3/8"	3 1/2"	480 CT.
PA038400	3/8"	4"	400 CT.
PA038450	3/8"	4 1/2"	330 CT.
PA038500	3/8"	5"	400 CT.
PA038600	3/8"	6"	250 CT.
PA043075	7/16"	3/4"	1200 CT.
PA043100	7/16"	1"	900 CT.
PA043150	7/16"	1 1/2"	600 CT.
PA043200	7/16"	2"	480 CT.
PA043250	7/16"	2 1/2"	420 CT.
PA043300	7/16"	3"	360 CT.
PA043350	7/16"	3 1/2"	300 CT.
PA043400	7/16"	4"	270 CT.
PA043450	7/16"	4 1/2"	240 CT.
PA043500	7/16"	5"	290 CT.
PA043600	7/16"	6"	250 CT.
PA050100	1/2"	1"	660 CT.
PA050150	1/2"	1 1/2"	540 CT.
PA050200	1/2"	2"	390 CT.
PA050250	1/2"	2 1/2"	330 CT.
PA050350	1/2"	3 1/2"	270 CT.
PA050400G	1/2"	4"	50 CT.
PA050500	1/2"	5"	200 CT.
PA050550	1/2"	5 1/2"	50 CT.
PA050800	1/2"	8"	50 CT.
PA056600	9/16"	6"	50 CT.
PA062100	5/8"	1"	360 CT.
PA062150	5/8"	1 1/2"	300 CT.
PA062200	5/8"	2"	210 CT.
PA062225	5/8"	2 1/4"	220 CT.
PA062300	5/8"	3"	180 CT.
PA062350	5/8"	3 1/2"	150 CT.
PA062400	5/8"	4"	150 CT.

## Plancha de acero inoxidable

### Planchas de Acero Inoxidable

#### AISI 304 / AISI 304L



#### Estado de Suministro

Laminado.

#### Fabricado Bajo Norma

ASTM A240 / A480.

#### Terminaciones Superficiales Disponibles

2B, N°1 y N°4.

#### Características

Acero inoxidable austenítico, aleado con Cromo y Níquel y bajo contenido de Carbono que presenta una buena resistencia a la corrosión. No es templable ni magnético. Puede ser fácilmente trabajado en frío (por ejemplo: doblado o cilindrado).

#### Aplicaciones

Debido a su buena resistencia a la corrosión, conformado en frío y soldabilidad, se utiliza ampliamente en la industria alimenticia, vitivinícola, frutícola, acuícola, minera y construcción. Algunos usos son la fabricación de estructuras y/o contenedores para las industrias procesadoras de leche, cerveza, vino y alimentos, revestimientos, lavaplatos, mesones para alimentos, bandas transportadoras, cabinas telefónicas, fachadas de edificios, ascensores, casetas de peaje, muebles de cocina y quincallería.

#### Composición Química

AISI	%C (máx.)	%Mn (máx.)	%Si (máx.)	%Cr	%Ni	%P (máx.)	%S (máx.)
304	0,08	2,00	0,75	18-20	8,00-10,50	0,045	0,03
304 L	0,03	2,00	0,75	18-20	8,00-12,00	0,045	0,03

#### Propiedades Mecánicas

AISI	Esfuerzo Fluencia (mín.) MPa	Esfuerzo Tracción (mín.) Mpa	Elongación (mín.) %	Dureza (máx.) Brinell (HB)
304	205	515	40	201
304L	170	485	40	201

## Acero estructural perfil circular



### TUBERÍA REDONDA - Cédulas

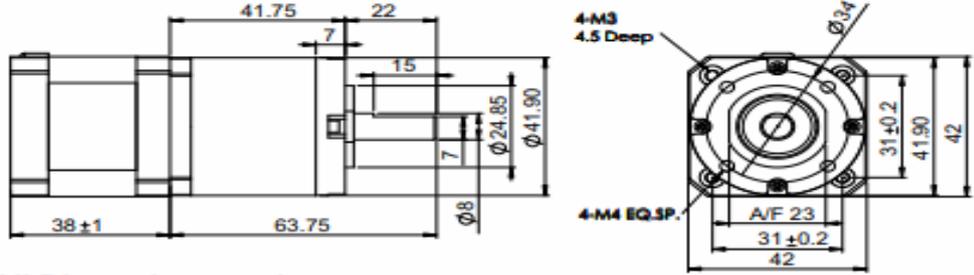
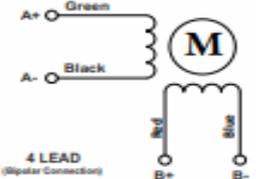
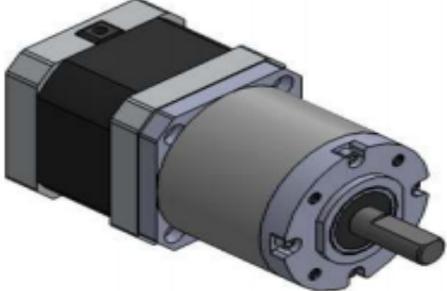
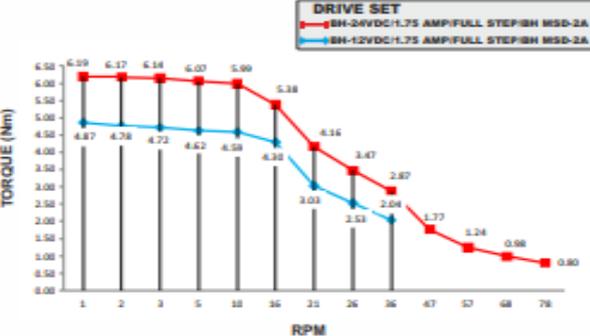


CÉDULA 30								CÉDULA X					
Dia. Nom. (pulg)	Dia. Ext. (pulg)	Calibre (nom.)	Espesor (pulgadas)	Inventario	Longitud (metros)	Piezas x paquete	Kilogramo x metro	Calibre (nom.)	Espesor (pulgadas)	Inventario	Longitud (metros)	Piezas x paquete	Kilogramo x metro
1/2"	0.840"	14	0.0747	N	6.10	169	0.91	-			-	-	-
3/4"	1.050"	14	0.0747	N	6.10	127	1.16	-			-	-	-
1"	1.315"	14	0.0747	N	6.10	91	1.47	-			-	-	-
1 1/4"	1.660"	13	0.0897	N	6.10	61	2.24	-			-	-	-
1 1/2"	1.900"	13	0.0897	N	6.10	61	2.58	-			-	-	-
2"	2 3/8"	12	0.1046	N	6.10	37	3.77	10	0.1345	N	6.40	37	4.79
2 1/2"	2 7/8"	12	0.1046	N	6.10	37	4.61	9	0.1495	*	6.40	37	6.48
3"	3 1/2"	11	0.1196	N	6.10	19	6.43	3/16"	0.1880	*	6.40	19	9.87
4"	4 1/2"	11	0.1196	N	6.10	19	8.33	3/16"	0.1880	*	6.40	19	12.85
6"	6 5/8"	3/16"	0.1880	N	6.10	7	19.23	3/16"	0.1880	*	6.40	7	19.18

CÉDULA 40								CÉDULA 80					
Dia. Nom. (pulg)	Dia. Ext. (pulg)	Calibre (nom.)	Espesor (pulgadas)	Inventario	Longitud (metros)	Piezas x paquete	Kilogramo x metro	Calibre (nom.)	Espesor (pulgadas)	Inventario	Longitud (metros)	Piezas x paquete	Kilogramo x metro
1/4"	0.540"	14	0.0747	*	6.40	169	0.55	-			-	-	-
3/8"	0.675"	13	0.0897	*	6.40	169	0.83	-			-	-	-
1/2"	0.840"	12	0.1046	N	6.40	91	1.22	-			-	-	-
3/4"	1.050"	12	0.1046	N	6.40	91	1.57	-			-	-	-
1"	1.315"	10	0.1345	N	6.40	61	2.52	-			-	-	-
1 1/4"	1.660"	10	0.1345	N	6.40	37	3.26	-			-	-	-
1 1/2"	1.900"	10	0.1345	N	6.40	37	4.16	-			-	-	-
2"	2 1/4"	9	0.1495	N	6.00	37	5.29	0.216"	0.2160	*	6.40	37	7.41
2 1/2"	2 7/8"	0.203"	0.2030	N	6.00 / 6.40	37	8.62	1/4"	0.2500	*	6.40	37	10.43
3"	3 1/2"	4	0.2242	N	6.00 / 6.40	19	11.67	5/16"	0.3125	*	6.40	19	15.83
4"	4 1/2"	4	0.2242	N	6.00 / 6.40	19	15.24	5/16"	0.3125	*	6.40	19	20.80
6"	6 5/8"	0.280"	0.2800	N	6.00 / 6.40	7	28.24	-			-	-	-

- Productos especiales sujetos a mínimos de fabricación.
- Norma de fabricación ASTM A513.
- N - Natural.
- PR - Pintado Rojo.

# Motor paso a paso

<b>SPECIFICATION SHEET</b> <b>Bholanath</b>	<b>STEPPER MOTOR</b> <b>BH42 SH 38 - 1684 PL-19.2</b> <b>HIGH TORQUE HYBRID</b>	 <small>COMMITTED TO PRECISION</small>																										
																												
<b>All Dimensions are in mm.</b>																												
<b>Wiring Diagram</b>  <b>4 LEAD</b> <small>(Bipolar Connection)</small>	 <b>Max.RPM At Gear Box Shaft - 78 RPM</b>																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: black; color: white;">CHARACTERISTICS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Motor - Bipolar</td></tr> <tr><td>Steps per Revolution - 200</td></tr> <tr><td>Step Angle - 1.8 degree</td></tr> <tr><td>Motor Step Angle Accuracy- ± 3 Arc Minute</td></tr> <tr><td>Dimensions - Refer drawing</td></tr> <tr><td>Weight with Gear box - 385 g</td></tr> <tr><td>Insulation Class - Class H</td></tr> <tr><td>Protection Class - DIN40050 - IP30</td></tr> <tr><td>Resistance of Insulation - 100M Ω 500 VDC</td></tr> <tr><td>Resistance per phase - 1.7 Ω</td></tr> <tr><td>Inductance per phase - 1.8 mH</td></tr> <tr><td>Normal current per phase - 1.68 Amp</td></tr> <tr><td>Operating Voltage - 12 to 24 VDC</td></tr> <tr><td>Stock Temperature - (-10°C to + 70°C)</td></tr> <tr><td>Operation Temperature - (-10°C to + 40°C)</td></tr> <tr><td>Holding Torque Of Motor - 0.36 Nm (3.6KgcM)</td></tr> <tr><td>Holding Torque with gear Box - 5.4 Nm (54 Kgcm)</td></tr> <tr><td>Max Radial Load (12mm from flange) - &lt; 80N</td></tr> <tr><td>Max Shaft Axial Load - &lt; 30N</td></tr> <tr><td>Radial Play of Shaft (Near to flange) - &lt; 0.06mm</td></tr> <tr><td>Axial Play of Shaft - &lt; 0.3mm</td></tr> <tr><td>Gear Box Ratio - 19.2:1</td></tr> <tr><td>Backlash at no load - 1.2 degree</td></tr> <tr><td>Rotor Inertia of Motor - 86 GM-CM<sup>2</sup></td></tr> <tr><td>Rotor Inertia of Gearbox - 96 GM-CM<sup>2</sup></td></tr> </tbody> </table>	CHARACTERISTICS	Motor - Bipolar	Steps per Revolution - 200	Step Angle - 1.8 degree	Motor Step Angle Accuracy- ± 3 Arc Minute	Dimensions - Refer drawing	Weight with Gear box - 385 g	Insulation Class - Class H	Protection Class - DIN40050 - IP30	Resistance of Insulation - 100M Ω 500 VDC	Resistance per phase - 1.7 Ω	Inductance per phase - 1.8 mH	Normal current per phase - 1.68 Amp	Operating Voltage - 12 to 24 VDC	Stock Temperature - (-10°C to + 70°C)	Operation Temperature - (-10°C to + 40°C)	Holding Torque Of Motor - 0.36 Nm (3.6KgcM)	Holding Torque with gear Box - 5.4 Nm (54 Kgcm)	Max Radial Load (12mm from flange) - < 80N	Max Shaft Axial Load - < 30N	Radial Play of Shaft (Near to flange) - < 0.06mm	Axial Play of Shaft - < 0.3mm	Gear Box Ratio - 19.2:1	Backlash at no load - 1.2 degree	Rotor Inertia of Motor - 86 GM-CM <sup>2</sup>	Rotor Inertia of Gearbox - 96 GM-CM <sup>2</sup>	 <b>PLANETARY GEAR BOX STEPPER MOTOR - BH42SH38-1684PL-19.2</b>	
CHARACTERISTICS																												
Motor - Bipolar																												
Steps per Revolution - 200																												
Step Angle - 1.8 degree																												
Motor Step Angle Accuracy- ± 3 Arc Minute																												
Dimensions - Refer drawing																												
Weight with Gear box - 385 g																												
Insulation Class - Class H																												
Protection Class - DIN40050 - IP30																												
Resistance of Insulation - 100M Ω 500 VDC																												
Resistance per phase - 1.7 Ω																												
Inductance per phase - 1.8 mH																												
Normal current per phase - 1.68 Amp																												
Operating Voltage - 12 to 24 VDC																												
Stock Temperature - (-10°C to + 70°C)																												
Operation Temperature - (-10°C to + 40°C)																												
Holding Torque Of Motor - 0.36 Nm (3.6KgcM)																												
Holding Torque with gear Box - 5.4 Nm (54 Kgcm)																												
Max Radial Load (12mm from flange) - < 80N																												
Max Shaft Axial Load - < 30N																												
Radial Play of Shaft (Near to flange) - < 0.06mm																												
Axial Play of Shaft - < 0.3mm																												
Gear Box Ratio - 19.2:1																												
Backlash at no load - 1.2 degree																												
Rotor Inertia of Motor - 86 GM-CM <sup>2</sup>																												
Rotor Inertia of Gearbox - 96 GM-CM <sup>2</sup>																												

# Selladora – Codificadora

## Banda Transportadora

### REINFORCEMENT FABRICS

CARCASS TYPE	CARCASS MATERIALS		STRENGTH RANGE	FEATURES AND APPLICATIONS
	WARP (longitudinal)	WEFT (transverse)		
PN plain weave (DIN code EP)	Polyester	Nylon	315 to 2000 kN/m (150 to 400 kN/m/ply)	Low elongation. Very good impact resistance Good fastener holding An excellent general purpose fabric.
PN crow's foot weave	Polyester	Nylon	630 to 2500 kN/m (315 to 500 kN/m/ply)	Low elongation Good impact resistance Very good fastener holding. Excellent rip resistance. For high abuse installations
PN double weave	Polyester	Nylon	900 & 1350 kN/m (450 kN/m/ply)	Low elongation. Excellent impact resistance. Excellent fastener holding. For high abuse installations.
PP Plain weave	Polyester	Polyester	Up to 900 kN/m (120 & 150 kN/m/ply)	Used in special applications where acid resistance is needed. Contact us for information.
NN Plain weave	Nylon	Nylon	Up to 2000 kN/m (150 to 450 kN/m/ply)	High elongation, mostly replaced by polyester-nylon. Used in special applications where low modulus needed or in high pH environment

Fuente: (Conveyor Handbook, 2009)

**BANDAS CON IMPRESION CON SUPERIOR / CHEVRON CERCENABLES**

**#99** 18x3 3 Ply Poly White Nylon Woven x FS = 18x3 3 Lanas Poliéster Blanca Impresión Anti Desgaste x Dorso con Superficie de Fricción  
Número de Parte: 20028700  
Esta especificación con impresión anti-desgaste es capaz de proveer gran tracción en planas inclinadas moderadas. Con frecuencia utilizada en paquetería y aplicaciones de vegetales y frutas, así como en manejo de paquetes y cajas pequeñas. La banda no desmenuza y es resistente a gases e aceites. Cumple con norma FDA.  
**Rango de Temperatura:** -18 °C a 121 °C **Espesor:** 3.2 mm **Peso:** 3.5 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 63.5 mm **Grapas Recomendadas:** #1 Gancho, #125 Grapas, #7 Lagartos.

**#102** 24x3 3 Ply Poly White Nylon Woven x FS = 24x3 3 Lanas Poliéster Blanca Nitrilo con Empujadores para Carne x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20028506  
La especificación con nitrilo es una opción excelente para transportar productos de carne y pollo. Las superficies lisas pueden ser limpiadas con facilidad. Los perfiles en forma de "V" invertidos son de 2.2 mm de alto y tienen un espaciado uniforme entre sí de 25.4 mm. Cumple con la norma FDA y es aceptada por la USDA.  
**Rango de Temperatura:** -18 °C a 121 °C **Espesor:** 3.6 mm **Peso:** 5.0 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 68.9 mm **Grapas Recomendadas:** #2 SP Gancho, #125 Grapas, #15 Lagartos.

**BANDAS CHEVRON CERCENABLES**

**#174** 40x2 2 Ply 3.2 mm x 1.6 mm Durocisel MOR = 40x2 2 Lanas 3.2 mm x 1.6 mm Empujador en V Superior Grado 2  
Número de Parte: 20029203  
Los perfiles en V de la cubierta superior son de 6.4 mm de alto y 9.5 mm de ancho. El diseño de empujador es aproximadamente 152.4 mm de ancho y se distribuye en líneas espaciadas a todo lo ancho de la cubierta superior. Comúnmente utilizada como una banda de reposición en combis de pavimento asfáltico, adoquinado o alisadora de carretera.  
**Rango de Temperatura:** -32 °C a 107 °C **Espesor:** 6.0 mm más perfil de 6.4 mm x 9.5 mm **Peso:** 12.3 Kg/m<sup>2</sup> **Diámetro Mínimo de Polea:** 304.8 mm **Grapas Recomendadas:** #150 Platina, #275 Empalmada, #195 Remache.

**#58** 40x2 2 Ply 3.2 mm x 1.6 mm Durocisel MOR = 40x2 2 Lanas 3.2 mm x 1.6 mm Empujador en V Superior Resistencia Moderada al Aceite.  
Número de Parte: 20028601  
Los perfiles en V de la cubierta son de 6.4 mm de alto y 9.5 mm de ancho. El perfil resultante es en forma de "V" de aproximadamente 152.4 mm de ancho y es distribuido en líneas espaciadas a todo lo ancho de la cubierta superior. Opción excelente para áreas industriales que requieren resistencia al aceite tal como secciones de molinos.  
**Rango de Temperatura:** -18 °C a 121 °C **Espesor:** 6.0 mm más perfil de 6.4 mm x 9.5 mm **Peso:** 12.3 Kg/m<sup>2</sup> **Diámetro Mínimo de Polea:** 304.8 mm **Grapas Recomendadas:** #150 Platina, #275 Empalmada, #195 Remache.

**#178** 60x3 3 Ply 3.2 mm x 1.6 mm Durocisel GR2 = 60x3 3 Lanas 3.2 mm x 1.6 mm Empujador en V Superior Grado 2  
Número de Parte: 20029205  
El perfil de la cubierta superior manufacturado está diseñado para que pueda ser colocado longitudinalmente en la banda Chevron. Apta para aplicaciones de servicio muy pesado que requieren una superficie con perfil para altas inclinaciones. Opción excelente para aplicaciones de asfalto, materiales redondos y minerales.  
**Rango de Temperatura:** -32 °C a 107 °C **Espesor:** 9.5 mm más perfil de 6.4 mm x 9.5 mm **Peso:** 15.2 Kg/m<sup>2</sup> **Diámetro Mínimo de Polea:** 457.2 mm **Grapas Recomendadas:** #150 Platina, #350 Empalmada, #195 Remache.

**#59B** 60x3 3 Ply 3.2 mm x 1.6 mm Durocisel MOR = 60x3 3 Lanas 3.2 mm x 1.6 mm Empujador en V Superior Resistencia Moderada al Aceite.  
Número de Parte: 20028515  
El perfil de la cubierta superior manufacturado está diseñado para que pueda ser colocado longitudinalmente en la banda Chevron. Apta para aplicaciones de servicio muy pesado que requieren la capacidad para superar las inclinaciones moderadas y aplicaciones de aceites, emulsiones y otros líquidos. Con frecuencia utilizada en el acortamiento de secciones de molinos y en aplicaciones de resaca y basura, así como en aplicaciones en las cuales se imponen altas tensiones de oposición a la banda. Los compuestos MOR en la banda de resistencia a constantes moderadamente abrasivos y la fibra sintética la hace más fuerte y dimensionalmente estable.  
**Rango de Temperatura:** -18 °C a 121 °C **Espesor:** 9.5 mm más perfil de 6.4 mm x 9.5 mm **Peso:** 14.0 Kg/m<sup>2</sup> **Diámetro Mínimo de Polea:** 457.2 mm **Grapas Recomendadas:** #150 Platina, #350 Empalmada, #195 Remache.

**BANDAS CHEVRON CERCENABLES / BANDAS DE PVC-RMV**

**#58B** 40x2 2 Ply 3.2 mm x BB Durocisel MOR = 40x2 2 Lanas 3.2 mm x Lona Desnuda al Dorso Empujador en V Superior Resistencia Moderada al Aceite.  
Número de Parte: 20029202  
El perfil de la cubierta superior manufacturado está diseñado para que pueda ser colocado longitudinalmente en la banda Chevron. Apta para aplicaciones de servicio muy pesado que requieren la capacidad para superar las inclinaciones de resaca y basura, así como en aplicaciones en las cuales se imponen altas tensiones de oposición a la banda. Los compuestos MOR en la banda de resistencia a constantes moderadamente abrasivos y la fibra sintética la hace más fuerte y dimensionalmente estable. Viene en presentación de lona desnuda para transportadores de cinta desdoblada.  
**Rango de Temperatura:** -18 °C a 121 °C **Espesor:** 6.4 mm **Peso:** 10.8 Kg/m<sup>2</sup> **Diámetro Mínimo de Polea:** 457.2 mm **Grapas Recomendadas:** #150 Platina, #275 Empalmada, #195 Remache.

**#247** 60x3 3 Ply 3.2 mm x BB Durocisel MOR = 60x3 3 Lanas 3.2 mm x Lona Desnuda al Dorso Empujador en V Superior Resistencia Moderada al Aceite.  
Número de Parte: 20029207  
El perfil de la cubierta superior manufacturado está diseñado para que pueda ser colocado longitudinalmente en la banda Chevron. Apta para aplicaciones de servicio muy pesado que requieren la capacidad para superar las inclinaciones de resaca y basura, así como en aplicaciones en las cuales se imponen altas tensiones de oposición a la banda. Los compuestos MOR en la banda de resistencia a constantes moderadamente abrasivos y la fibra sintética la hace más fuerte y dimensionalmente estable. Viene en presentación de lona desnuda para transportadores de cinta desdoblada.  
**Rango de Temperatura:** -18 °C a 121 °C **Espesor:** 6.4 mm **Peso:** 10.8 Kg/m<sup>2</sup> **Diámetro Mínimo de Polea:** 457.2 mm **Grapas Recomendadas:** #150 Platina, #275 Empalmada, #195 Remache.

**BANDAS DE PVC-RMV (VINIL DE CAUCHO MODIFICADO)**

**#60** 107x2 2 Ply Mate PVC Checkout Counter x BB = 107x2 2 Lanas Mate PVC Caja Registradora x Lona Desnuda al Dorso.  
Número de Parte: 20032710  
2 lanas de fibra de polipropileno (10.7 N/mm) proveen fuerza adecuada a esta banda delgada la cual es utilizada comúnmente en sitios de cajas registradoras de venta al detalle. La cubierta negra de PVC resiste manchas, cortes y cavidades por perforaciones causadas por abrasión en el uso. La cubierta tiene mate es impresa fácilmente mientras la superficie del dorso tiene bajo coeficiente de fricción para operación normal en superficies deslizantes.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 2.0 mm **Peso:** 2.7 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 90.8 mm **Grapas Recomendadas:** #25 LP Gancho, #1 Lagarto.

**#60A** 179x2 2 Ply Black RMV x FS = 179x2 2 Lanas Negra Vinil de Caucho Modificado x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20032340  
Banda transportadora excelente multi-propósito con una cubierta superior lisa de 0.8 mm de vinil de caucho modificado. Utilizada normalmente en líneas de empaque y ensamblaje, así como en otras aplicaciones que requieren resistencia a algunos aceites asociados con los productos que son transportados. La estructura de lona es flexible, pero fuerte para resistir estiramiento. La cubierta resiste gases, aceites, y sebos de animales.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 2.8 mm **Peso:** 4.1 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 38.1 mm **Grapas Recomendadas:** #13P Gancho, #62 Grapas, #7 Lagartos.

**#60B** 268x3 3 Ply Black RMV x FS = 268x3 3 Lanas Negra Vinil de Caucho Modificado x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20032345  
Banda transportadora excelente multi-propósito para servicio liviano. La cubierta superior lisa es de 0.8 mm. Utilizada regularmente en líneas de empaque y empujador, y en otras aplicaciones que requieren resistencia a algunos aceites asociados con los productos que son transportados. La estructura de lona es flexible, pero fuerte. La cubierta resiste grasas, aceites y sebos de animales.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 3.2 mm **Peso:** 4.7 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 76.2 mm **Grapas Recomendadas:** #13P Gancho, #62 Grapas, #7 Lagartos.

**#61A** 215x1 PVC Black RT x FS = 215x1 PVC Negra Rugosa Superior x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20035206  
Esta banda transportadora de PVC con cubierta superior rugosa y apta para servicio mediano tiene una superficie anti-deslizante que permite el transporte de paquetes, cajas, envolturas y otros productos en grandes volúmenes en sentido ascendente o descendente. La estructura única de tejido sólido y los compuestos de PVC combinan sus propiedades para brindar gran tracción y rendimiento. La estructura sinema de tejido sólido tiene características de gran fuerza y bajo estiramiento.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 4.4 mm **Peso:** 5.9 Kg/m<sup>2</sup>

**BANDAS DE PVC - RMV**



**#62A** 1791 PVC Black Bucket Top x FS = 1791 PVC Negra Cangilón Superior x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20033900  
Esta banda de PVC con perfiles en la cubierta superior tiene una multitud de proyecciones tipo "cangilón" para asistir especialmente a la banda en la elevación de sólidos a granel. En aplicaciones muy húmedas, la banda puede correr en dirección opuesta para asistir el flujo de los sólidos.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 6.0 mm **Peso:** 5.0 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 50.8mm **Grapas Recomendadas:** #1SP Gancho, #125 Grapa, #7 Lagarto



**#62B** 2151 PVC Black Crescent Top x FS LT = 2151 PVC Negra Media Luna Superior x Dorso con Superficie de Fricción Baja Temp.  
Número de Parte: 20033525  
Los perfiles en forma de "media luna" de la parte superior se proyectan desde la superficie de la banda para asistir a la banda en la movilización de sólidos a granel. Al poder la banda ser recorrida en dirección opuesta, las siluetas de media luna pueden asistir en el drenaje de líquidos de productos resqueados. Las siluetas de media luna se trasladan para generar un recorrido suave y normal en los rodillos de retorno.  
**Rango de Temperatura:** -29 °C a 82 °C **Espesor:** 6.0 mm **Peso:** 5.0 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 50.8 mm **Grapas Recomendadas:** #1SP Gancho, #82 Grapa, #7 Lagarto



**#62A** 2151 PVC Black CTH x FS = 2151 PVC Negra Chevron Superior II x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20034603  
El labrado óvalo helicoidal de hélices alternantes de los perfiles Chevron de PVC sólido en la cubierta contribuye a la capacidad de la banda para transportar sólidos a granel de flujo libre. Materiales tales como granos, productos alimenticios, fomas y fertilizantes pueden ser transportados por líneas muy inclinadas.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 6.4 mm **Peso:** 5.1 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 63.5 mm **Grapas Recomendadas:** #1 Gancho, #125 Grapa, #7 Lagarto



**#62B** 2151 PVC Black Z Top x FS = 2151 PVC Negra Perfil en Z Superior x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20034600  
Este perfil único es diseñado para brindar una capacidad incrementada y un deslizamiento mínimo. El diseño especial reduce los niveles de ruido en los rodillos de retorno. Los usos incluyen aplicaciones en transporte de fubos, grana, desechos de madera, y semillas. Las fuertes cuerdas sintéticas y los compuestos de PVC combinan sus propiedades para brindar gran fuerza y larga duración.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 6.0 mm **Peso:** 5.3 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 63.5 mm **Grapas Recomendadas:** #1 Gancho, #125 Grapa, #7 Lagarto



**#74** 5251 1 Ply Polarflex SM LTMAR Cover x FS = 5251 1 Lona Polarflex Tejido Sólido Baja Temp Resistente a Abrasión Cubierta x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20035490  
La banda es distinguida por tener el compuesto Polarflex que ostenta cualidad superior contra la abrasión y puede operar a bajas temperaturas de -40 °C. La estructura de cuerdas es fuerte y duras con propiedades de bajo estiramiento. Una buena elección para aplicaciones relacionadas con vidrios, metales, y productos de madera así como para aplicaciones en reciclaje.  
**Rango de Temperatura:** -40 °C a 82 °C **Espesor:** 7.1 mm **Peso:** 9.2 Kg/m<sup>2</sup> **Diámetro Mínimo de Polea:** 203.2 mm **Grapas Recomendadas:** #372 Biagra, #140 Palma, #92 Remache Ipo Biagra



**#281** 6131 1 Ply PVC Black Cover LT ORS x FS = 6131 1 Lona PVC Negra Baja Temp. Resistente al Aceite Cubierta x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20039601  
Banda versátil de servicio pesado con cuerdas de políster de tejido sólido; construida para resistir desgarros, cortes, estiramiento e impacto. Excelente elección para aplicación de rociado y productos de madera. Agta para resistir efectos de ambiente frío hasta de -29 °C. Excelente selección de grapas medicadas.  
**Rango de Temperatura:** -29 °C a 82 °C **Espesor:** 7.1 mm **Peso:** 8.8 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 203.2 mm **Grapas Recomendadas:** #35 Lagarto, #375 Grapa, #140 Palma, #92 Palma

**BANDAS DE PVC - RMV**

**#219** 2151 PVC Green RT x FS = 2151 PVC Verde Rugosa Superior x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20034620  
Esta banda texturizada de PVC con cubierta superior rugosa tiene una superficie anti-deslizante que no desliza y que permite que pasantes, cajas, envolturas y otros productos puedan ser transportados por líneas inclinadas en sentido de ascenso o descenso. La construcción en-lona y los compuestos de PVC combinan sus propiedades para brindar gran tracción, bajo estiramiento.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 5.5 mm **Peso:** 5.8 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 63.5 mm **Grapas Recomendadas:** #1 Gancho, #125 Grapa, #15 Lagarto



**#64A** 1791 PVC Black Cover x FS = 1791 PVC Cubierta Negra x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20035498  
Esta banda delgada, fuerte, pero flexible es ideal para propósito general en transportadores tipo cinta deslizando. Usada típicamente en aplicaciones de servicio liviano de transporte de productos pesados.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 2.8 mm **Peso:** 3.8 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 50.8 mm **Grapas Recomendadas:** #25 LP Gancho, #92 Grapa, #7 Lagarto



**#64B** 2151 PVC Black FS x Brushed Bottom = 2151 PVC Negra Superior con Superficie de Fricción x Cubierta Inferior Cepillada  
Número de Parte: 20033038  
Banda comprobada para brindar larga duración, alto rendimiento y libertad de problema en aplicaciones de manejo de pasantes. Las superficies de fricción en ambos caras superior e inferior permiten a la banda moverse mientras el paquete permanece detenido en el acumulador. Ideal para una variedad de aplicaciones en rodillos/cintas deslizando. Las características incluyen bajo estiramiento, gran fuerza, buena retención de grapas, con superior resistencia a desgarros, rasgaduras y cavidades causadas por licitaciones.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 3.9 mm **Peso:** 2.9 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 50.8 mm **Grapas Recomendadas:** #1 Gancho, #125 Grapa, #7 Lagarto



**#65** 2151 PVC Black Cover x FS = 2151 PVC Cubierta Negra x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20035501  
Banda comprobada para brindar larga duración, alto rendimiento y libertad de problema en aplicaciones de manejo de pasantes. Ideal para una variedad de aplicaciones en rodillos / cintas deslizando. Las características incluyen bajo estiramiento, gran fuerza, buena retención de grapas, con superior resistencia a desgarros, rasgaduras y cavidades causadas por licitaciones.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 3.6 mm **Peso:** 4.4 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 50.8 mm **Grapas Recomendadas:** #1 Gancho, #125 Grapa, #7 Lagarto



**#61B** 2681 PVC Black RT x FS = 2681 PVC Negra Rugosa Superior x Dorso con Superficie de Fricción.  
Número de Parte: 20035509  
Esta banda texturizada de servicio muy pesado con cubierta superior rugosa de PVC tiene una superficie anti-deslizante que permite que paquetes, cajas, envolturas y otros productos puedan ser transportados en líneas de inclinación e descenso. La construcción en-lona de tejidos sólidos y los compuestos de PVC combinan sus propiedades para brindar gran tracción y rendimiento.  
**Rango de Temperatura:** -7 °C a 82 °C **Espesor:** 6.2 mm **Peso:** 6.8 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 76.2 mm **Grapas Recomendadas:** #2 Gancho, #125 Grapa, #28 Lagarto



**#65B** 1791 PVC Black CoverLT x FS = 1791 PVC Cubierta Negra Baja Temp. x Dorso con Superficie de Fricción  
Número de Parte: 20035459  
Esta banda de PVC de compuesto especial tiene resistencia a baja temperatura. Delgada pero fuerte y flexible, esta banda es ideal en numerosas aplicaciones agrícolas y para transporte de propósito general.  
**Rango de Temperatura:** -29 °C a 82 °C **Espesor:** 2.8 mm **Peso:** 4.1 Kg/m<sup>2</sup>  
**Diámetro Mínimo de Polea:** 50.8 mm **Grapas Recomendadas:** #1SP Gancho, #82 Grapa, #7 Lagarto



## Rodillos

### CATÁLOGO DE PERFILES NORMALIZADOS ALUMINIUM STANDARD PROFILES



Perfiles normalizados tubos redondos  
Round tubes profiles  
Fecha de actualización 13/04/2017  
Updated at 13/04/2017

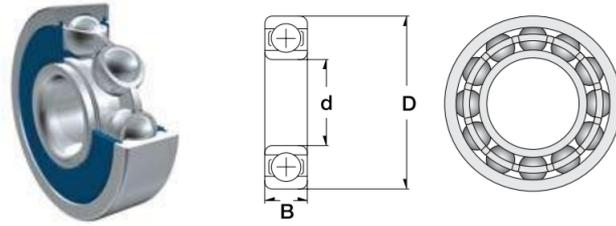
REF.	DESCRIPCIÓN mm	ESPEJOR Mm	PESO Kg/ml	PERIMETRO m2/ml
5828	22	1.1	0.194	0.131
5463	22	1.3	0.244	0.130
9268	22	1.5	0.262	0.129
7760	22	3	0.485	0.120
7685	25	1.1	0.224	0.150
9457	25	1.2	0.243	0.150
5474	25	1.5	0.300	0.148
5756	25	2.5	0.478	0.142
5807	25.1	1.4	0.281	0.149
20433	27.6	2	0.435	0.161
8648	28	2	0.440	0.163
5445	50	2	0.818	0.302
9801	50	2.5	1.007	0.298
6132	50	3.5	1.382	0.292
8233	50.1	1.6	0.659	0.305
7276	50.1	5	2.014	0.285
8779	51	2	0.832	0.308
8780	51	3.2	1.299	0.300
8564	53.9	1.54	0.686	0.329
7885	56.3	1.3	0.608	0.346
7105	60	2	1.061	0.365
9161	60	2.5	1.218	0.361
8977	60	3	1.451	0.358
6074	60	4	1.901	0.352
9459	63	1.5	0.783	0.387
5808	63.1	2	1.037	0.384
6538	63.1	6	2.905	0.359
9162	70	2.5	1.431	0.424



**Tubos  
redondos**  
Round  
tubes

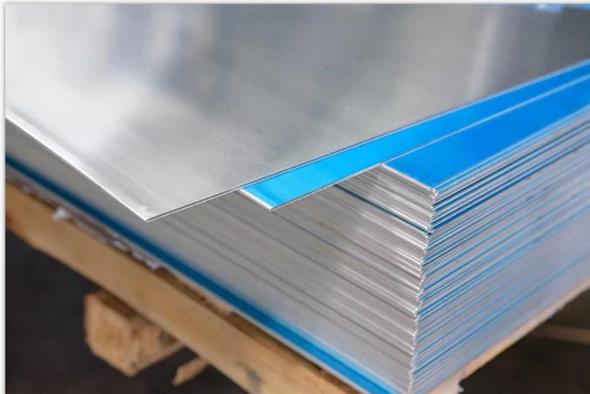
# Rodamientos

## Rodamientos Rígidos de Bolas



standard or flanged	Dimension (mm)			Designation/Type			* Load Rating		* Limiting Speed x1000rpm (open & 2Z) Grease	Weight (g) approx.
	d	D	B	Open	2Z	2RS/2TS	C, dyn. N	C, stat. N		
				Chrome Steel	Chrome Steel	Chrome Steel				
standard	10.0	26.0	8.0	6000	6000-2Z	6000-2RS	4550	1970	30.0	18 g
flanged	10.0	26.0	8.0	F 6000	F 6000-2Z	F 6000-2RS	4550	1970	30.0	20 g
standard	10.0	28.0	8.0	16100	16100-2Z	16100-2RS	4620	1960	28.0	22 g
standard	12.0	28.0	7.0	16001	16001-2Z	16001-2RS	4650	1980	27.0	22 g
standard	10.0	30.0	9.0	6200	6200-2Z	6200-2RS	5100	2390	24.0	32 g
standard	10.0	30.0	14.0	-	-	62200-2RS	5070	2360	17.0	40 g
standard	10.0	35.0	11.0	6300	6300-2Z	6300-2RS	8100	3450	22.0	52 g
standard	10.0	35.0	17.0	-	-	62300-2RS	8060	3400	15.0	60 g
standard	17.0	47.0	19.0	-	-	62303-2RS	13500	6550	11.0	150 g
standard	17.0	62.0	17.0	6403	6403-2Z	6403-2RS	22900	10800	15.0	270 g
standard	20.0	42.0	8.0	16004	16004-2Z	16004-2RS	6900	4050	17.0	50 g
standard	20.0	42.0	12.0	6004	6004-2Z	6004-2RS	9400	5000	18.0	68 g
standard	20.0	47.0	14.0	6204	6204-2Z	6204-2RS	12800	6600	15.0	107 g
standard	20.0	47.0	18.0	-	-	62204-2RS	12700	6550	10.0	130 g
standard	20.0	52.0	15.0	6304	6304-2Z	6304-2RS	15900	7900	14.0	145 g
standard	20.0	52.0	21.0	-	-	62304-2RS	15900	7800	9.5	200 g
standard	20.0	72.0	19.0	6404	6404-2Z	6404-2RS	30700	15000	9.9	400 g
standard	25.0	47.0	8.0	16005	16005-2Z	16005-2RS	7600	4700	14.0	60 g

## Láminas de aluminio



Espeor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Kg aprox.
0,4	1000	2000	2,17
0,5	1000	2000	2,71
0,7	1220	2440	5,65
1	1220	2440	8,07
1,25	1220	2440	9,68
1,5	1220	2440	12,1
2	1220	2440	16,13
3	1220	2440	24,2

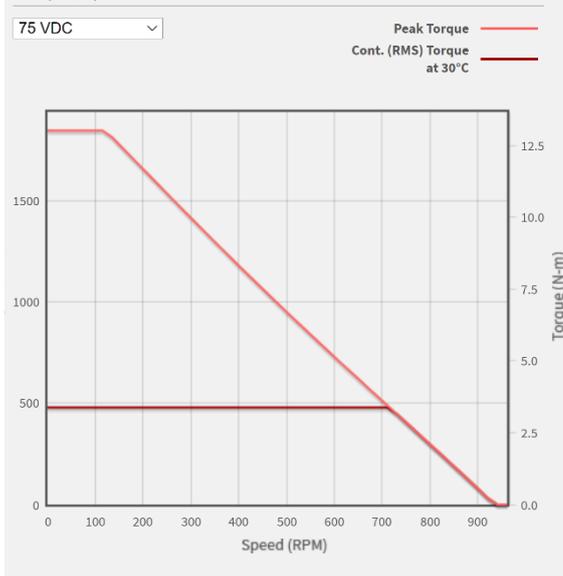
## Servo motor



### Specifications at 75 VDC

Peak Torque	1,844 oz-in (13.0 N-m)
Cont. (RMS) Torque	479 oz-in (3.4 N-m)
Max Speed	840 RPM
Peak Power	354 W (0.47 hp)
Cont. (RMS) Power	251 W (0.34 hp)

### Torque/Speed Curves



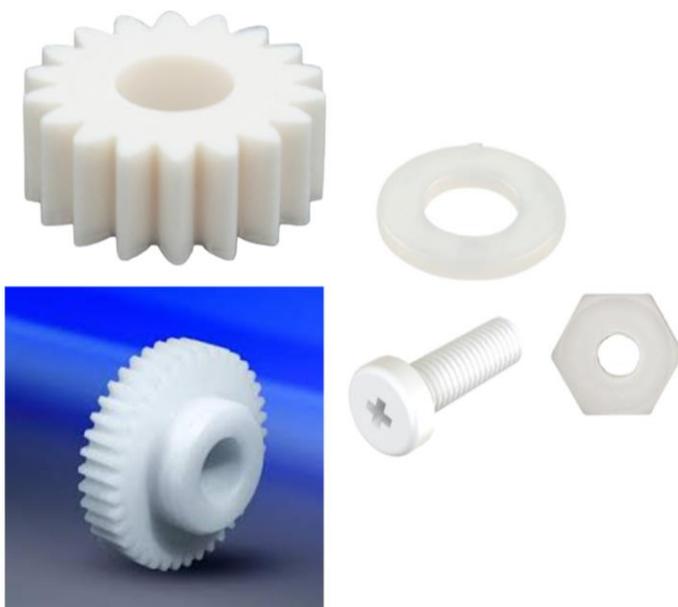
### Specifications

Motor Frame Size	NEMA 34 - 3.42 in (86.87 mm) sq.
Length	5.38 in (136.65 mm)
Input (bus) Voltage Range	24-75 VDC (90 VDC max)
Peak Torque (@75 VDC)	1,844 oz-in (13.0 N-m)
Cont. (RMS) Torque (@75 VDC)	479 oz-in (3.4 N-m)
Max Speed (@75 VDC)	840 RPM
Achievable Resolution	0.450 degrees
Repeatability	0.03 degrees
Shaft Diameter	0.500 in (12.70 mm)
Weight	7.3 lb (3.3 kg)
Rotor Inertia	15.5 oz-in <sup>2</sup> (2.8 kg-cm <sup>2</sup> )
Logic Input Voltage Range	4.0 to 28 VDC
Maximum Radial Load	50 lbf (222.4 N)
Maximum Thrust Load	10.0 lbf (44.5 N)
Environmental Rating	Dust & water splash resistant
Ambient Temperature	0-70 deg C (derated >40C)
Ambient Humidity	0-95%; non-condensing
Regulatory Certifications	UL recognized; cUL recognized; CE; RoHS
Country of Origin	USA
Warranty	3 Years

## Engranés



PIEZAS EN POLIAMIDAS



Maquinado de piezas en general según muestra o bajo un plano en: nylon, ertalon, teflón, duraluminio, aluminio, poliuretano, bronce, acero de transmisión, etc.