

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO**

**EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**“SISTEMA MECATRÓNICO DE ENSACADO Y PESAJE DE SUSTRATO  
ORGÁNICO MINERAL PARA LA EMPRESA AAPAPROY CIA. LTDA.”**

**AUTOR: FERNANDO XAVIER JARAMILLO PUENTE**

**DIRECTOR: ING. DAVID ALBERTO OJEDA PhD.**

**Ibarra, octubre 2020**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003667068		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Jaramillo Puente Fernando Xavier		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Av. Atahualpa 28-86 y Cory Cory		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:fxjaramillo@utn.edu.ec">fxjaramillo@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062653541	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0992019027

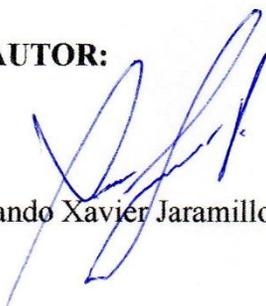
DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“Sistema mecatrónico de ensacado y pesaje de sustrato orgánico mineral para la empresa AAPAPROY CIA. LTDA.”
<b>AUTOR (ES):</b>	Jaramillo Puente Fernando Xavier
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	28 / Octubre / 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. David Alberto Ojeda PhD

## 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de octubre de 2020

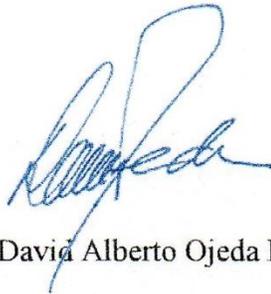
**EL AUTOR:**



Fernando Xavier Jaramillo Puente

## CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado: “SISTEMA MECATRÓNICO DE ENSACADO Y PESAJE DE SUSTRATO ORGÁNICO MINERAL PARA LA EMPRESA AAPAPROY CIA. LTDA.”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Fernando Xavier Jaramillo Puente, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'D. Ojeda', is centered on the page.

Ing. David Alberto Ojeda PhD.

DIRECTOR

## **Dedicatoria**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres y hermano quienes durante todos estos años me han brindado su cariño, paciencia y esfuerzo para lograr alcanzar mis sueños, gracias por el apoyo incondicional que me ha permitido llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la empresa AAPAPROY CIA LTDA por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar este trabajo investigativo.

A la Universidad Técnica del Norte y sus docentes, de forma especial a mis directores de tesis Ing. David Alberto Ojeda Peña, Ing. Víctor Alfonso Erazo Arteaga, Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría, quienes con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitieron el desarrollo de este trabajo, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad.

A mis padres Javier y Myriam, a mi hermano Sebastián, a mis amigos y familiares que estuvieron a mi lado apoyándome y me ayudaron a lo largo de esta trayectoria guiándome y brindándome sus conocimientos y motivándome a asumir nuevos retos cada vez más altos.

## **Resumen**

La presente investigación corresponde en la necesidad de automatizar los sistemas de ensacado y pesaje de sustrato orgánico mineral en la empresa Agropecuaria Ambiental de Proyectos – AAPAPROY CIA. LTDA. Para resolver esta problemática se planteó una propuesta mecatrónica siguiendo un procedimiento metodológico basado en estrategias cualitativas y cuantitativas. Primeramente, se propusieron algunas alternativas de soluciones enmarcadas en los fundamentos teóricos no experimentales. Se seleccionó la mejor propuesta y se realizó el diseño y simulación de la solución. Es importante destacar que la propuesta definitiva, sustentada en programas computacionales, tales como SolidWorks, TIA portal y LabView, plantea la solución a los requerimientos de la empresa.

## **Abstract**

The following research corresponds to the need to automate the bagging and weighing systems of mineral organic substrate in the company Agropecuaria Ambiental de Proyectos - AAPAPROY CIA. LTDA. To solve this problem, a mechatronic proposal was proposed following a methodological procedure based on qualitative and quantitative strategies. First, some alternative solutions framed in non-experimental theoretical foundations were proposed. The best proposal was selected, and the design and simulation of the solution was carried out. It is important to highlight that the definitive proposal, supported on computer programs, such as SolidWorks, TIA portal and LabView, raises the solution to the company's requirements.

Introducción.....	1
Descripción Del Problema.....	1
Alcance.....	2
Justificación.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Capítulo I.....	4
Marco Teórico.....	4
1.1 AAPAPROY Cia. LTDA.....	4
1.2 Sustrato Orgánico Mineral.....	4
1.3 Sustrato Orgánico Mineral de AAPAPROY Cia. LTDA.....	6
1.4 Manejo De Sustrato Orgánico Mineral.....	8
1.5 Máquinas Ensacadoras Comerciales.....	14
1.6 Máquina Ensacadora En Uso.....	16
1.7 Error Del Sistema De Dosificación Actual.....	20
1.8 Cabezales De Ensacado.....	20
1.9 Celdas De Carga.....	24
1.9.1 Tipos De Celdas De Carga.....	24
1.10 Actuadores.....	26
1.11 Cosedoras De Empaques.....	28
1.12 Tipos De Tolvas.....	30
Capítulo II.....	32
Metodología.....	32
2.1 Diseño De La Investigación Por Tipo De Material.....	32
2.2 Tipo De Investigación Con Respecto A La Expectativa De La Empresa.....	32
2.3 Métodos, Técnicas E Instrumentos Para Investigación Y Diseño.....	32
2.4 Materiales.....	33
2.5 Diseño De La Investigación.....	35
2.6 Diseño De La Tolva Para Capacidades Requeridas.....	39
Capítulo III.....	42
Desarrollo Práctico De La Tesis.....	42
3.1 Diagnóstico De Las Propiedades Físicas Del Sustrato Orgánico Mineral.....	42
3.1.1 Toma De Muestras.....	42
3.1.2 Selección Del Equipo De Medición.....	43
3.1.3Ángulo De Reposo.....	43
3.2 Diseño Mecánico.....	45
3.2.1 Especificaciones Del Sistema A Diseñar.....	45
3.2.2 Propuesta De Diseños Varios.....	46
3.2.3 Selección De La Mejor Solución.....	47
3.2.4 Selección De Material.....	49
3.2.5 Selección De Los Elementos Mecánicos O De Máquinas.....	50
3.2.6 Diseño De La Tolva.....	50
3.2.7 Diseño De Sistema De Pesaje.....	52
3.2.8 Diseño De Dispensador.....	53

3.2.9 Simulación con SolidWorks.....	54
3.2.10 Simulación de cargas estructura.....	56
3.2.11 Análisis de resultados.....	56
Capítulo IV.....	58
Diseño Del Sistema De Control.....	58
4.1 Selección De Los Componentes De Control.....	58
4.1.1 Selección de los actuadores.....	58
4.1.2 Selección de los sensores.....	58
4.2 Diseño Del Control.....	58
4.2.1 Simulación De Control PLC Siemens.....	58
4.2.2 Simulación Interfaz Labiew - Solidworks.....	61
Capítulo V.....	66
Conclusiones Y Recomendaciones.....	66
Bibliografía.....	68
Anexos.....	71

Figura 1 Muestra de material decantado .....	6
Figura 2 Apertura de caminos .....	10
Figura 3 Extracción de materia prima .....	10
Figura 4 Depósito y tendido de material en exteriores del invernadero.....	11
Figura 5 Depósito y tendido de material en interiores del invernadero .....	11
Figura 6 Volteo de camas.....	12
Figura 7 Tamizado .....	12
Figura 8 Ensacado .....	13
Figura 9 Acopio y rumado .....	13
Figura 10 Despacho a vehículos.....	14
Figura 11 Ensacadora automática ELOCOM [16].....	15
Figura 12 Ensacadora para sacos de boca abierta PAYPER [17] .....	15
Figura 13 Maquinaria PAGLIERANI [18] .....	15
Figura 14 Llenadora de sacos a granel PREMIER TECH [19].....	16
Figura 15 Tolvas de ensacado AAPAPROY CIA. Ltda .....	17
Figura 16 Operadores trabajado .....	18
Figura 17 Compresor para cilindro de tolvas .....	18
Figura 18 Control de accionamiento de cilindros .....	19
Figura 19 Banda de alimentación para tolvas .....	19
Figura 20 Ensacadora TECHNIPES [21].....	21
Figura 21 Cabezal de ensacado SERINTU [4].....	21
Figura 22 Ensacadora IGF 600 [22].....	22
Figura 23 Ensacadora IMF [23] .....	22
Figura 24 Ensacadora CLAUDIUS PETERS PACPAL In-Line Fill [24].....	23
Figura 25 Ensacadora CLAUDIUS PETERS PACPAL Roto Fill [24].....	23
Figura 26 Ensacadora BEUMER FILLPAC® RH/RV [25] .....	24
Figura 27 Celda de carga tipo viga al corte WLC-SX [27].....	25
Figura 28 Celdas de carga tipo UNIPUNTO WLC-SP15HS [28].....	25
Figura 29 Celdas de carga tipo "S" [29].....	26
Figura 30 Actuador electrónico - Servomotor.....	26
Figura 31 Actuador neumático - Cilindro Doble Efecto [31] .....	27
Figura 32 Actuador Hidráulico [32].....	27
Figura 33 Cabezal de costura sencilla modelo 100 serie Empress [33].....	28
Figura 34 Sistema de costura simple 400 HP [34].....	29
Figura 35 Cabezal de costura sencilla modelo 100-2 [35].....	29
Figura 36 Tolva Cónica.....	30
Figura 37 Tolva Rectangular.....	30
Figura 38 Balanza de precisión [36] .....	33
Figura 39 Calculadora .....	33
Figura 40 Recipiente volumétrico [36] .....	34
Figura 41 Cono de Abrams [36].....	34

Figura 42 Cinta métrica [36] .....	35
Figura 43 Graduador .....	35
Figura 44 Tolvas PRONACA – Planta de Santo Domingo de los Tsáchilas [38] .....	37
Figura 45 Pesaje y Cosido de Sacos PRONACA Planta de Santo Domingo de los Tsáchilas [38] .....	37
Figura 46 Camas de lombricultura - Producción artesanal [39].....	38
Figura 47 Invernadero tipo espacial AAPAPROY .....	39
Figura 48 Material dispuesto por Lotes conforme manejo técnico en planta AAPAPROY.....	42
Figura 49 Inoculación manual planta AAPAPROY .....	43
Figura 50 Ilustración uso cono de Abrams.....	44
Figura 51 Ángulo de reposo SOM SAICA .....	44
Figura 52 Boceto Tolvas rectangulares .....	46
Figura 53 Boceto Tolvas tipo silo .....	47
Figura 54 Boceto Tolvas cónicas .....	47
Figura 55 Simulación Flujo en Tolva (SOLIDWORKS - Flow Simulation).....	51
Figura 56 Flujo másico a la salida de la tolva .....	51
Figura 57 Simulación deformación de Tolva (SOLIDWORKS - Flow Simulation).....	51
Figura 58 Sistema de pesaje .....	52
Figura 59 Estructura de pesaje y sujeción de sacos .....	52
Figura 60 Tapa dispensador .....	53
Figura 61 Gráfico de convergencia .....	54
Figura 62 Vista Isométrica Estructura completa .....	55
Figura 63 Vista Frontal Estructura Completa .....	55
Figura 64 Análisis Estructura.....	56
Figura 65 Segmento 1 - Encendido de la máquina.....	59
Figura 66 Segmento 2 - Agarre e inicio de dispensador .....	59
Figura 67 Segmento 3 - Dispensador y control de peso.....	59
Figura 68 Segmento 4 - Activación de banda transportadora .....	60
Figura 69 Segmento 5 - Activación de cosedora.....	60
Figura 70 Interfaz gráfica de control.....	60
Figura 71 Dispensador .....	61
Figura 72 Comparación de peso.....	62
Figura 73 Fin de pesaje .....	62
Figura 74 Activación cosedora.....	63
Figura 75 Desactivación cosedora.....	63
Figura 76 Sensor de presencia sobre banda transportadora .....	64
Figura 77 Apagado de banda transportadora.....	64

Tabla 1: Ficha Técnica SAICA .....	7
Tabla 2 Procesos de extracción y transformación SOM [15].....	8
Tabla 3 Capacidad de producción bajo invernadero [15] .....	39
Tabla 4 Resultados de densidad de muestras .....	45
Tabla 5 Restricciones y soluciones planteadas .....	48
Tabla 6 Aplicación de restricciones .....	48
Tabla 7 Ponderación de criterios.....	48
Tabla 8 Análisis de Criterio 1 (Confiabilidad).....	48
Tabla 9 Análisis de Criterio 2 (Diseño geométrico) .....	48
Tabla 10 Análisis de Criterio 3 (Fabricación).....	49
Tabla 11 Selección de la mejor solución.....	49
Tabla 12 Selección de la mejor solución ponderada.....	49
Anexo 1 Matriz QFD.....	71
Anexo 2 Planos Tolva .....	72
Anexo 3 Planos de Construcción .....	73

## INTRODUCCIÓN

### DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la región andina y alto andino del Ecuador y de otros países existen varios lagos y lagunas cuya formación se desarrolló en la época glacial aproximadamente hace 10 mil años. Durante este tiempo estos lechos marinos han sufrido un proceso de eutrofización consistente en que han recibido grandes cantidades de sedimento por lavado natural de las montañas circundantes, lo que ha ocasionado una muerte paulatina de estos lagos y lagunas, entrando en un proceso de secado y aumento de vegetación subacuática y terrestre de manera excesiva [1].

El Lago San Pablo es uno de los principales atractivos turísticos del cantón Otavalo, no siendo la excepción en una problemática ambiental que cada vez se evidencia, presentando un proceso avanzado de eutrofización (presencia en exceso de nutrientes que permiten crecer en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad y secando los lagos), debido a los volúmenes de sedimento depositado en su lecho lacustre y excesivo poblamiento descontrolado de materia orgánica dentro de su superficie, material a extraer en un tiempo aproximado de 20 años, para que la laguna disponga de parámetros ambientales aceptables que le permitan prolongar su tiempo de vida natural [2].

En este medio existen muy pocas empresas y profesionales que han desarrollado experiencia en el manejo concreto de limpieza de lagos y lagunas, una de ellas es AAPAPROY, empresa privada ecuatoriana, debidamente registrada ante los organismos legales de control cuyo ámbito de trabajo es el área agropecuaria, ambiental, cuya experiencia le ha permitido realizar alianzas estratégicas con varios Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) como el de Colta en la Provincia de Chimborazo y hoy en propuestas con el GAD-Otavalo, para ser la encargada de la remoción del suelo lacustre y materia orgánica excesiva presente en el Lago San Pablo, dicha materia orgánica (sustrato orgánico mineral) gracias a sus características físicas y orgánicas es idónea para ser utilizada como fertilizante orgánico previo a procesos mecánicos, aeróbicos, anaeróbicos y asistencia biorgánica, sin embargo no se dispone de las máquinas especializadas para realizar el procesamiento de esta materia orgánica ni del diseño de la misma como para reproducirlas nacionalmente.

Dicha empresa requiere de un sistema eficiente energético de producción para realizar los siguientes procesos:

**TAMIZADO E INOCULACIÓN:** Un sistema que garantice la granulometría requerida por el mercado y la uniformidad en la aplicación de los inóculos nanocatalíticos para que el producto continúe en su proceso de transformación para su ensacado final.

**PELETIZADO:** Actualmente la empresa no cuenta con el sistema de peletizado, en el mercado existen alternativas comerciales que requieren ser importadas al país y que no han sido diseñadas específicamente para trabajar con el material disponible (materia orgánica).

**ENSACADO:** El ensacado se realiza actualmente a través de tolvas dosificadoras manuales, no cuentan con un sistema de pesaje y cierre de los sacos automático lo cual implica que uno o varios trabajadores realicen la tarea de pesaje y compensación de peso (en caso de ser necesario) así como la realización de la costura del saco para poder ser despachado.

La carencia o falta de automatización de estos sistemas causa que la empresa no pueda procesar grandes cantidades de materia orgánica de manera óptima obteniendo un efecto negativo también en la capacidad de entrega de productos y ventas.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar una propuesta mecatrónica para la etapa final de ensacado y pesaje del sustrato orgánico mineral de la empresa AAPAPROY

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar las propiedades físicas del sustrato orgánico mineral para adecuar el sistema de ensacado y pesaje a las condiciones y requerimientos de la planta procesadora de abonos de la empresa AAPAPROY.
- Diseñar el sistema mecánico y de control de una máquina de ensacado y pesaje de sustrato mineral.
- Validar el funcionamiento de sistema mediante simulación.

## **ALCANCE**

El diseño de la máquina ensacadora de sustrato orgánico mineral debe cumplir con la capacidad de procesar no menos de 100 kilogramos de material en 1 minuto. Lo que equivale a 2 sacos de 50 kilogramos ensacados cada minuto y debe permitir ser alimentada desde la parte superior.

## **JUSTIFICACIÓN**

La aparición de totora en el Lago San Pablo, se presenta como una plaga que avanza a pasos acelerados degradando el ecosistema y eliminando en grandes áreas el espejo de agua de este lago, por lo cual se debe dar una alternativa viable para optimizar los sedimentos y materia orgánica que se extraen.

El proceso de recuperación del Lago San Pablo consistirá en realizar dos actividades

fundamentales: La extracción de totora (materia orgánica) y la remoción de sedimentos, constituidos los dos elementos en un sustrato orgánico mineral sedimentado; y procesar y transformar este sustrato orgánico mineral en abono de alta calidad en servicio de la agropecuaria, involucrando procesos mecánicos que faciliten su manejo y transformación.

Este trabajo es extremadamente difícil de ejecutar por factores como la falta de equipo especializado que permitan homogeneizar la materia prima desde un inicio de sus procesos de transformación y que mantengan un adecuado control de granulometría, humedad, inyección de microorganismos al proceso, un ensacado con peso estándar y completo, así como transformarlo en productos que el mercado requiere en la actualidad como el abono peletizado.

La importancia de implementar un proceso automatizado de ensacado para estos abonos orgánicos influye directamente en la capacidad de la planta de producción para obtener el producto terminado y listo para su distribución en menor tiempo.

Mismo que se encaja dentro del eje dos, objetivo número cinco, del *PLAN NACIONAL DE TODA UNA VIDA*, relacionado con impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria. [3]

Gracias al trabajo realizado, el proyecto en general se enfoca también dentro del eje uno, objetivo tres, del *PLAN NACIONAL DE TODA UNA VIDA*, relacionado con garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones [3].

Los sistemas de ensacado actuales que se importan y comercializan no están diseñados específicamente para el tipo de material con el que se trabaja ya que, para garantizar la efectividad y los resultados del producto, este debe mantener cierto nivel de humedad, misma que causa que los sistemas comerciales se atasquen [4] [5].

La propuesta de estudio para la optimización del sistema de ENSACADO Y PESAJE es factible de realizar ya que se posee el interés y posterior colaboración de “AAPAPROY CIA. Ltda.” como empresa auspiciante. De igual manera se cuenta con la bibliografía y conocimientos suficientes para realizar un correcto diagnóstico y propuesta. Al final, con este estudio se logrará la necesaria vinculación de los conocimientos desarrollados a lo largo de la carrera, con la práctica en un ambiente real.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 AAPAPROY CIA. LTDA

AAPAPROY, es una empresa privada ecuatoriana, debidamente registrada ante los organismos legales de control cuyo ámbito de trabajo es el área agropecuaria, ambiental, con el fin de preservar el medio ambiente en sistemas lacustres de la sierra andina ecuatoriana, mediante el manejo, extracción, procesamiento y comercialización de un sustrato orgánico mineral [6].

Con la materia prima extraída de los fondos lacustres, la empresa procesa a través de tecnologías nanocatalíticas microbianas los sustratos para convertirlos en abonos de alta calidad cuyo producto se ha diversificado tanto en marcas como SAICA, Abonoproy y CKNc y en diferentes presentaciones de 45 kg, 25 kg, 10 kg y 1 kg [7].

Estas marcas poseen garantía de ser abonos 100% orgánicos a través de la certificadora CERES para los productos SAICA y Abonoproy así como poseen sello de certificación de producto de calidad otorgado por la empresa BIONIKA en el caso de los tres productos que se procesan [7].

La empresa mantiene una alianza estratégica con los laboratorios PLANTSPHERE dirigidos por el Dr. Carlos Falconí Borja- PHD especialista en nanotecnología microbiana [6] [8].

### 1.2 Sustrato orgánico mineral

El sustrato orgánico es todo compuesto que sea distinto del suelo y que puede servir de anclaje para el sistema radicular de las plantas cuando se lo coloca en un contenedor o alrededor de la planta en el suelo [7].

Estos sustratos se los puede aplicar de manera pura o mezclados con componentes minerales o microorganismos, mismos que pueden estar presentes gracias al entorno de donde procede el sustrato o debido a que se lo introduce artificialmente para manipular el rendimiento y resultados de la aplicación. [9] [10]

Los sustratos orgánicos se caracterizan por aportar una variedad de nutrientes al suelo donde son aplicados, por este motivo son comúnmente aplicados en suelos arenosos, áridos o que han sido sobre explotados. De igual manera se los utiliza en suelos que aún son productivos para poder incrementar la cantidad de nutrientes que recibe la planta y mantener un nivel aceptable de nutrientes en el suelo. [7]

Este tipo de material tiene diferentes propiedades tanto físicas, químicas y biológicas. [7]

➤ Propiedades físicas

- Porosidad

La cantidad de macro-poros debe estar entre el 20-30%, nunca menos del 20%. [11] [9]

- Densidad

La densidad aparente puede oscilar entre 0.7 y 0.1

La densidad real puede oscilar entre 2.5 y 3 [6] [11]

- Estructura

Puede ser granular o fibrilar. [9]

- Granulometría

Debe estar en los rangos 2-10 mm [12]

➤ Propiedades químicas

- Químicas

- pH oscila entre 3.5 y 8.5 [13]

- Físico- Químicas

- Bioquímicas

➤ Propiedades biológicas

- Velocidad de descomposición

- Efectos de los productos de descomposición

- Actividad reguladora del crecimiento

Un buen sustrato orgánico debe ser capaz de retener el agua disponible en el lugar de aplicación, así como debe permitir circular la cantidad suficiente de aire y contener nutrientes suficientes para el desarrollo de la planta.

Dentro de las propiedades químicas también debe poseer un bajo índice de salinidad y mantener un pH constante. [9] [11]

### 1.3 Sustrato orgánico mineral de AAPAPROY CIA. Ltda

El sustrato orgánico mineral manejado por esta empresa, se encuentra en abundancia en lagos y lagunas de alto andino como son la laguna de Colta (Chimborazo), en el Lago San Pablo y Laguna de Yahuarcocha (Imbabura), entre otras; esta materia prima se encuentra en estado puro esto es, en áreas cubiertas de abundante agua dulce, que pueden ser zonas fangosas que circundan lagunas y lagos, por lo que son ricas en nutrientes y minerales de todo tipo cuyas características ayudan de forma benéfica a los suelos y sus cultivos, así como son ideales para su tratamiento y cocción en fabricación de otros productos derivados de barro quemado (ladrillos, tejas, tejuelos, etc). [14]

El sustrato orgánico mineral es extraído con una densidad aproximada de  $800 \text{ kg}/1000\text{m}^3$  ( $0.8 \text{ kg}/\text{m}^3$ ), considerando que el agua tiene una densidad de  $1000 \text{ kg}/1000\text{m}^3$  ( $1 \text{ kg}/\text{m}^3$ ), esto es una equivalencia al 100% de humedad excesiva que el sustrato mantiene el momento de ser extraído, hay que entender que estos sustratos han adquirido ciertas propiedades de absorción de agua únicas y diferenciadas a otros tipos de materiales, por lo que su grado de humedad juega un papel fundamental para que este producto sea transformado, procesado, ensacado y distribuido.

En la Figura 1 podemos observar el material extraído en sitio, en donde podemos apreciar que luego de unos minutos el material decantado (proceso de separación entre sólidos y líquidos luego de corto tiempo de reposo - aproximadamente 15 minutos) refleja la cantidad de sólidos y líquidos que mantiene el Sustrato Orgánico Mineral, ratificando que por haber estado mucho tiempo sumergido en agua estos traen el 100% de humedad excesiva con respecto al material sólido.



Figura 1 Muestra de material decantado

La empresa en mención ha logrado estandarizar sus procesos manuales y mecánicos para poder obtener un producto homogéneo, que sea fácil de manejar durante las distintas etapas previo el ensacado, que además cumpla con las características técnicas ideales para el agricultor y sea agradable a la vista.

Por lo que su producto mantiene las características mostradas en la Tabla 1 [12]:

*Tabla 1: Ficha Técnica SAICA*

<b>ITEM</b>	<b>CONTENIDO</b>
Materia seca	88%
Humedad	16-22%
Densidad	800 Kg/1000 m <sup>3</sup>
EC	25 $\mu$ /cm <sup>3</sup>
CN	9
pH	6.7
Diámetro pellet	4-5 mm
Materia Orgánica	65%
Nitrógeno	4.4%
Fósforo	3.5%
Potasio	3.0%
Calcio	9.0%
Magnesio	1.5%
Azufre	0.55 ppm
Hierro	1200 ppm
Manganeso	500 ppm
Zinc	450 ppm
Cobre	50 ppm
Molibdeno	12 ppm
Cobalto	2 ppm
Sodio	0.1 %
Cloro	0.2 %

Siendo el dato más relevante para el desarrollo de este proyecto el valor de la humedad, misma que fluctúa entre los valores del 16 - 22 %, para que este producto sea considerado óptimo para el proceso de ensilado y ensacado, considerando también la densidad de 800 Kg/1000 m<sup>3</sup> de este material, ya que es único por sus características dentro de la línea de abonos y sustratos orgánicos minerales a ser utilizados en campos de cultivo.

Este índice elevado de humedad se debe a que los sustratos son extraídos del fondo lacustre y el área circundante (orillas) de un lago, pese a que el material se somete a un proceso de drenado que remueve la mayor cantidad de agua del material y la devuelve al lago de donde proviene, este mantiene un cierto porcentaje de humedad para poder ser manejado y no perder sus características físicas y químicas.

Adicionalmente, este material es sometido a inoculación de microorganismos, los cuales son aplicados utilizando un medio líquido para poder ser distribuido uniformemente.

La experiencia adquirida por la empresa en el manejo de este tipo de materiales y los limitantes tecnológicos del país, han permitido que se generen soluciones eficientes pero no totalmente ideales, como es el tener la necesidad de mantener operadores que se encargan exclusivamente de regular el flujo del material en los diferentes equipos evitando así atascos y retrasos en la producción.

#### 1.4 Manejo de sustrato orgánico mineral

El proceso que la empresa auspiciante realiza ha sido producto de análisis técnicos y varias pruebas, que han dado como resultado la estandarización de una línea de proceso donde la materia prima es extraída del lago y puesta en orilla para drenar el exceso de agua. Posteriormente se procede a realizar el volteo y aireación con maquinaria especializada con la finalidad de generar una consistencia homogénea de grumos. Mismos que son tamizados y proceden a ingresar al área de ensacado y pesaje.

En la Tabla 2 [15] se muestra en detalle los tiempos actuales de manejo del SOM desde que es extraído hasta que se lo despacha de la planta de producción.

*Tabla 2 Procesos de extracción y transformación SOM [15]*

Apertura y configuración de caminos de acceso a orillas de laguna. Figura 2	5 días	Excavadora 312
Rebanque de MP a orillas. Figura 3	10 días	Excavadora 312 Excavadora 220
Descargue a orilla	10 días	
Depósito de MP en área exterior de invernadero. Figura 4	5 días	Excavadora 220 Volqueta - Mula
Depósito de MP en área interior de invernadero. Figura 5	5 días	Excavadora 220 Volqueta - Mula
Control calidad	10 días	
Separación de materiales extraños	10 días	Obreros campo Técnico Planta 2
Toma de datos técnicos en campo	5 días	Técnico Planta 1
Reporte de datos técnicos	5 días	Técnico Planta 1

Proceso Secado	35 días	
Tendido de MP en exteriores	3 días	Cargadora Frontal 966 Tractor Agrícola - Pala Frontal
Traslado de MP de exteriores a interior del invernadero	3 días	Cargadora Frontal 966 Excavadora 220 Volqueta - Mula
Tendido de MP en exteriores y/o interior de invernadero áreas I1-I2-I3-I4, capas de 0,70 cm	3 días	Cargadora Frontal 966 Tractor Agrícola - Pala Frontal Volteadora
Inoculación inicial	2 días	Obreros campo Técnico Planta1 Técnico Planta2
Arado de áreas I1-I2-I3-I4	10 días	Arado Tractor Agrícola
Conformación de camas	4 días	Cargadora Frontal 966 Tractor Agrícola - Pala Frontal
Volteo de camas. Figura 6	4 días	Volteadora Tractor Agrícola
Tamizado de Material tratado. Figura 7	5 días	Tamizadora1 Tamizadora2 Técnico Planta1 Técnico Planta2 Obreros Campo
Inoculación final	3 días	Obreros campo Técnico Planta1 Técnico Planta2
Ensacado y Disposición final	7 días	
Ensacado Abono en sitio bajo invernadero.	5 días	Cosedoras Manuales Balanzas de medición Peso Obreros campo Técnico Planta1 Técnico Planta2
Traslado Abono a tolvas y ensacado	5 días	Obreros campo Técnico Planta2
Acopio y Rumado. Figura 9	5 días	Obreros campo Técnico Planta2
Despacho a vehículos. Figura 10	5 días	Obreros campo Área Comercial Área Administrativa Técnico Planta1



*Figura 2 Apertura de caminos*



*Figura 3 Extracción de materia prima*



*Figura 4 Depósito y tendido de material en exteriores del invernadero*



*Figura 5 Depósito y tendido de material en interiores del invernadero*



*Figura 6 Volteo de camas*



*Figura 7 Tamizado*



*Figura 8 Ensacado*



*Figura 9 Acopio y rumado*



*Figura 10 Despacho a vehículos*

## **1.5 Máquinas ensacadoras comerciales**

La mayoría de los fabricantes a los que se consultó realizan maquinaria especializada en productos secos o de humedad muy baja [16] [19] y poseen la capacidad de utilizar diferentes tipos de empaques [17] [18] durante el proceso de ensacado y cierre de empaques, pero el material manejado por la empresa auspiciante, al poseer un índice elevado de humedad debe ser tratado diferente y ninguno de estos sistemas se puede adaptar para procesarlo, en las Figura 11, Figura 12, Figura 13 y Figura 14 se puede apreciar la apariencia de algunas de las máquinas que se encuentran en el mercado.



Figura 11 Ensacadora automática ELOCOM [16]



Figura 12 Ensacadora para sacos de boca abierta PAYPER [17]



Figura 13 Maquinaria PAGLIERANI [18]



*Figura 14 Llenadora de sacos a granel PREMIER TECH [19]*

## **1.6 Máquina ensacadora en uso**

La máquina existente es un prototipo “artesanal” el cual fue diseñado sin el análisis de cargas y condiciones que el material posee, simplemente se tomó datos empíricos de máquinas ensacadoras de cemento (kicler) existentes con el fin de canalizar el producto dentro de los sacos para poder ser empacados. Como podemos ver en la Figura 15, la empresa posee 4 cabezales de ensacado, de los cuales ninguno funcionó de la manera esperada y optó por habilitar solamente uno para utilizarlo cuando las condiciones climáticas lo requieran, ya que haciéndolo de forma manual podían aumentar su productividad. [20]



*Figura 15 Tolvas de ensacado AAPAPROY CIA. Ltda*

Esta máquina ocupa un área de 16 m<sup>2</sup> y de altura 2.50 metros, se ubican bajo cubierta, lo cual permite que el saco terminado pueda ser almacenado inmediatamente dentro de un área cubierta y protegida, y que para ser alimentada se emplea una banda transportadora que desemboca en la parte superior de la tolva.

La máquina no posee un control electrónico de cierre y apertura de los cabezales de ensacado; en su lugar, el operador controla un botón que acciona un cilindro neumático cuando estima que el peso del saco es el adecuado para posteriormente poder ser retirado y pesado en una báscula independiente previo a la etapa de cerrado.

También es evidente que el cilindro no se encuentra posicionado adecuadamente, generando un gran esfuerzo sobre su estructura de soporte para abrir la boca de ensacado lo cual causa mucha inexactitud al momento de llenar los sacos. En las Figura 16, Figura 17, Figura 18 y Figura 19 se aprecia la estructura general de la máquina.



*Figura 16 Operadores trabajado*



*Figura 17 Compresor para cilindro de tolvias*



*Figura 18 Control de accionamiento de cilindros*



*Figura 19 Banda de alimentación para tolvas*

Adicionalmente se necesita un operario que se posicione en la parte superior de la tolva para que mueva el material con herramienta manual hacia el interior de la cabeza de ensacado, ya que por los niveles de humedad y las pendientes que posee la estructura, este se adhiere fácilmente generando cavidades huecas que atascan el material.

La máquina ensacadora propiedad de la empresa, misma que originalmente fue construida esperando que sea capaz de procesar 50 sacos de 45 kilogramos por hora; pero ya puesta en funcionamiento, bajo las condiciones reales, es únicamente capaz de procesar 40 sacos de 45 kilogramos por hora. Lo que significa que, en promedio, cada 6 minutos se lograba despachar un saco de producto terminado.

Para que funcione a toda capacidad la etapa de ensacado, tomando en cuenta los cuatro cabezales, se necesitaba en total de 24 personas.

### **1.7 Error del sistema de dosificación actual**

El error que posee el método de ensacado actual es de +/- (3 a 5) kg por saco, lo que representa un promedio de 1000 kg que son erróneamente pesados dentro de una jornada de 8 horas sea en desmedro o a favor de la empresa.

Esta cantidad de material extra que debe ser compensado representa un valor económico promedio de 100 dólares americanos diarios en pérdida para la empresa. [20]

### **1.8 Cabezales de ensacado**

Existen varios modelos de cabezales de ensacado, varios de ellos vienen unidos ya a la tolva receptora de producto e incluso tienen cerca sistemas de pesaje y cerrado de sacos como podemos observar a continuación:

#### **➤ TECHNIPES [21]**

Esta empresa fabrica máquinas pesadoras-ensacadoras de sacos de boca abierta que se denominan también como máquinas de "peso bruto", en cuanto llenan y pesan el saco simultáneamente. Varios de sus aplicativos están enfocados en el empaquete de balanceado para animales como se observa en la Figura 20.



Figura 20 Ensacadora TECHNIPES [21]

➤ SERINTU [4]

Posee un diseño de cabezal para ensacado de cacao o fertilizante, con dimensiones específicas y un diseño que se adapta para productos secos. Uno de sus diseños se puede apreciar en la Figura 21.

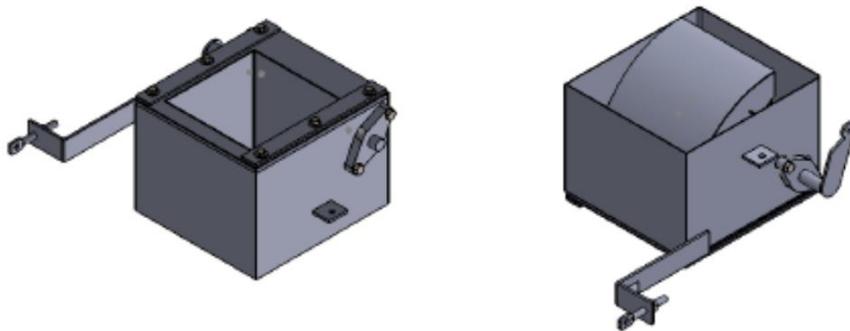


Figura 21 Cabezal de ensacado SERINTU [4]

➤ CONCETTI [22] [23]

De acuerdo a su ficha técnica, el sistema de ensacado de CONCETTI [22] [23] presenta un tamaño versátil para su instalación y sus cabezales de ensacado permiten llenar y cerrar sacos de boca abierta con fuelle de formato mediano y en distintos materiales en rangos de peso de 5/10/25/50 kg o 2 a 20 kg según su modelo. Algunos de sus modelos se aprecian en la Figura 22 y Figura 23.



*Figura 22 Ensacadora IGF 600 [22]*



*Figura 23 Ensacadora IMF [23]*

➤ **CLAUDIUS PETERS [24]**

Dentro del catálogo que Claudius Peters ofrece, se aprecia ensacadoras rotativas de hasta 16 boquillas y ensacadoras en línea con un máximo de 4 boquillas mismas que se observan en la Figura 24 y Figura 25, la selección de estas máquinas depende del producto a ensacar.



*Figura 24 Ensacadora CLAUDIUS PETERS PACPAL In-Line Fill [24]*



*Figura 25 Ensacadora CLAUDIUS PETERS PACPAL Roto Fill [24]*

➤ **BEUMER GROUP [25]**

BEUMER fillpac® RH/RV es otro de los modelos que existen de manera comercial y son capaces de llenar hasta 260 toneladas de productos de grano fino por hora de manera limpia, precisa y fiable en diversos tipos de sacos. Otra de las versatilidades que posee esta máquina es que pueden llenar sacos con longitud de hasta 800 mm. Como podemos ver en

la Figura 26, una potente unidad de accionamiento aumenta la disponibilidad de las máquinas de llenado con turbina. Lo cual permite manejar materiales difíciles y permite ensacarlos de manera segura y fiable.



*Figura 26 Ensacadora BEUMER FILLPAC® RH/RV [25]*

Una vez analizados varios modelos comerciales se aprecia que todos estos modelos son construidos para tipos de materiales específicos permitiendo evacuar el material requerido, sin taponarse, de una manera ordenada y limpia. De tal manera que ahorre tiempo y optimice recursos de la empresa. Los materiales secos son mucho más fáciles de manejar en el momento de ensacar y distribuir.

## **1.9 Celdas de carga**

Las celdas de carga son dispositivos que permiten realizar la conversión de una fuerza a una señal eléctrica a partir del uso de un dispositivo mecánico donde la fuerza que se desea medir es aplicada, misma que deforma la galga extensiométrica. Luego, por medio de medidores de deformación obtenemos una señal eléctrica con la cual se puede obtener el valor de la fuerza. [26]

Existen varios tipos de celdas de carga para diferentes aplicaciones, encargadas de medir diferentes rangos de pesos y fuerzas.

### **1.9.1 Tipos de celdas de carga**

#### **➤ Celdas de carga viga al corte [27]**

Están diseñadas para usos diversos como en plataformas de pesaje, básculas transportadoras, pequeños sistemas de pesaje de tanque y tolva, máquinas empacadoras. Soporta un rango de medición de 10 kg hasta 500 kg. Un ejemplo de estos dispositivos se aprecia en la Figura 27.



Figura 27 Celda de carga tipo viga al corte WLC-SX [27]

➤ **Celdas de carga tipo unipunto [28]**

Estos están dirigidos para ser usados en sistemas de pesaje dentro de ambientes extremos, como en áreas de lavado, procesamiento de alimentos, industria automotriz, química y/o farmacéuticas. Soportan un rango de medición de 10 kg hasta 100 kg y su estructura física es como la de la Figura 28.



Figura 28 Celdas de carga tipo UNIPUNTO WLC-SP15HS [28]

➤ **Celdas de carga tipo S para medir fuerza a tensión y compresión [29]**

Este sistema está diseñado para uso en conversión de básculas mecánicas a electromecánicas, tolvas suspendidas, aplicaciones de tensión y propósitos generales de pesaje ya que nos ayudan a medir fuerzas de tensión y compresión. Su rango de funcionamiento va desde los 50 kg hasta las 10 Toneladas y su característica es que su estructura es como la letra S como se aprecia en la Figura 29.



*Figura 29 Celdas de carga tipo "S" [29]*

## **1.10 Actuadores**

Este tipo de dispositivos permiten generar una fuerza a través de líquidos, gases o energía eléctrica obteniendo la activación o ejecución de un movimiento dentro de un proceso generalmente en una línea de producción automática o semi automática. Estos reciben ordenes de los llamados controladores o reguladores. [30]

### ➤ **Actuadores electrónicos**

Son generalmente utilizados en la robótica, mecatrónica y electrónica y se utiliza un controlador para accionar su funcionamiento y como su nombre lo indica, son alimentados con energía eléctrica. Unos ejemplos son como los que se muestran en la Figura 30.



*Figura 30 Actuador electrónico - Servomotor*

### ➤ **Actuadores neumáticos**

Los actuadores neumáticos son aquellos que utilizan la energía del aire comprimido en un trabajo mecánico. Son generalmente utilizados cuando lo que se necesita es marcar

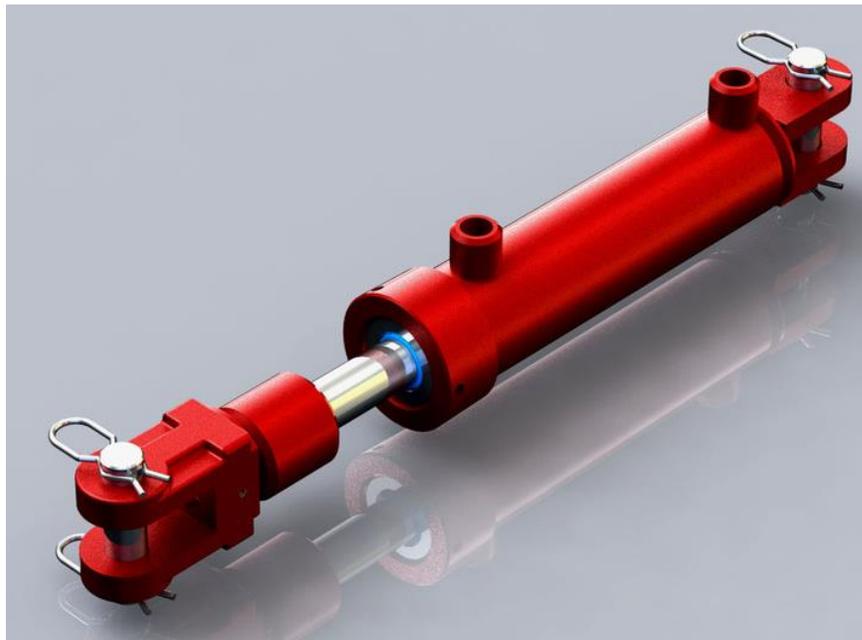
posicionamientos. [31] Existen cilindros lineales simples y aquellos llamados de doble efecto como el que se muestra en la Figura 31.



*Figura 31 Actuador neumático - Cilindro Doble Efecto [31]*

#### ➤ **Actuadores hidráulicos**

Los actuadores hidráulicos utilizan la compresión de líquidos para generar el movimiento de un émbolo, mismo que transmite esta energía con un movimiento lineal, estos cilindros se utilizan cuando lo que se necesita una gran cantidad de potencia [32]. En la Figura 32 se observa un ejemplo de actuador hidráulico.



*Figura 32 Actuador Hidráulico [32]*

## 1.11 Cosedoras de empaques

Este tipo de dispositivos permiten realizar el cierre de un empaque lleno, existen varios modelos dependiendo de la capacidad y ambiente en los que se los va a utilizar,

### ➤ **Cabezal de costura sencilla modelo 100 serie Empress [33]**

El modelo 100 de costura estándar ofertado por la empresa Empress, ofrece velocidades variables de trabajo de costura de hasta pies lineales por minuto lo que es equivalente a 16,7 metros/minuto, un bajo nivel de ruido y vibración. Estos cabezales de costura según su catálogo son ideales para coser todo tipo de sacos de boca abierta, incluidos papel, polipropileno tejido y yute y podemos apreciar un modelo en la Figura 33.



*Figura 33 Cabezal de costura sencilla modelo 100 serie Empress [33]*

### ➤ **Sistema de costura simple 400 HP [34]**

El modelo Fischbein 400 HP™ de Empress, es un sistema de costura sencilla de alto rendimiento que establece el estándar industrial en la costura de sacos a alta velocidad en los ambientes más exigentes, es seguro y fácil de usar, además es capaz de operar a velocidades de hasta 75 pies lineales por minuto (23 metros/minuto) y como podemos apreciar en la Figura 34, posee además un sistema de movilidad para transportarlo a distintas áreas donde sea requerida.



Figura 34 Sistema de costura simple 400 HP [34]

➤ **Cabezal de costura sencilla modelo 100-2 [35]**

Este modelo de la Figura 35 fabricado por la empresa Empress, posee un cabezal de costura de cama plana y dos agujas, realiza dos líneas de puntada perfectas y paralelas que conforman un cierre seguro a prueba de fugas. El modelo 100-2 es perfecto para cerrar todo tipo de bolsas de boca abierta, de materiales tan diversos como de papel multicapa, tejidas, de polipropileno tejido laminado y yute, en los entornos de trabajo más exigentes.

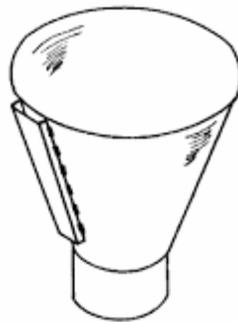


Figura 35 Cabezal de costura sencilla modelo 100-2 [35]

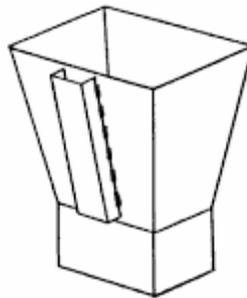
## 1.12 Tipos de tolvas

Existen algunos diseños estandarizados para la construcción de las tolvas, los cuales pueden ser cónicas como se aprecia en la Figura 36, mismas que permiten un mejor flujo del material y son comúnmente utilizadas para materiales que poseen cierto grado de humedad, su geometría varía dependiendo del volumen y espacio que se disponga.

Otro tipo de tolvas son las rectangulares como se puede observar en la Figura 37 las cuales son utilizadas para productos que tienen una mayor facilidad a desplazarse y que se encuentran secos.



*Figura 36 Tolva Cónica*



*Figura 37 Tolva Rectangular*

Glosario de Términos	
Densidad	La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. La densidad real tiene un interés relativo y varía según la materia de que se trate
Estructura	Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilar
Granulometría	Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilar
Porosidad	Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y, por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción
Producto de la descomposición	La descomposición de este sustrato está dada debido a los ácidos húmicos y fúlvicos, mismos que son el resultado de la degradación biológica de la lignina y hemicelulosa
Propiedades Bioquímicas	Se refieren a las reacciones que provoca la biodegradación del sustrato
Propiedades Físico-Químicas	Son reacciones de intercambio de iones
Propiedades Químicas	Son aquellos efectos producto de la disolución e hidrólisis de los diferentes sustratos
Rebanque	Acción que realiza la maquinaria pesada (excavadoras de oruga) para extraer material flotante de las lagunas hacia las orillas y a su vez formar el material extraído en montículos de varios metros cúbicos
SAICA	Sustrato Autoinductivo Citonutricionalmente Asistido
SOM	Sustrato Orgánico Mineral
Velocidad de descomposición	Depende directamente de la población microbiana del sustrato junto con las condiciones ambientales del lugar donde se utiliza el producto

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### **2.1 Diseño de la investigación por tipo de material**

El sustrato orgánico mineral como materia prima para la elaboración de abonos presenta como características más relevantes la densidad y humedad, estas características por ser altas consideradas dentro del rango de humedad para el material analizado, hacen que este no resbale fácilmente por las tolvas convencionales y que el ensacado sea inexacto el momento de concretar su peso o volumen en los sacos, el material a ensacar mantiene rangos de humedad entre 16 y 22% con una densidad de 0.8kg/m<sup>3</sup>, propiedades que limitan un fácil flujo y manejo en máquinas convencionales que por lo general están diseñadas para un grado de humedad mucho menor.

Por estas condiciones, la investigación se limita a observar hechos y fenómenos tal como se presentan en el contexto natural del manejo actual de la empresa AAPAPROY; por tanto, tiene carácter de **No Experimental**, pues no se practica experimento alguno ni manipulación de variables.

Para la presente investigación se realizará un análisis de las propiedades físicas del SOM que son consideradas para diseño de tolvas bajo norma, pesaje y ensacado de este tipo de producto.

#### **2.2 Tipo de investigación con respecto a la expectativa de la empresa**

El tipo de investigación guarda correspondencia con los resultados que espera alcanzar la empresa AAPAPROY, por lo tanto el trabajo investigativo describe las características que maneja la misma y que requiere para su mercado, para sobre esta base establecer una propuesta de mejoramiento, en este sentido, se diría que la presente investigación se define como un estudio descriptivo-propositivo a través de la propuesta de diseño, esto es establecer asociaciones entre las características requeridas y de mercado, para luego plantear una alternativa que permita enmendar los errores y mejorar su productividad. Este tipo de trabajo investigativo se conoce como proyecto factible.

#### **2.3 Métodos, técnicas e instrumentos para investigación y diseño**

En consideración con la complejidad que implica las características de la materia prima a emplear y los requerimientos que la empresa aspira lograr frente al ensacado (ingreso a tolvas, diseño de cabezal y control de cierre) y pesaje, la presente investigación ha sido desarrollada con un enfoque híbrido, resultado de la utilización del enfoque cualitativo y cuantitativo. Por tal razón se recurre a métodos y estrategias cualitativas y cuantitativas como son: observación, inducción, deducción y triangulación; procedimientos que han permitido comprender la problemática existente y plantear una propuesta alternativa enmarcados en los fundamentos teóricos.

En concordancia con este tipo de estudio se considera como técnicas pertinentes para la recolección de información las siguientes: observación, entrevistas, una mesa de diálogo, estudio de informes y documentos, lo que ha permitido reunir toda la información requerida para el presente trabajo.

La aplicación de las técnicas antes señaladas conlleva a la utilización de instrumentos apropiados en donde la información obtenida se somete a un proceso de codificación y análisis para su sistematización y diseño, bajo la aplicación de varios programas informáticos.

## 2.4 Materiales

### ➤ Balanza

Se utiliza la balanza para poder establecer la relación de humedad en el material.



Figura 38 Balanza de precisión [36]

### ➤ Calculadora

Utilizada para poder realizar cálculos rápidos durante las actividades dentro y fuera de campo.



Figura 39 Calculadora

### ➤ Recipiente volumétrico

De gran ayuda para realizar las mediciones y pruebas necesarias bajo estándares establecidos y valores medidos.



Figura 40 Recipiente volumétrico [36]

### ➤ Cono de Abrams

Es un instrumento metálico que se utiliza para realizar un ensayo de fluidez de un material, el ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla – pisón y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa del material colocada en su interior dando como resultado el ángulo de reposo que tiene el material.



Figura 41 Cono de Abrams [36]

### ➤ Software

Para proceder con el análisis e investigación se necesita utilizar software de Diseño Asistido por Computador (CAD) tal como Solidworks y algunos de sus complementos como Flow Simulation, simuladores de controladores como lo es TIA Portal y su simulador de PLC Siemens S7-1200 y una interfaz gráfica y que conecte con el simulador CAD tal como es Labview. Estos

programas permitirán desarrollar la simulación e interfaz para poder verificar la propuesta a plantearse.

### ➤ **Cinta métrica**

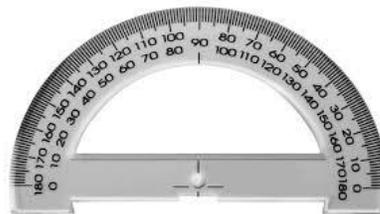
Es un instrumento de medida, mismo que está formado por una cinta flexible graduada y que puede ser enrollada permitiendo que su transporte sea fácil. También permite medir líneas y superficies curvas.



*Figura 42 Cinta métrica [36]*

### ➤ **Graduador**

Es el instrumento que permite medir ángulos para facilitar cálculos y realizar trabajos de precisión.



*Figura 43 Graduador*

## **2.5 Diseño de la investigación**

Como primer parámetro se debe conocer la humedad promedio que posee el material durante su proceso, para lo cual la empresa facilitó el acceso al material y al uso de los dispositivos para medición necesarios, mismos que fueron guiados por el especialista a cargo de los estándares de calidad, Ing. José Ángel, técnico responsable del proceso de producción y ensacado de abono.

Una vez que el material ha pasado por los procesos de transformación en planta, este se dirige a la banda transportadora de ingreso a las tolvas de ensacado, para efectos de un proceso de ensacado óptimo, el investigador planteó el control de la humedad a través del control del parámetro de densidad. Esta prueba física de campo in situ se la realizará cada vez que ingrese un lote nuevo de abonos conforme se despacha desde las camas preparadas para el efecto. Esta prueba

de densidad para el control de humedad consiste en la relación de peso y volumen del material para determinar el porcentaje exacto que pide la ficha técnica, parámetros que deben estar entre los valores de 16 a 22 % de humedad con respecto a su masa. La prueba se la realiza tomando una muestra de un kilo de producto transportado en banda antes del ingreso a tolvas de ensacado cuya densidad estará en rangos de 0.8 kg/m<sup>3</sup>.

Para el efecto de toma de muestras se utilizará una balanza calibrada de precisión 5kg, un recipiente de capacidad 10 litros y una calculadora científica. La fórmula para emplear será:

*d = densidad*

$$d = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

Una vez realizadas las mediciones se procede a comprobar que cumplan con los estándares detallados en la ficha técnica para continuar con el proceso de ensacado.

La prueba se realizará las veces necesarias conforme al cambio de lotes de producto, lo cual sucede generalmente dos veces al día.

La densidad del material y su grado de humedad son determinantes para el diseño de las tolvas de ensacado, esto debido a que al ser un material con propiedades de alta absorción hídrica, plasticidad y denso hace que al no disponer de una adecuada inclinación, deslizamiento, geometría y volumen adecuado, las tolvas comunes que ya se han probado no funcionen adecuadamente como se pretende a través de la presente propuesta del investigador.

Por las características físico – químicas de los sustratos, propias de lechos lacustres como los que maneja la empresa a través de la extracción en lagunas, los hace únicos en el mercado nacional, productos que han entrado al mercado y se mantienen similares por considerarse abonos orgánicos en su gran mayoría son aquellos que provienen de desechos vegetales como el que lo procesan a través de lechuguín de agua y aquellos que provienen de fecas animales como el de pollos, cerdos y ganado. Como referente de lo mencionado y mayor competidor en el mercado nacional los productos de PRONACA (ecoabonaza y bioway) que lo realizan a través de un sistema semiautomático de abastecimiento hacia tolvas cilíndricas-cónicas alimentadas por medio de un tornillo sin fin que sube el material como se muestra en la Figura 44 y un pesaje y cosido de los sacos adicional al proceso de ensacado por tolva como puede ser observado en la Figura 45. Este sistema como se observa en las fotografías proporcionadas por la planta de procesamientos de abonos de PRONACA ubicada en la ciudad de Santo Domingo de Los Tsachilas cuya visita técnica se la realizó conjuntamente con los técnicos de AAPAPROY, funciona para ese tipo de productos ya que su densidad es inferior a 0.4 kg/m<sup>3</sup> y su humedad de mercado fluctúa entre 12 a 14 % de humedad según comparaciones realizadas por la empresa [37] [38]

Ninguno de estos productos mantiene la consistencia de densidad comparativa como el SOM SAICA, sin embargo; por ser más ligeros y livianos estos se los ensaca en silos cónico-circulares sin mayor problema considerando que su grado de humedad al ensacado es inferior al 16% de humedad, facilitándoles así el proceso.



*Figura 44 Tolvas PRONACA – Planta de Santo Domingo de los Tsáchilas [38]*



*Figura 45 Pesaje y Cosido de Sacos PRONACA Planta de Santo Domingo de los Tsáchilas [38]*

Entre otro producto de características similares al SOM SAICA, se encuentra el humus (humus de lombriz – humus natural o turba) sustrato orgánico mineral enriquecido gracias al proceso biológico que desarrollan las lombrices con las materias orgánicas, sin embargo, este producto no se lo encuentra en el mercado en grandes cantidades comerciales, ya que su producción es limitada para producirlo a nivel industrial en grandes cantidades debido a que las lombrices tienen un proceso lento y de largo tiempo para transformar las materias primas en forma natural como se aprecia en la Figura 46 [39]. A este producto lo manejan de manera artesanal cuyo ensacado es manual, cabe destacar que las cualidades fisicoquímicas de este producto son muy similares a las del SOM SAICA.



*Figura 46 Camas de lombricultura - Producción artesanal [39]*

Por la densidad del material la empresa ha analizado tolvas rectangulares ya que estas son semejantes a las que se emplean en minería, sin embargo su grado de humedad ha dificultado la facilidad de manejo dentro de este tipo de tolvas ya que los volúmenes que inicialmente se pretenden manejar obedece al tamaño de planta instalado para procesar aproximadamente 41.000 toneladas/año, con tendencia a incrementar a un futuro cercano según información proporcionada por la empresa misma que se observa en la Tabla 3 [15], por tal motivo disponen de un invernadero tipo espacial que se muestra en la Figura 47.

Tabla 3 Capacidad de producción bajo invernadero [15]

<b>CAPACIDAD DE PRODUCCION BAJO INVERNADERO</b>		
Área de la Nave Invernadero	10.500,00	m <sup>2</sup>
Largo Nave	140	ml
Ancho Nave	75	ml
Camas estándar bajo cubierta de: 60m x 3,60m x 1,50	24	unid
Volumen almacenado x cosecha	8.294,40	Ton/ha
Cosechas por año de producción	5	
Volum. programado por año cosecha	41.472,00	Ton/ha



Figura 47 Invernadero tipo espacial AAPAPROY

## 2.6 Diseño de la tolva para capacidades requeridas

De acuerdo a la dinámica que requirió el proceso metodológico de este trabajo de investigación y el establecimiento in situ de cómo se encuentran sus procesos, equipo, maquinaria, personal e infraestructura, establecidos a manera de línea base de la empresa y su producto SAICA en todo el contexto operativo productivo se han definido luego de varias reuniones de trabajo con el personal técnico [40] y administrativo de la empresa en donde se estableció un FODA con respecto al proceso estudiado, cuyas características se describen:

### FORTALEZAS

- Personal capacitado que conoce el proceso productivo de abonos.
- Experiencia en la implementación y manejo de abonos.
- Instalaciones, maquinaria y equipos propios.
- Credibilidad a la empresa y al producto estrella (SAICA).

## DEBILIDADES

- Subutilización de la maquinaria en el proceso de ensacado.
- Deficiente instalación, diseño y distribución de equipos.
- Control de volumen de sacos impreciso que afectan la calidad del producto.
- Pérdidas de producto por volumen no controlado en el ensacado.

## OPORTUNIDADES

- Producto único con demanda en el mercado regional.
- Agricultores interesados en los productos orgánicos.
- Técnicos mecatrónicos que pueden realizar una propuesta para un manejo adecuado de ensacado.

## AMENAZAS

- Pérdida de credibilidad por falta de control de calidad.
- Pérdida de material por falta de control de volumen.
- Incremento en costos en proceso de ensacado y despacho.

Identificado el análisis FODA de la empresa con respecto al estudio del presente trabajo (necesidad de un diseño adecuado funcional y eficiente de tolvas para ensacado de SOM), se determina que la información es suficiente y existe la apertura para analizar las instalaciones de la empresa, es posible indagar y considerar diferentes opciones, tales como una geometría diferente en forma e inclinaciones, tomando en cuenta todos los parámetros fundamentales para que el material pueda ser procesado.

Para la presente propuesta es factible ensayar y proponer la utilización de diferentes tipos de actuadores como los de accionamiento hidráulico o neumático ya que la empresa posee ambos sistemas que pueden ser adaptados, mejorados o cambiados, así como la inclusión de sensores de medición de peso, mismos que pueden ser montados sobre la estructura que sujeta los sacos para optimizar su espacio e instalación facilitando así el control de llenado y mejorando el despacho de los sacos hacia el sistema de cosido, equipos y accesorios que serán desarrollados en la propuesta definitiva del diseño mecatrónico del sistema de ensacado y pesaje para la empresa AAPAPROY.

Para la presente propuesta se procede a dimensionar la tolva bajo los requerimientos deseados por la empresa, atendiendo la necesidad de volumen a procesar, para luego validarlo mediante simulación de flujo de material utilizando el software SolidWorks con su complemento Flow Simulation, sistema que nos permitirá ver los trabajos máximos y mínimos de esfuerzo a los cuales la maquinaria será sometida durante un trabajo a máxima capacidad y la resistencia estructural que tendría la maquinaria.

Una vez determinadas y verificadas las dimensiones de la tolva, se realizará el diseño gráfico de la estructura base donde la tolva se asienta, así como la estructura que se coloca bajo la boca de despacho donde desemboca el material para ser pesado dentro de los sacos, conceptualizando a su vez un esquema de cierre de sacos para su despacho y almacenamiento. Todo este diseño será simulado en tres cuerpos

Para hacer la simulación del control industrial que deberá accionar a la máquina, se utilizará el simulador de SIEMENS TIA Portal donde se programará el orden lógico de control y accionamiento que debe cumplir la máquina durante su funcionamiento.

Una vez terminado el diseño estructural de los diferentes elementos y la programación de estos para su funcionamiento, serán sometidos a validación de accionamiento y control unificado mediante la utilización de los programas enlazados Labview y SolidWorks.

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO PRÁCTICO DE LA TESIS

#### 3.1 Diagnóstico de las propiedades físicas del sustrato orgánico mineral

##### 3.1.1 Toma de muestras

Una vez que el sustrato orgánico mineral ha pasado por el proceso de transformación para convertirse en producto listo para el campo, se procede a tomar muestras previo al proceso de inoculación y ensacado, esta toma de muestras tiene por objeto verificar las propiedades físicas del producto como grado de humedad y granulometría. Para tener una mejor validación, se toma las muestras de cada lote preparado ya que estos están dispuestos por fecha de inicio y fin de proceso en planta procesadora; estas muestras son tomadas en recipientes volumétricos para su medición y pesaje y obtener así la relación de densidad del material, parámetro requerido para este proyecto. En la Figura 48 se muestra la disposición del material de donde se obtuvo las muestras.



*Figura 48 Material dispuesto por Lotes conforme manejo técnico en planta AAPAPROY.*

Muestra significativa por lote N° 2 de proceso bajo invernadero, para verificación de propiedades físicas. En la Figura 49 se observa la inoculación manual para que adquiera la contextura final previo ensacado.



*Figura 49 Inoculación manual planta AAPAPROY*

### **3.1.2 Selección del equipo de medición**

El equipo utilizado para la toma de muestra y medición del parámetro deseado consta de un cono de Abrams para control del asentamiento y ángulo de dispersión del material, una balanza con la que se obtiene el peso del material, un recipiente volumétrico para medición del volumen manejado, cinta métrica para comprobar las alturas y un graduador para comprobar el ángulo descendente dejado por el material. Con estos datos podemos aplicar la fórmula de la densidad.

El equipo para medición y control de muestras de detalla en la Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42 y Figura 43.

### **3.1.3 Ángulo de reposo**

Conforme a los estándares técnicos que maneja la empresa para este producto y según control que realiza el técnico de planta, el material debe tener un asentamiento aproximado con respecto al cono de Abrams, este procedimiento permite que el material al entrar en reposo sin molde forme un ángulo entre la línea horizontal de su base y la elevación máxima que este alcanza, es decir se deja resbalar formando un montículo en forma de cono o pirámide que permite medir y obtener datos como altura y ángulo de reposo. Como se muestra en la ilustración de la Figura 50.

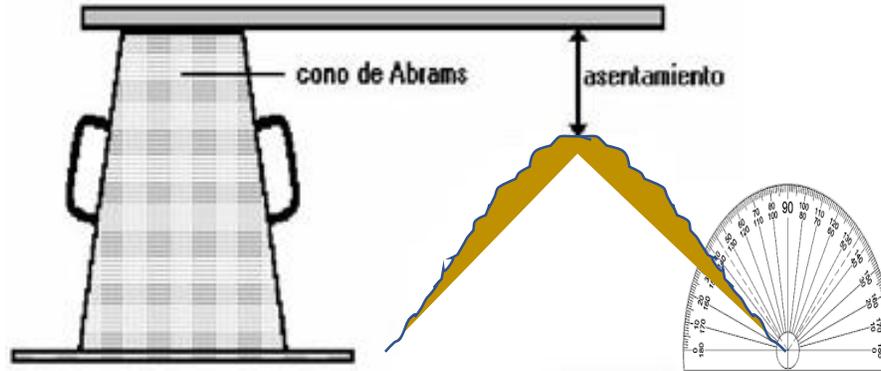


Figura 50 Ilustración uso cono de Abrams

El procedimiento de cono de Abrams, permite obtener dos datos importantes como son el grado de asentamiento que el material tiene con respecto al molde de prueba y que según los técnicos de la planta mantiene rangos entre 12 a 15 cm. Cuando el material está en óptimas condiciones y el ángulo de reposo que esta forma con respecto a la base y que alcanza los 40° aproximadamente como se muestra en la Figura 51 de uno de los ensayos.



Figura 51 Ángulo de reposo SOM SAICA

Como se observa en la Tabla 4, los resultados obedecen a cuatro lotes de SOM a los que se les aplicó tres pruebas por lote con el parámetro de volumen como variable fija para todas las muestras, esto para efecto del cálculo de peso y densidad, aquí podemos observar que el material al culminar su proceso previo al ensacado se muestra relativamente homogéneo y sus valores de densidad se encuentran dentro de los rangos establecidos en su ficha técnica acorde con las especificaciones establecidas; sin embargo también se observa algunos datos que están bordeando los límites aceptables, lo que ocasiona que en grandes volúmenes este material se vuelva más pesado y denso para su manejo.

Tabla 4 Resultados de densidad de muestras

Lote 1			Densidad		Ángulo
SOM	Peso (g)	Volumen(cm <sup>3</sup> )	g/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Grados
Muestra 1	791.00	1000.00	0.791	791.00	40
Muestra 2	830.00	1000.00	0.830	830.00	41
Muestra 3	800.00	1000.00	0.800	800.00	40

Lote 2			Densidad		Ángulo
SOM	Peso (g)	Volumen(cm <sup>3</sup> )	g/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Grados
Muestra 1	778.00	1000.00	0.778	778.00	38
Muestra 2	811.00	1000.00	0.811	811.00	40
Muestra 3	760.00	1000.00	0.760	760.00	39

Lote 3			Densidad		Ángulo
SOM	Peso (g)	Volumen(cm <sup>3</sup> )	g/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Grados
Muestra 1	814.00	1000.00	0.814	814.00	40
Muestra 2	796.00	1000.00	0.796	796.00	40
Muestra 3	827.00	1000.00	0.827	827.00	41

Lote 4			Densidad		Ángulo
SOM	Peso (g)	Volumen(cm <sup>3</sup> )	g/cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Grados
Muestra 1	860.00	1000.00	0.860	860.00	42
Muestra 2	843.00	1000.00	0.843	843.00	41
Muestra 3	836.00	1000.00	0.836	836.00	41

Una vez verificados los valores del ángulo de reposo, la densidad del SOM, más el grado porcentual de humedad que posee el material, podemos dimensionar la geometría de la tolva, la cual garantizará en el proceso un flujo constante, eliminando las acumulaciones en los bordes y evitando los denominados cuellos de botella en la fase de ensacado.

## 3.2 Diseño mecánico

### 3.2.1 Especificaciones del sistema a diseñar

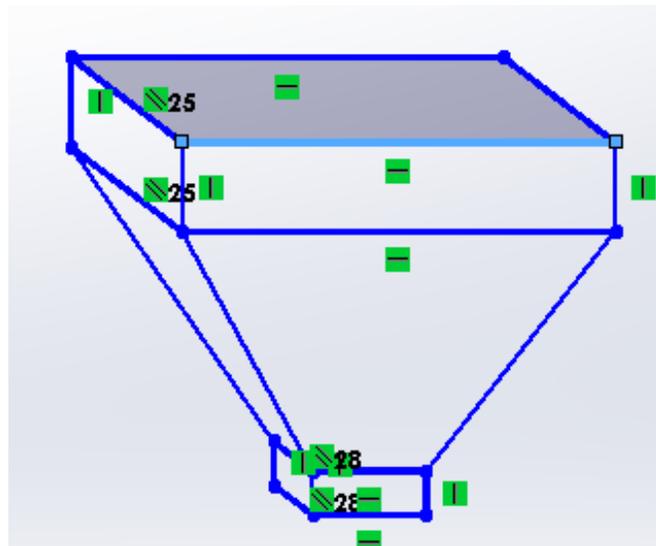
Con lo anteriormente descrito, bajo todas las características físicas y químicas del producto, la empresa requiere que la maquinaria propuesta debe reunir las siguientes características:

- Fácil de instalar en planta.
- Permitir ser alimentada por la parte superior.
- Debe ser lo suficientemente robusta para soportar el golpe del material al momento de ser alimentada.

- Procesar como mínimo 100 kg de material en un minuto.
- Debe ser capaz de soportar 3 m<sup>3</sup> de producto tomando en cuenta esta como su capacidad máxima de operación y aún así permitir el flujo.
- Su diseño de sujeción debe ser versátil para que no exponga las extremidades de la persona que opera la máquina.
- Sus controles deben procurar ser automáticos y que permita ser operada por no más de dos personas.
- Las consideraciones económicas para la construcción de la maquinaria deben enmarcarse en los materiales existentes en inventario, bodega y el mercado local, de fácil acceso para la empresa que realizará esta inversión.

### 3.2.2 Propuesta de diseños varios

Existen varios diseños posibles para una tolva de ensacado, los más comunes son de diseño rectangular como se muestra en la Figura 52, también es común encontrar tolvas al estilo de un silo como las de la Figura 53 y aquellas de tipo cónico como se aprecia en la Figura 54.



*Figura 52 Boceto Tolvas rectangulares*

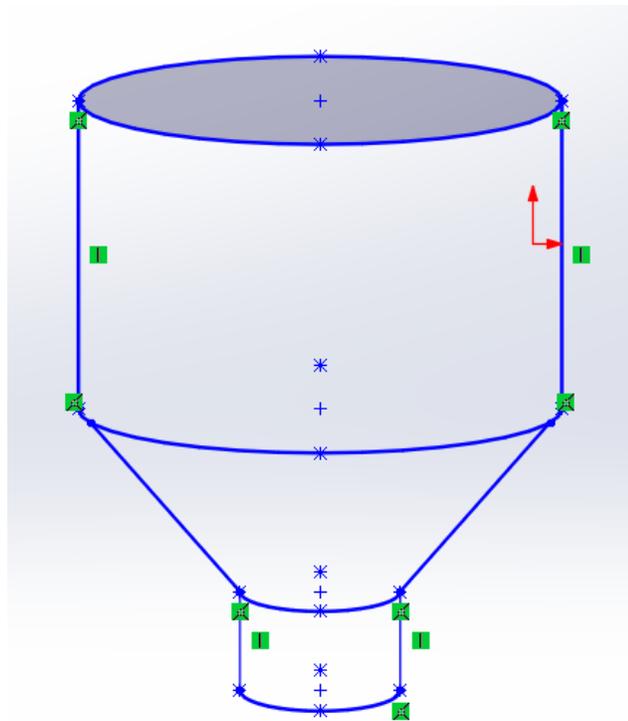


Figura 53 Boceto Tolvas tipo silo

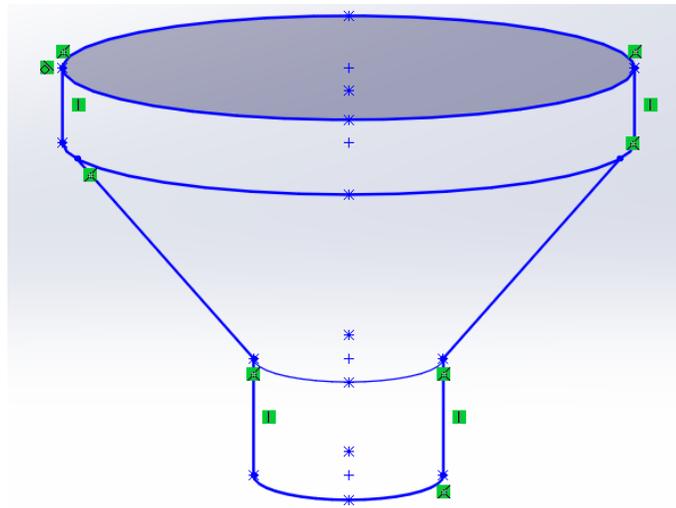


Figura 54 Boceto Tolvas cónicas

### 3.2.3 Selección de la mejor solución

Para la selección de tolvas se aplicó la metodología “Selección de la mejor solución” de Nelson Vílchez, cuyos resultados se muestran en las Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12.

Tabla 5 Restricciones y soluciones planteadas

<b>R1</b>	Capacidad de producción 100 kg/min
<b>R2</b>	Optimización de espacio a 6 m <sup>2</sup>
<b>R3</b>	Optimización de material existente en planta
<b>S1</b>	Tolva Rectangular
<b>S2</b>	Tolva tipo Silo
<b>S3</b>	Tolva Cónica

Tabla 6 Aplicación de restricciones

<b>Tolva/R</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Cumple</b>
S1	SI	SI	SI	Si
S2	SI	SI	SI	Si
S3	SI	SI	SI	Si

Tabla 7 Ponderación de criterios

	<b>Ponderación de criterios</b>	<b>Valoración sobre 10</b>
<b>C1</b>	Confiable	9
<b>C2</b>	Diseño Geométrico	10
<b>C3</b>	Fabricación	7

Tabla 8 Análisis de Criterio 1 (Confiabilidad)

<b>C1/S</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
	0	1	2
<b>S1</b>	-		
<b>S2</b>	S2	-	
<b>S3</b>	S3	S3	-

Tabla 9 Análisis de Criterio 2 (Diseño geométrico)

<b>C2</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
	0	1	2
<b>S1</b>	-		
<b>S2</b>	S2	-	
<b>S3</b>	S3	S3	-

Tabla 10 Análisis de Criterio 3 (Fabricación)

<b>C3</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
	0	1	2
<b>S1</b>	-		
<b>S2</b>	S2	-	
<b>S3</b>	S3	S3	-

Tabla 11 Selección de la mejor solución

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
<b>S1</b>	0	0	0
<b>S2</b>	1	1	1
<b>S3</b>	2	2	2

Tabla 12 Selección de la mejor solución ponderada

	<b>C1 (9)</b>	<b>C2 (10)</b>	<b>C3 (7)</b>	<b>Ponderación</b>
<b>S1</b>	0	0	0	0
<b>S2</b>	1*9	1*10	1*7	26
<b>S3</b>	2*9	2*10	2*7	52

Conforme a la metodología aplicada, la tolva seleccionada es la de geometría cónica, ya que cumple con las restricciones que determina la empresa, ajustándose a las necesidades de la misma, a su vez permite un flujo de material adecuado y evita la generación de concavidades en su parte interna.

Complementariamente a esto, el análisis QFD de la tolva que se muestra en el Anexo 1, evidencia que el diseño propuesto cumplirá con las necesidades del cliente y su construcción y dimensionamiento es factible.

### 3.2.4 Selección de material

El material adecuado debe contener características anti abrasivas para garantizar durabilidad y asegurar que emanaciones de óxido no se añadan al producto procesado. Por lo que se seleccionó como material el acero SAE 1045 para los ejes y el acero ASTM A36 para los elementos estructurales, mismos que se encuentran en stock en la empresa, ya que en trabajos previos fueron adquiridos y cuyos remanentes la empresa solicitó fueran considerados para este nuevo proyecto a fin de optimizar lo existente y en caso de ser necesario material adicional, este se adquirirá en la empresa Voestalpine [41] misma que es distribuidora directa para la empresa AAPAPROY ya que mantienen un historial comercial.

### 3.2.5 Selección de los elementos mecánicos o de máquinas

Dentro de los elementos de mecánicos y de máquinas seleccionados para el diseño se ha tomado en cuenta chumaceras, perfiles estructurales y planchas anti abrasivas que permitirán su construcción, las mismas que se sumarán a las partes necesarias para el control de la máquina descritos en el numeral 4.1

### 3.2.6 Diseño de la tolva

Para este diseño se toma en consideración el ángulo de reposo que se obtuvo en el ensayo del material (véase el punto 3.1.3) más un factor de seguridad optando por un ángulo igual a 45 grados, esta inclinación será la que debe tener la tolva con la finalidad de garantizar que el material fluya. Por otra parte, una vez definido el volumen de procesamiento requerido por la empresa, se procede a calcular las dimensiones de la tolva con la siguiente fórmula:

$$V_{total} = 3 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = V_{cono} + V_{cilindro}$$

$$V_{cono} = \frac{\pi}{3} * h * (R^2 + r * R + r^2)$$

$$V_{cilindro} = \pi * r^2 * l$$

$$D = 2.47m$$

$$l = 0.26m$$

Obteniendo como resultado los valores correspondientes al diámetro superior ( $D$ ) y al alto del cilindro superior ( $l$ ) que conformarán la tolva. Este dimensionamiento se puede apreciar en el Anexo 2 Planos Tolva y Anexo 3 Planos de Construcción.

Posterior a esto se realizó el análisis de flujo con las especificaciones del SOM para verificar que este se deslice a través de la tolva sin inconvenientes obteniendo resultados favorables referentes a la simulación del flujo mismo que se muestran en las Figura 55, al flujo másico a la salida de la tolva, el cual se muestra en la Figura 56 y el análisis de deformación que se muestra en la Figura 57.

El análisis se lo realizó tomando en consideración que la tolva se encontraba totalmente llena, generando una presión uniforme de  $1692,65 \text{ N/m}^2$  sobre la superficie de la tolva, proporcionando un flujo constante de material y presenta una deformación aceptable.

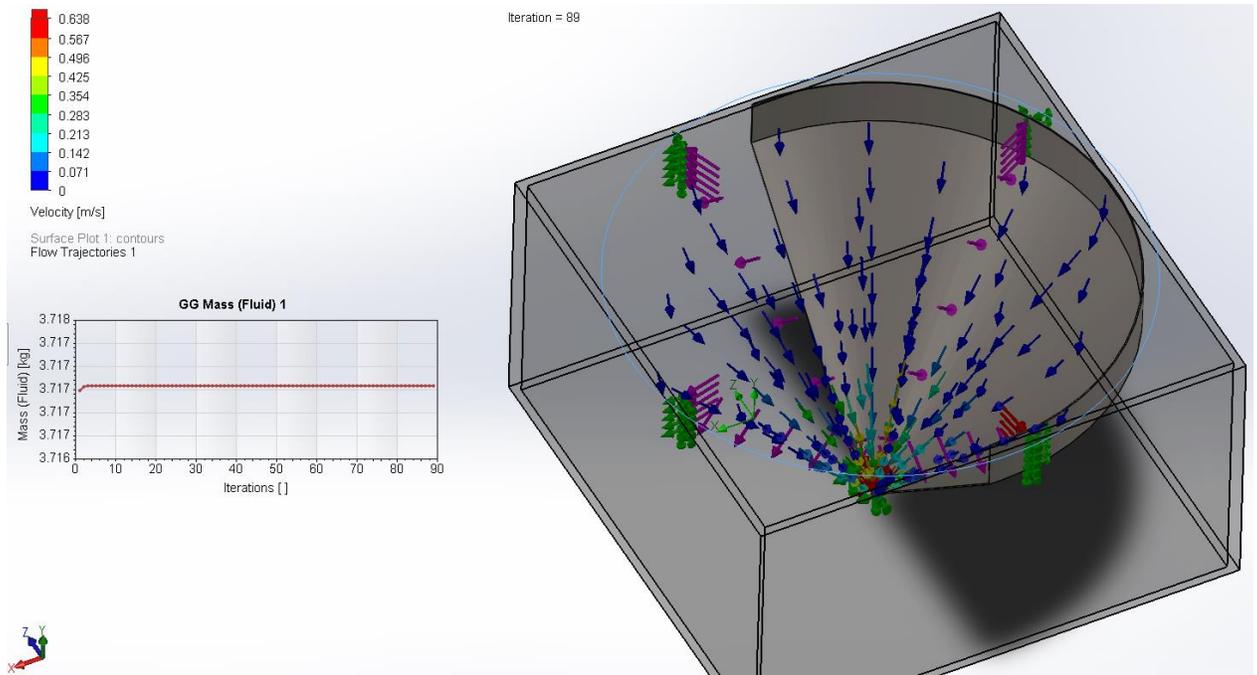


Figura 55 Simulación Flujo en Tolva (SOLIDWORKS - Flow Simulation)

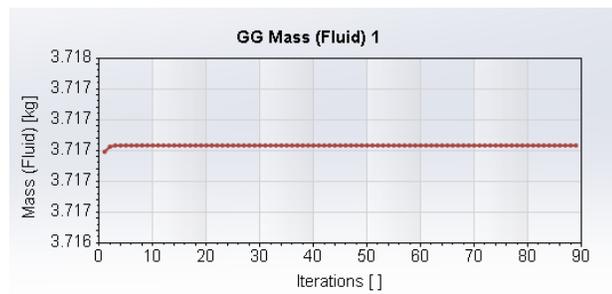


Figura 56 Flujo másico a la salida de la tolva

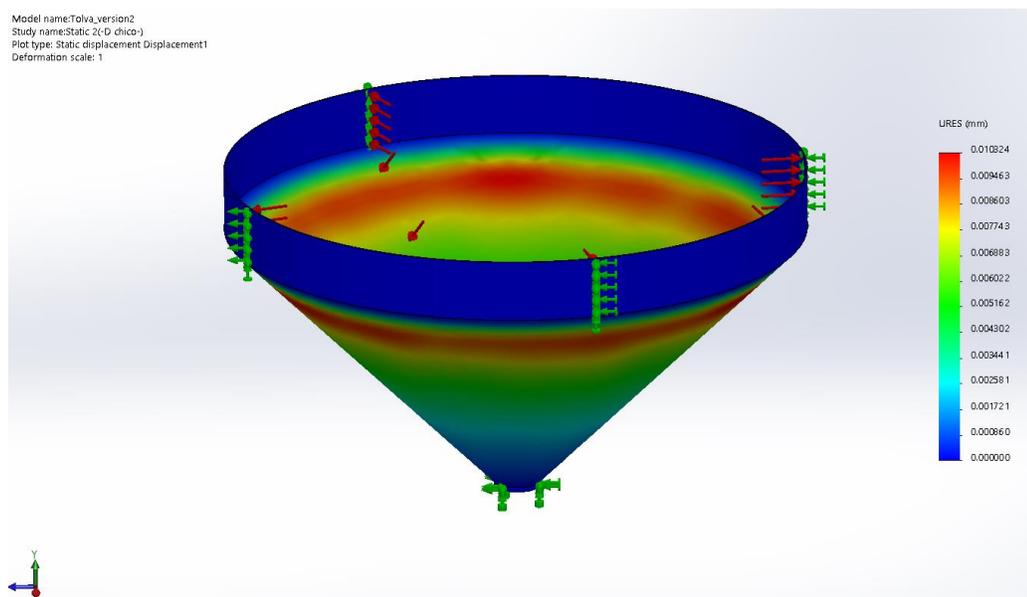
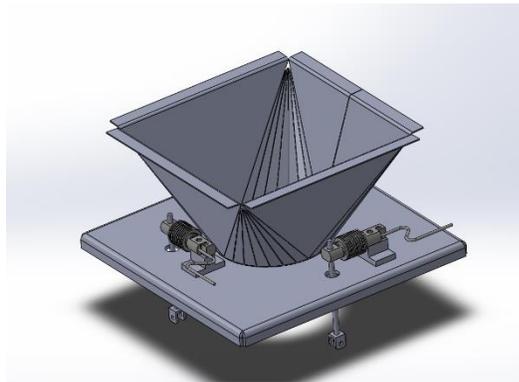


Figura 57 Simulación deformación de Tolva (SOLIDWORKS - Flow Simulation)

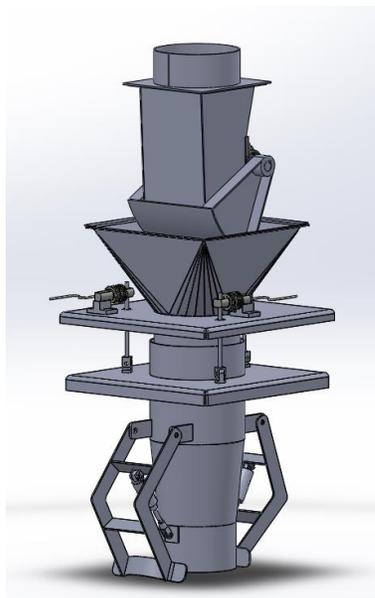
Posterior al análisis de simulación, con las dimensiones planteadas, con un diámetro de descarga de 20 cm, se obtiene un flujo de descarga de 3 kg por segundo, equivalente a llenar 6 sacos de 30 kg cada minuto de trabajo.

### 3.2.7 Diseño de sistema de pesaje

El sistema de pesaje consiste en una base fija donde desemboca la tolva principal, conforme se observa en la Figura 58, a su vez, esta se ancla al sistema de sujeción de empaques conforme Figura 59. A medida que la tolva principal vaya llenando el saco, las celdas de carga irán accionando el cierre de la alimentación proveniente de la tolva principal con el propósito de que el flujo de material vaya disminuyendo a medida que el peso se acerca al deseado y se cierre en su totalidad cuando el empaque cumpla el peso requerido. Una vez alcanzado el peso deseado, los brazos de sujeción soltarán el saco para que proceda a su cierre.



*Figura 58 Sistema de pesaje*



*Figura 59 Estructura de pesaje y sujeción de sacos*

Se utiliza tres celdas de carga tipo viga al corte que tienen un rango de medición desde 5 kilogramos, estas estarán ancladas a la estructura de brazos de sujeción del empaque, mismos que por su propio peso generan una lectura de carga inicial constante en las celdas de carga, lo cual permite programar su medición a partir de ese punto tomado en cuenta como el peso cero y realizar la medición desde 1 kg de producto en adelante.

### 3.2.8 Diseño dispensador

Para el dispensador se toma como referencia un modelo comercial el cual se puede apreciar en la Figura 21, con ciertas modificaciones para aprovechar de mejor manera la fuerza del actuador.

El modelo que se muestra en la Figura 60 que es el propuesto, se sustenta en los materiales y piezas que existen a nivel comercial en el mercado y que la empresa tiene acceso, a estos se los ha sometido a un análisis de esfuerzos por despiece para corroborar su factor de seguridad el cual dentro de los puntos más críticos arroja un valor de  $1.9 \times 10^1$ , siendo un valor favorable como factor de seguridad de validación para la tapa del dosificador.

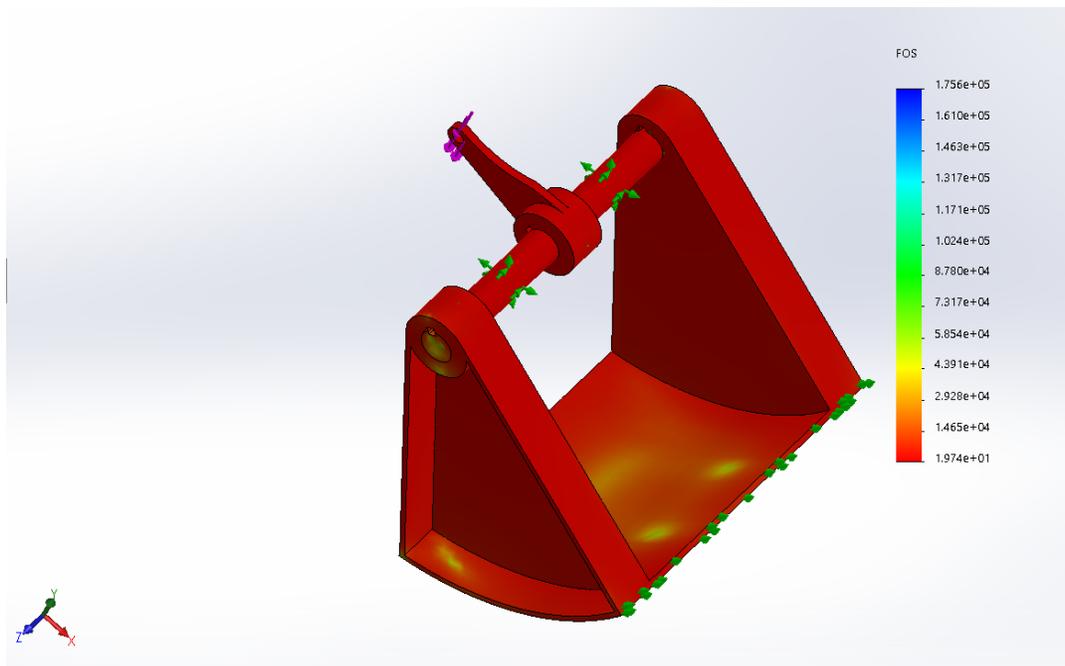


Figura 60 Tapa dispensador

Una vez realizada la simulación de esfuerzos y con la finalidad de corroborar el resultado obtenido, se realiza un análisis de convergencia mostrado en la Figura 61, donde se aprecia que el esfuerzo de Von Mises se estabiliza en un valor de  $2.7 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ ,

generando un error de 1.25%, debido a que no es superior a 3%, se da por validado el funcionamiento y se verifica que la fuerza ejercida por el material y por el actuador no afectarían el funcionamiento de la misma.

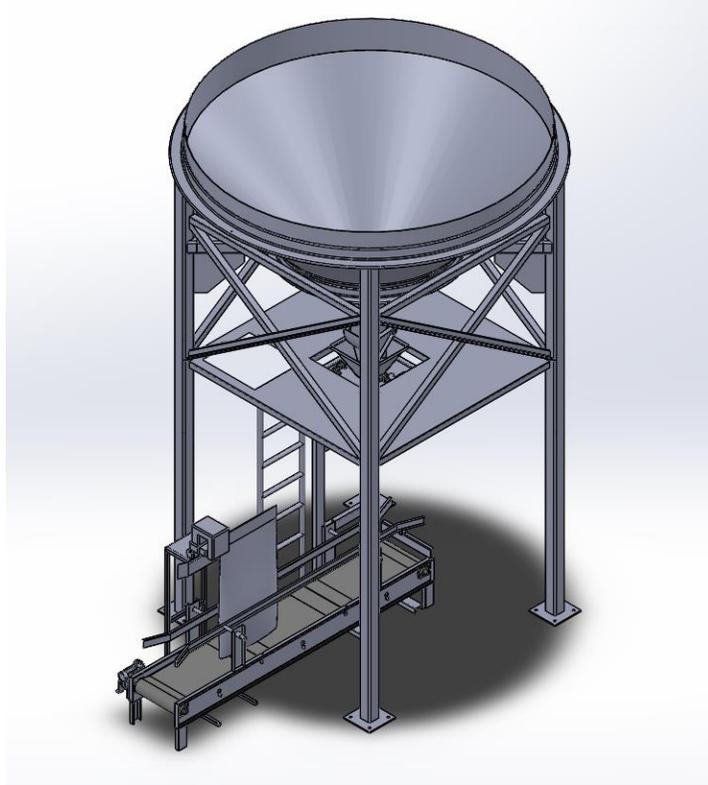


Figura 61 Gráfico de convergencia

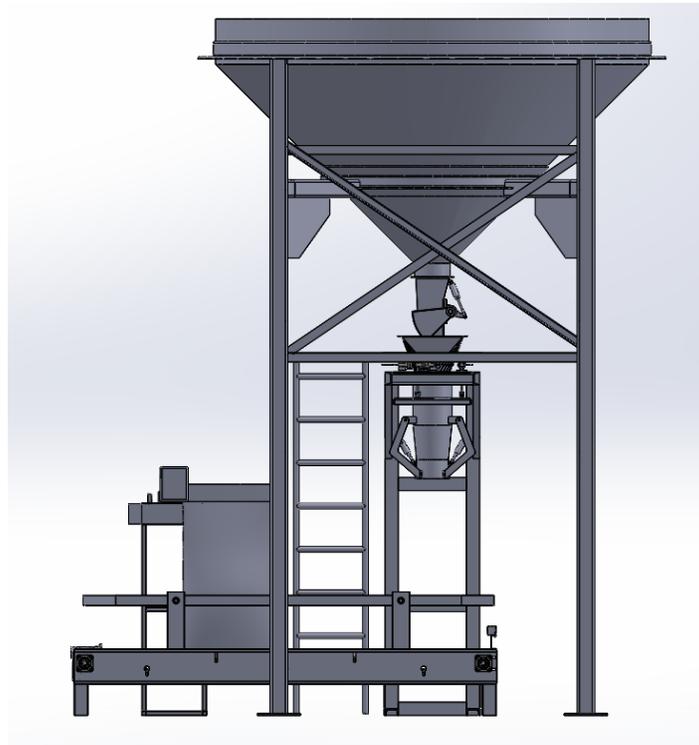
**3.2.9 Simulación con SolidWorks**

Para el diseño estructural se utiliza el software SolidWorks donde se realiza la conceptualización del diseño y se aprecia cómo se vería al momento de ser implementadas las partes diseñadas y todas aquellas piezas referenciadas gracias al benchmarking.

En las Figura 62 y Figura 63, se puede apreciar una vista general isométrica y frontal del diseño propuesto respectivamente.



*Figura 62 Vista Isométrica Estructura completa*



*Figura 63 Vista Frontal Estructura Completa*

### 3.2.10 Simulación de cargas estructura

Para la simulación de la estructura se consideró tanto la fuerza de gravedad como la presión que ejercería la tolva a su capacidad máxima, siendo esta  $1693 \text{ N/m}^2$ . Dando como resultado un factor de seguridad moderado como se aprecia en la Figura 64, este factor se lo obtiene considerando los criterios de requerimiento de la empresa como aquel de la reutilización o utilización de sus recursos materiales de inventario, incluyendo aquellos de las estructuras que pasarían a ser modificadas como son los parantes de la tolva que actualmente está en uso y que pasarían a formar parte del nuevo diseño.

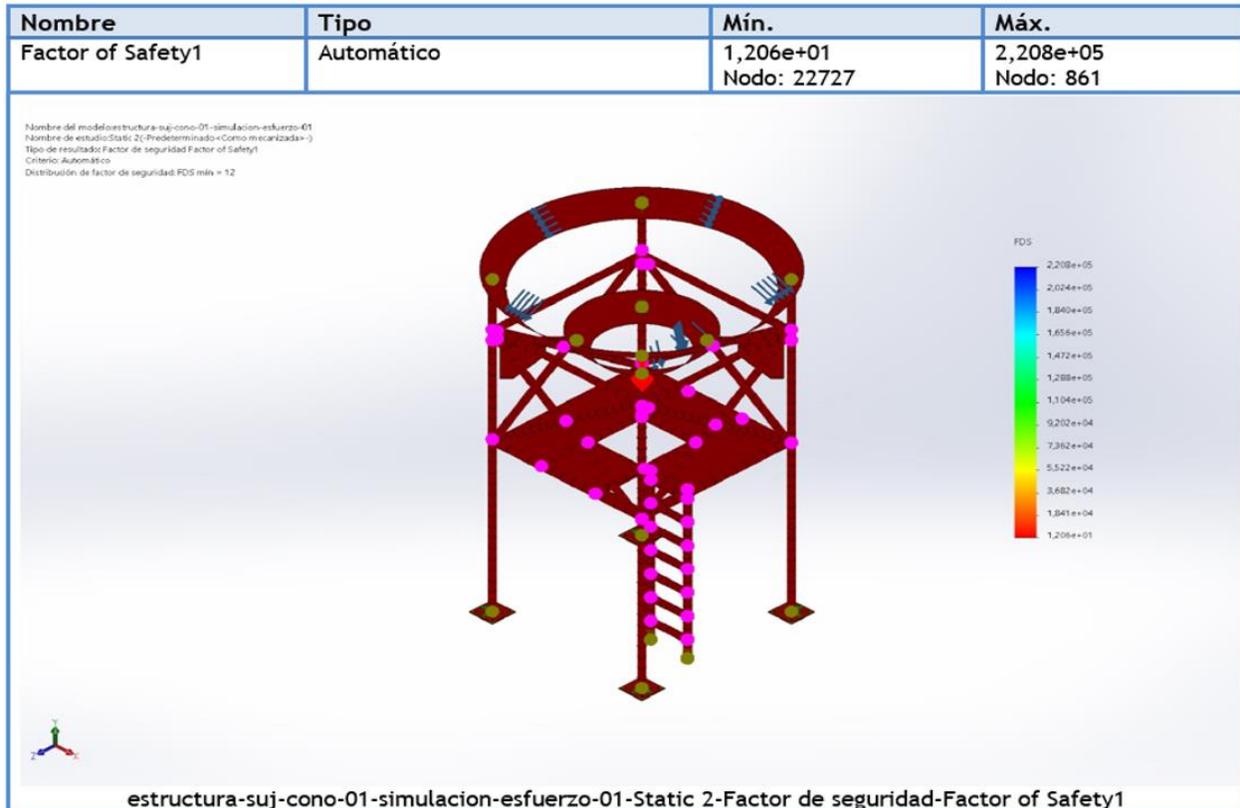


Figura 64 Análisis Estructura

### 3.2.11 Análisis de resultados

El objetivo de este estudio de investigación es diseñar una propuesta mecatrónica para la etapa final de ensacado y pesaje del sustrato orgánico mineral de la empresa AAPAPROY, el cual se lo consiguió a través del análisis del contenido investigado en las diferentes fuentes de información y gracias al criterio individual, así como la elección adecuada de los aspectos a considerarse, tales como: tipo de Sustrato Orgánico Mineral a procesar, propiedades físicas al momento de ensacar, materiales para el diseño del equipo propuesto, tipos de equipo complementarios a considerar, presupuesto moderado y acorde a los espacios físicos disponibles.

La investigación evidenció la importancia de conocer y diagnosticar las propiedades físicas del sustrato orgánico mineral para adecuar el sistema de ensacado y pesaje a las condiciones y requerimientos de la planta procesadora de abonos de la empresa, porque al ser un material único que se procesa en el país lo convierte en un tema de interés actual en el campo agropecuario que es el que demanda de estos productos.

Con los parámetros identificados, es factible diseñar el sistema mecánico y de control de una máquina de ensacado y pesaje de sustrato mineral que requiere la empresa para ser eficiente, efectiva y aumentar su rendimiento y productividad.

Existe mucha información de orden técnico que atrae el interés de la empresa, sobre qué tipo de equipos adquirir o construir para sus fines, pero ninguno bajo los requerimientos acordes a las propiedades físicas del material utilizado, por lo que el funcionamiento de este sistema propuesto será validado mediante simulación, donde se comprueba que el diseño posee características únicas para rendimiento y flujo constante de producción de ensacado y pesaje.

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

#### 4.1 Selección de los componentes de control

Dentro de los elementos que deben ser seleccionados se encuentran las opciones de actuadores, mismos que pueden ser hidráulicos o neumáticos, celdas de carga de distintos tipos, sensores de presencia y la sugerencia de un cabezal de costura comercial.

##### 4.1.1 Selección de los actuadores

Los actuadores idóneos para este diseño con los hidráulicos ya que permiten tener mayor potencia y una precisión bastante fiable. Adicionalmente, ha sido petición de la empresa que se utilicen estos actuadores ya que los disponen en bodega y no implicaría un gasto adicional.

Como parte del sistema de ensacado, se sugiere la implementación de un cabezal de costura sencilla modelo 100 serie Empress anexo a la estructura principal.

##### 4.1.2 Selección de los sensores

Para la parte sensorial, se propone el uso de tres celdas de carga viga al corte modelo f60x 5-500, cuya característica es marcar con precisión a partir de los 5 kg de carga, lo que facilita manipular el sensor precargándolo con el peso de la estructura para que su medida sea exacta en rangos de 1 kg en adelante, esta maniobra se logra adecuando la configuración estructural y la configuración del control, estos sensores serán implementados en la parte de sujeción del empaque, complementados con sensores de presencia que ayudarán para activar y desactivar la banda transportadora y el cabezal de costura.

#### 4.2 Diseño del control

##### 4.2.1 Simulación de control PLC Siemens

Para la parte de control se utiliza el software “TIA Portal”, en el cual se realizó una interfaz simulada del funcionamiento del controlador industrial PLC SIEMENS S7-1200 que opera el funcionamiento de la máquina de tal manera que la programación Ladder se muestra dividida en cinco segmentos, identificados en las Figura 65, Figura 66, Figura 67, Figura 68 y Figura 69.

Este programa desarrollado se encarga de realizar el encendido y apagado de la máquina, así como el proceso de sujeción de los empaques, inicio de dispensado, apertura y cierre de la compuerta de flujo del material de acuerdo al peso de referencia y al peso que se encuentre en el empaque, encendido y apagado de la banda transportadora que dirige el

empaques hacia la cosedora mismos que poseen sensores de presencia con la finalidad de optimizar energía y tener encendidos los módulos de la banda transportadora y la cosedora únicamente cuando van a ser utilizados.

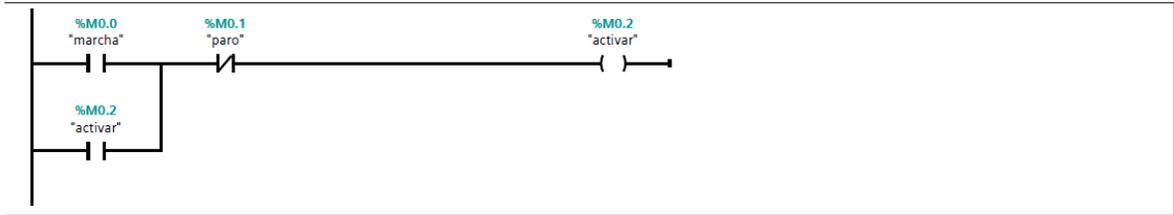


Figura 65 Segmento 1 - Encendido de la máquina

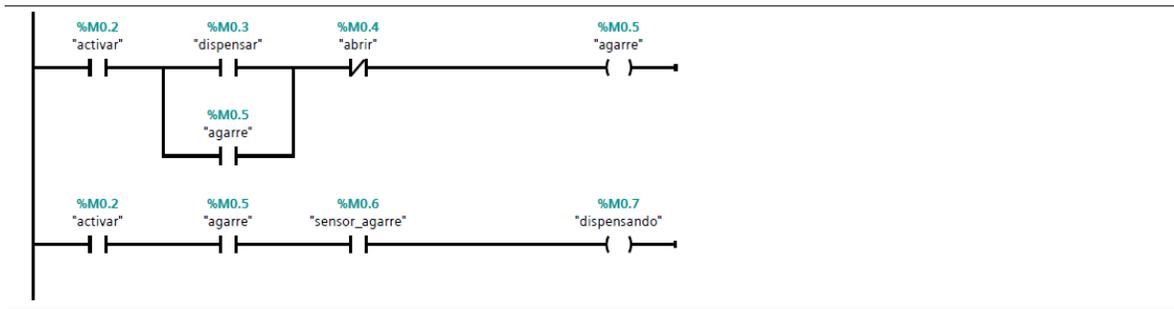


Figura 66 Segmento 2 - Agarre e inicio de dispensador

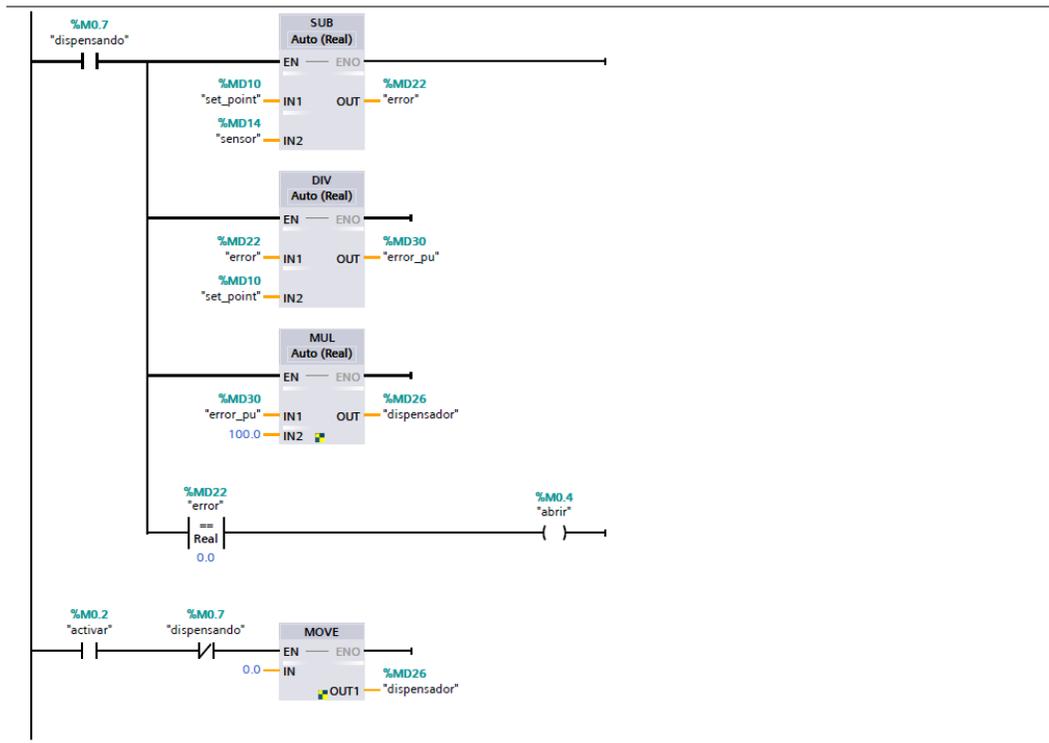


Figura 67 Segmento 3 - Dispensador y control de peso

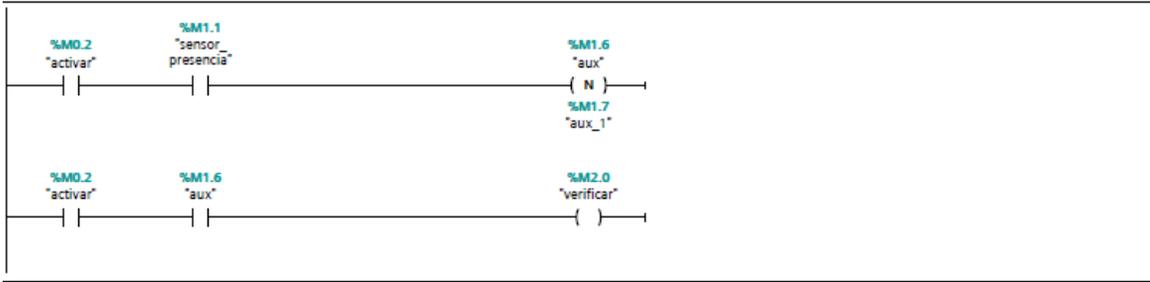


Figura 68 Segmento 4 - Activación de banda transportadora

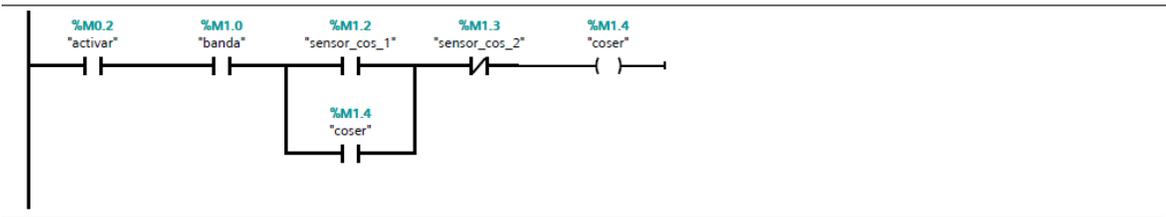


Figura 69 Segmento 5 - Activación de cosedora

En el panel del simulador que se muestra en la Figura 70, se indica la interfaz gráfica que tendríamos para el control de la máquina.

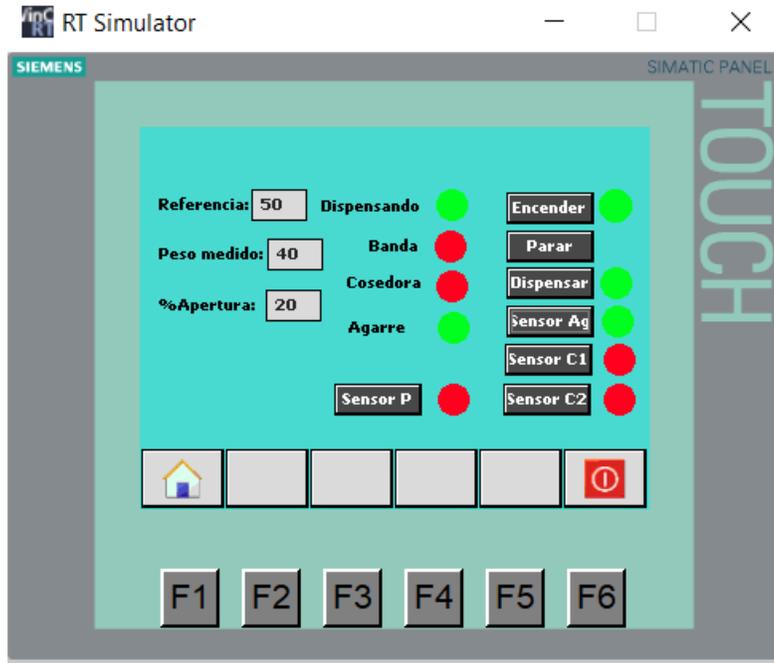


Figura 70 Interfaz gráfica de control

## 4.2.2 Simulación interfaz Labview - Solidworks

En esta simulación se observa el mismo funcionamiento de control detallado en el programa TIA Portal, con la característica que se encuentran enlazados los programas Labview y Solidworks con la finalidad de demostrar el funcionamiento de la máquina bajo la programación de control de operación optima deseada por la empresa.

En la Figura 71, se aprecia que el botón del dispensador esta activado lo cual cierra las mordazas que sujetan el empaque y posterior abre el dispensador.

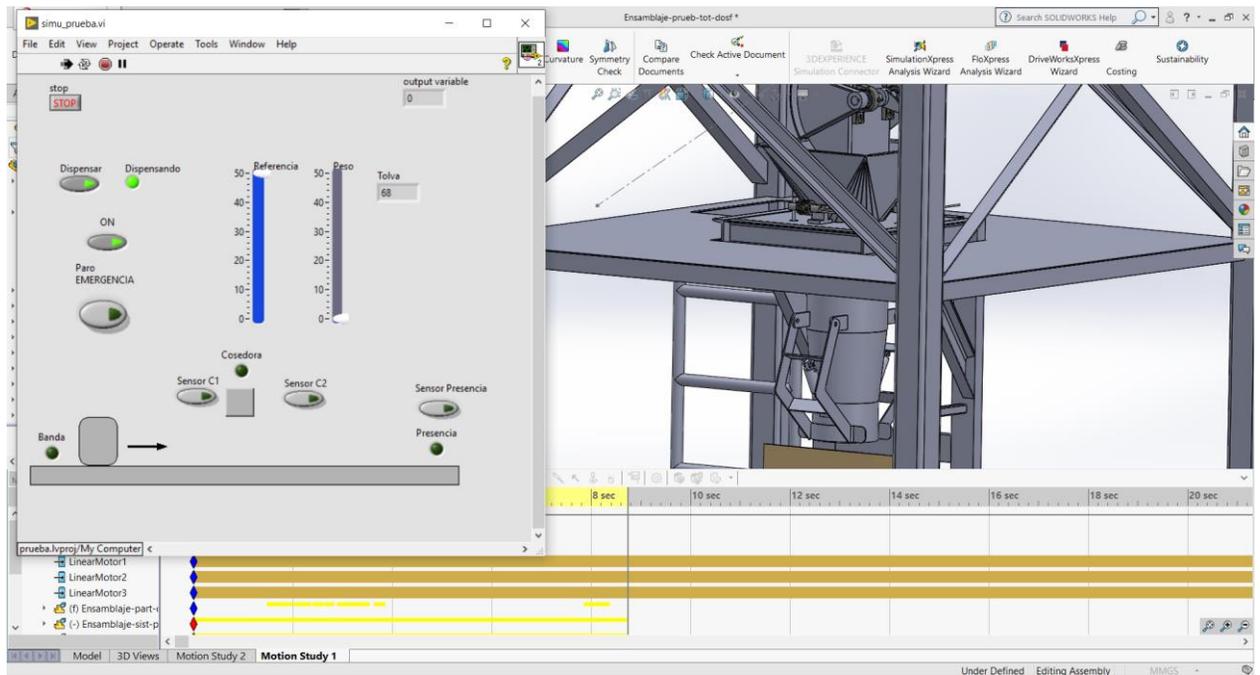


Figura 71 Dispensador

Como se observa en la Figura 72, a medida que el peso va aumentando en comparación con el peso de referencia, el dispensador empieza a cerrarse hasta que el peso sea igual a la referencia, posterior a este paso las mordazas de sujeción del empaque se abren y la banda transportadora se activa como se aprecia en la Figura 73, y el peso medido vuelve a cero.

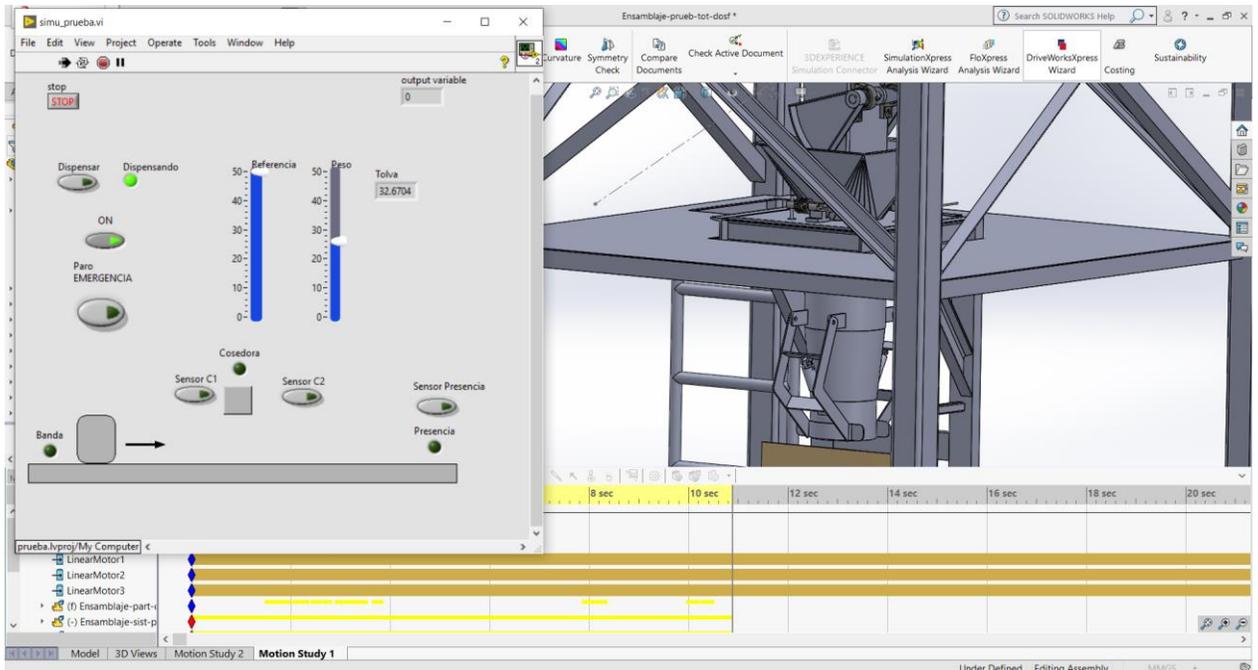


Figura 72 Comparación de peso

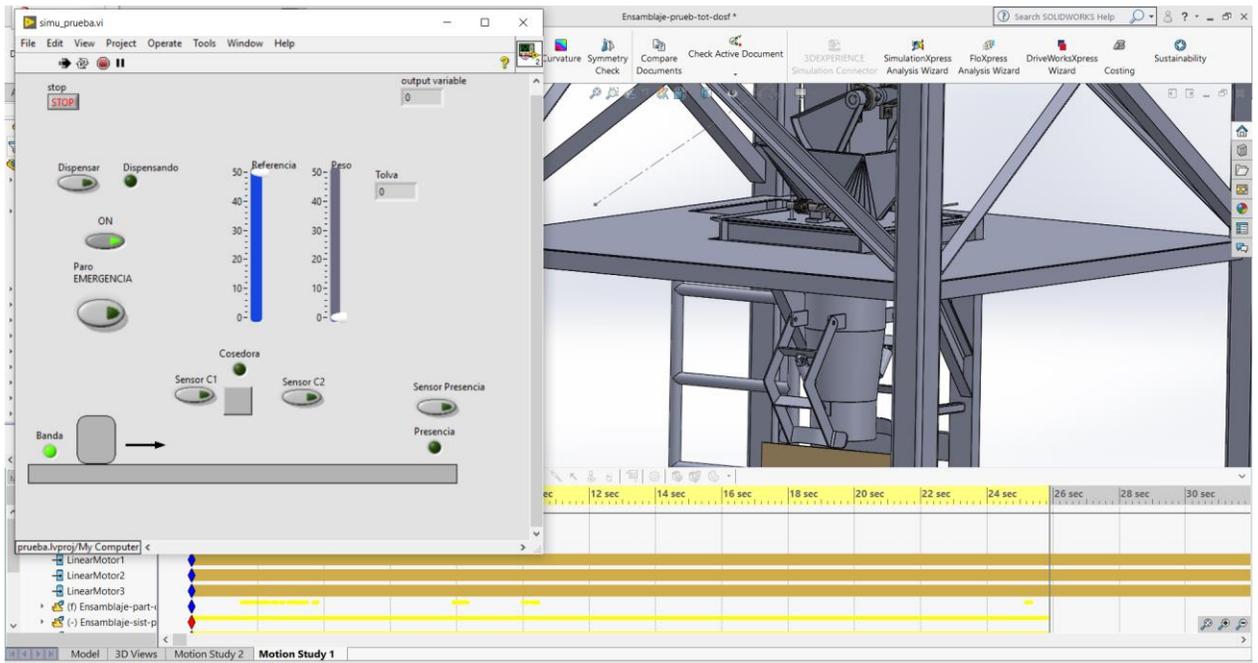


Figura 73 Fin de pesaje

Posterior a esto, como se representa en la Figura 74 y Figura 75, los sensores de activación de la coseadora son activados y desactivados respectivamente.

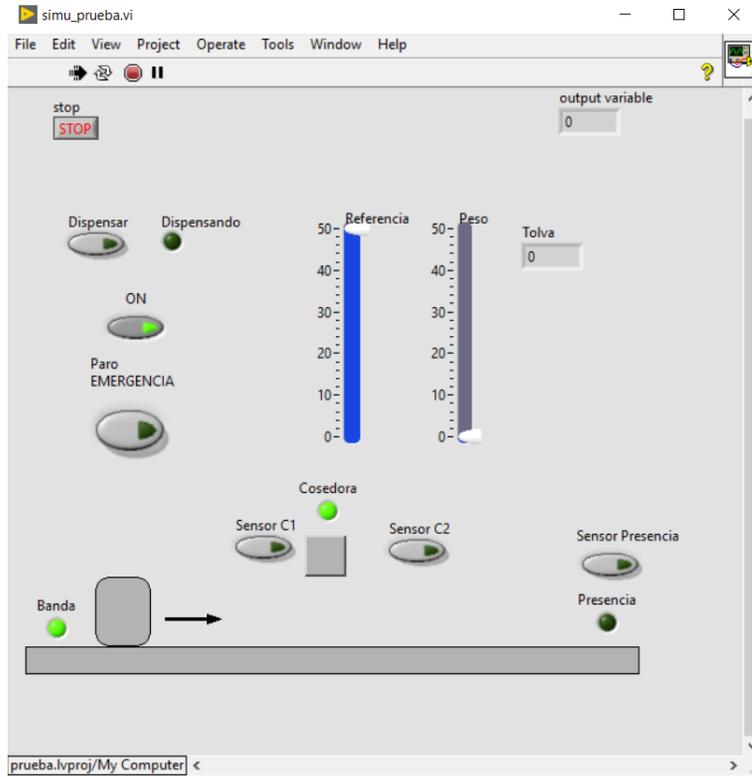


Figura 74 Activación cosedora

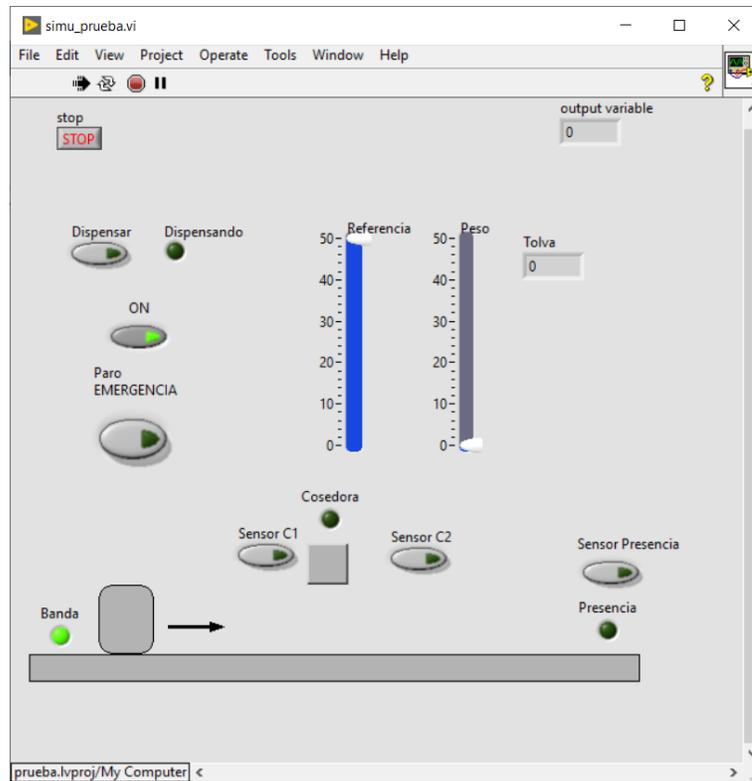


Figura 75 Desactivación cosedora

De igual forma cuando el empaque está llegando al final de la banda otro sensor reconoce la presencia del mismo y es activado como se muestra Figura 76, y apagando la banda una vez que el sensor deja de detectar el empaque de la forma que se muestra en la Figura 77, permitiendo que el sistema vuelva a ser utilizado completamente.

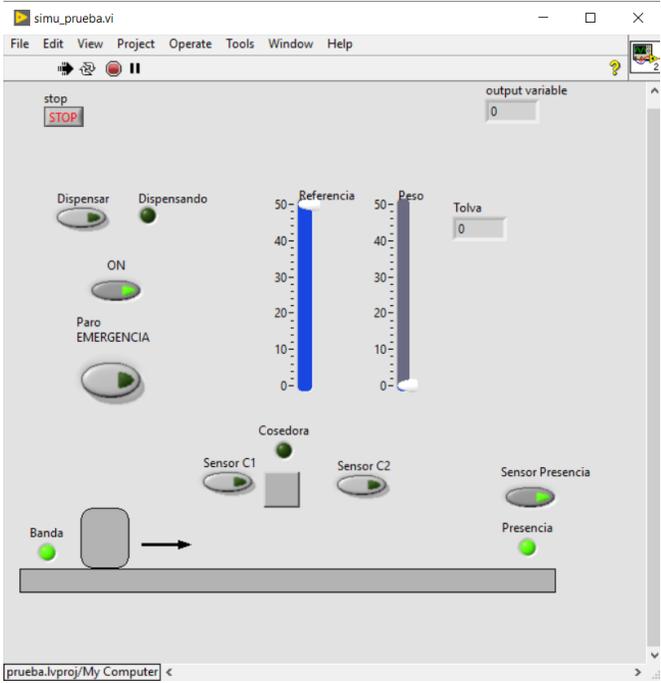


Figura 76 Sensor de presencia sobre banda transportadora

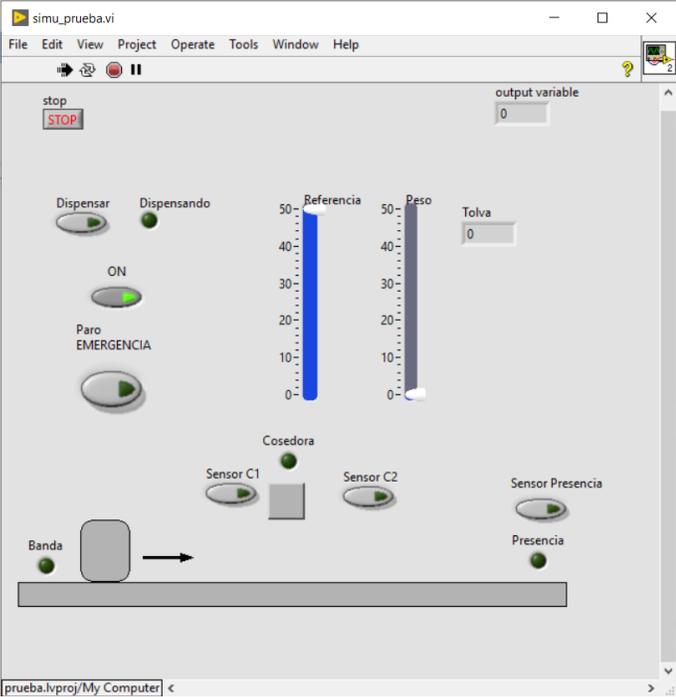


Figura 77 Apagado de banda transportadora

Durante las pruebas de simulación, se realizó en primera instancia un corrido de funcionamiento normal, el cual no presentó anomalía alguna, posteriormente se realizó un corrido bajo escenario especial, donde se simuló la caída brusca del material en ciertos momentos, en donde el sensor soporta el aumento radical de peso para luego estabilizar su medida gracias a la lectura permanente del peso que este realiza, obteniendo un resultado de peso uniforme sin variaciones; posteriormente se procedió a realizar una tercera y cuarta corrida donde se muestran dos escenarios que implican realizar un paro de emergencia en puntos intermedios del proceso, el primer caso se lo realiza al momento de dispensar el material, lo cual da como resultado una des habilitación del sistema y todos los componentes se apagan cerrando la tolva para evitar desperdicio de material y soltando el empaque de su punto de sujeción, el segundo escenario de paro de emergencia se lo realiza al momento de estar cerrando el empaque obteniendo como respuesta el apagado de todos los componentes del sistema.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

A pesar de que la capacidad instalada es subutilizada en un 70%, la empresa demuestra alta experiencia en negociación y gestión de sus productos en campo, aunque una de sus limitantes por parte del área técnica de la empresa es el bajo conocimiento técnico con respecto al tipo de equipamiento que se requiere para su proceso, por lo que su gestión y producción ha sido de un impacto limitado con respecto a la expectativa de los directivos de la empresa y el mercado potencial que pretenden atender debido a su bajo desempeño al momento de ensacar y despachar.

El material SOM al ser un producto natural que se formó bajo el lecho lacustre le da propiedades físicas únicas, sin embargo, su versatilidad de humedad le hace que su densidad sea variable en más/menos su estándar, haciendo que las máquinas convencionales no tengan la capacidad de funcionar óptimamente y retrase su ensacado y pesaje.

Gracias a la investigación se evidenció la importancia de conocer y diagnosticar las propiedades físicas del sustrato orgánico mineral como es su densidad, grado de humedad y ángulo de reposo al momento de entrar al proceso analizado, para adecuar el sistema de ensacado y pesaje a las condiciones y requerimientos de la planta procesadora de abonos de la empresa, porque al ser un material único que se procesa en el país lo convierte en un tema de interés actual en el campo agropecuario que es el que demanda de estos productos.

Existe mercado potencial en el sector agrícola para el abono orgánico que la empresa realiza, sin embargo a este mercado se accede proponiendo buenos precios, volumen disponible y capacidad de entrega que es lo que la empresa debe ajustar, especialmente con su proceso optimizado para el ensacado y pesaje para su despacho.

El uso de los softwares SolidWorks, TIA portal y LabView, fueron los ideales para la realización del diseño, así se pudo evidenciar el desempeño ideal y funcionamiento óptimo de la máquina propuesta con respecto a los procesos de producción de ensacado y pesado del sustrato.

## **RECOMENDACIONES**

La capacidad instalada que poseen en maquinaria y equipos debe ser aprovechada con un incremento inicial del doble de producción actual para luego progresivamente seguir incrementando, acompañando este proceso con asistencia técnica y capacitación a todo el personal de planta en los ajustes mecánicos que se realicen a futuro.

Las limitaciones determinadas en esta tesis de investigación serán superadas con un diseño mecatrónico de una propuesta alternativa para mejorar la eficiencia productiva de la empresa, misma que se desprenda y haga uso de los recursos existentes y los optimice, reforzando así la producción, con lo que permitirá que sus directivos mejoren sus procesos en conjunto.

Si bien es cierto que la propuesta presentada en este trabajo de tesis de ingeniería reúne las bases indispensables para construir la máquina ensacadora y de pesaje que elevará la producción, sugerimos a los directivos de la empresa que la implementen lo más pronto posible en beneficio administrativo productivo de su empresa.

## ***Bibliografía***

- [1] AAPAPROY Cia Ltda, *Proyecto para la limpieza y manejo del sustrato organico mineral de la laguna Colta*.
- [2] AAPAPROY Cia Ltda, *Propuesta para la limpieza y manejo del sustrato orgánico mineral Lago San Pablo*.
- [3] G. d. I. R. d. Ecuador, «Secretaria Nacional de Planificacion y Desarrollo,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.planificacion.gob.ec/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida/>.
- [4] SERINTU, «[www.serintu.com](http://www.serintu.com),» [En línea]. Available: <http://www.serintu.com/index.php/cerradora-de-sacos/sistema-de-ensacado/pesadora-y-ensacadora-automatica>.
- [5] ARCOMET7, «[www.arcomet7.com](http://www.arcomet7.com),» [En línea]. Available: <http://www.arcomet7.com/producto/ensacadora-saco-boca-abierta/>.
- [6] D. J. J. S. -. MSc, Interviewee, *Gerente AAPAPROY CIA. LTDA*. [Entrevista]. 2019.
- [7] D. J. J. S. MSc, Interviewee, *Presentación informe técnico de laboratorio*. [Entrevista]. 2019.
- [8] A. C. L. -. PLANTSPHERE, «Convenio de alianza estratégica». Ecuador 2014.
- [9] [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com), «[www.infoagro.com](http://www.infoagro.com),» [En línea]. Available: [https://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_sustratos.htm](https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm). [Último acceso: Mayo 2019].
- [10] ECURED, «ECURED,» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Sustrato\\_org%C3%A1nico](https://www.ecured.cu/Sustrato_org%C3%A1nico).
- [11] «[med.se-todo](http://med.se-todo.com),» [En línea]. Available: <http://med.se-todo.com/himiya/36848/index.html>.
- [12] BioControlScience, «SAICA».
- [13] «Infoagro,» [En línea]. Available: [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_sustratos2.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.htm). [Último acceso: Mayo 2019].
- [14] D. J. J. Sevilla, «Planta Multipositos AAPAPROY».
- [15] J. Angel, «Informe de capacidad de producción AAPAPROY.,» 2018.
- [16] ELCOM, «[www.interempresas.net](http://www.interempresas.net),» [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Envase/FeriaVirtual/Producto-Ensacadoras-automaticas-Elocom-EP-400-600-1200-1500-48301.html>.
- [17] PAYPER, «[www.interempresas.net](http://www.interempresas.net),» [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Envase/FeriaVirtual/Escaparate-Payper-S-A-8994.html>.

- [18] Paglierani, «[www.paglierani.com](http://www.paglierani.com),» [En línea]. Available: <https://www.paglierani.com/es/productos/ensacadoras-automaticas-maquinas-ensacado-valvula/>.
- [19] ptchronos, «[www.ptchronos.com](http://www.ptchronos.com),» [En línea]. Available: <https://www.ptchronos.com/es-us/productos/ensacado>.
- [20] A. F. Galarza Bastidas, Interviewee, *Jefe de planta*. [Entrevista]. 20 Noviembre 2019.
- [21] TECHNIPES, «<http://www.technipes.com/>,» [En línea]. Available: <http://www.technipes.com/sp/m%C3%A1quinas/sacchi-a-bocca-aperta/l%C3%ADneas-cosedoras-semiautom%C3%A1ticas-pura/pesadora-ensacadoras-de-sacos-de-boca-abierta.html>.
- [22] CONCETTI, «[www.concetti.com](http://www.concetti.com),» [En línea]. Available: <https://www.concetti.com/es/productos/sistemas-de-ensacado-para-sacos-prefabricados/sistemas-de-ensacado-multifuncion-igf>.
- [23] CONCETTI, «[www.concetti.com](http://www.concetti.com),» [En línea]. Available: <https://www.concetti.com/es/productos/sistemas-de-ensacado-para-sacos-prefabricados/sistemas-de-ensacado-imf>.
- [24] C. PETERS, «[www.claudiuspeters.com](http://www.claudiuspeters.com),» [En línea]. Available: <http://www.claudiuspeters.com/es-ES/5132/pacpal-in-line-fill>.
- [25] B. GROUP, «BEUMER GROUP,» [En línea]. Available: <https://www.beumergroup.com/p/the-right-packaging/>. [Último acceso: Diciembre 2019].
- [26] 5. Electronica, «5Hertz Electronica,» [En línea]. Available: [https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial\\_id=3](https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=3).
- [27] «WIM Systems,» [En línea]. Available: <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga/celdas-de-carga-wlc-sx.php>.
- [28] «WIM Systems,» [En línea]. Available: <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga/celdas-de-carga-wlc-sp15hs.php>.
- [29] «WIM Systems,» [En línea]. Available: <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga/celdas-de-carga-wlc-st.php>.
- [30] E. Vildósola C, «1,» [En línea]. Available: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>. [Último acceso: Enero 2020].
- [31] e. p. y. consultoria, «[www.eadic.com](http://www.eadic.com),» [En línea]. Available: <https://www.eadic.com/que-funcion-cumplen-los-actuadores-neumaticos/>.
- [32] ECURED, «[www.ecured.cu](http://www.ecured.cu),» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Cilindro\\_hidr%C3%A1ulico](https://www.ecured.cu/Cilindro_hidr%C3%A1ulico).

- [33] «MACOSER,» [En línea]. Available: <http://www.macoserindustrial.com/productos/hamer-fischbein/cosedoras-de-sacos/cabzales-de-costura/cabzsal-de-costura-sencilla-modelo-100-serie-empres/>.
- [34] «MACOSER,» [En línea]. Available: <http://www.macoserindustrial.com/productos/hamer-fischbein/cosedoras-de-sacos/sistemas-de-costura/sistema-de-costura-simple-400-hp/>.
- [35] «MACOSER,» [En línea]. Available: <http://www.macoserindustrial.com/productos/hamer-fischbein/cosedoras-de-sacos/cabzales-de-costura/cabzsal-de-costura-sencilla-modelo-100-2/>.
- [36] J. Ángel, «Inventario AAPAPROY».
- [37] J. Angel, Interviewee, *Anpalisis comparativo de productos*. [Entrevista].
- [38] J. Ángel, «Informe visita técnica PRONACA».
- [39] I. Aguilar, «Lombricultura es favorable para el medio ambiente,» *El Tiempo - Diario de Cuenca*, 09 Septiembre 2019.
- [40] A. G. G. y. E. Técnico, *Establecimiento del FODA del proceso de ensacado*, Riobamba, 2019.
- [41] voestalpine, «[www.voestalpine.com](http://www.voestalpine.com),» [En línea]. Available: <https://www.voestalpine.com/highperformancemetals/ecuador/es/aceros-para-maquinaria-e-inoxidables/>.
- [42] DIPACManta, «[www.dipacmanta.co](http://www.dipacmanta.co),» [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/planchas-de-acero/antiabrasivas/plancha-antiabrasiva>.

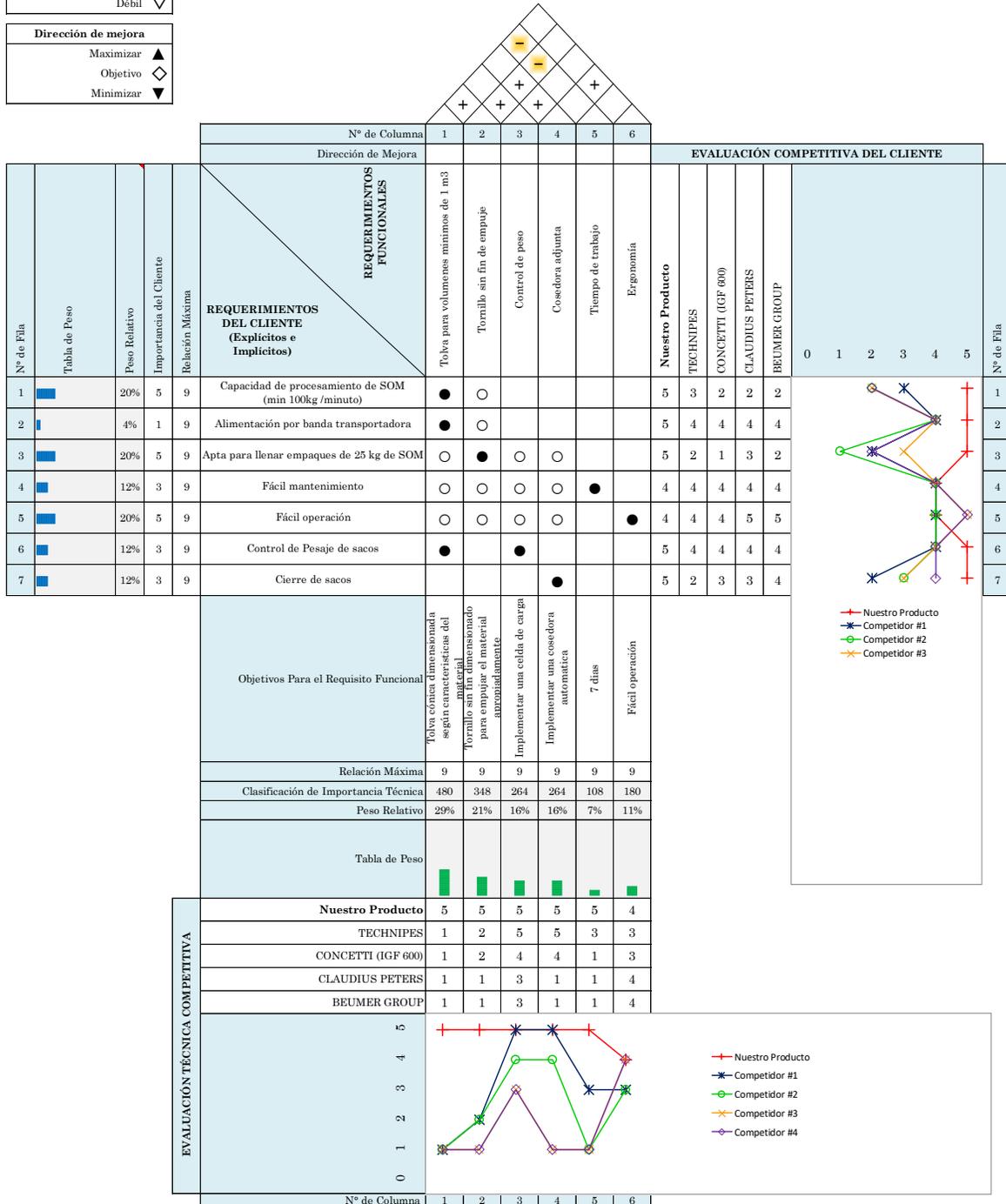
# ANEXOS

## Anexo 1 Matriz QFD

Correlaciones	
Positivo	+
Negativo	-
No Correlación	

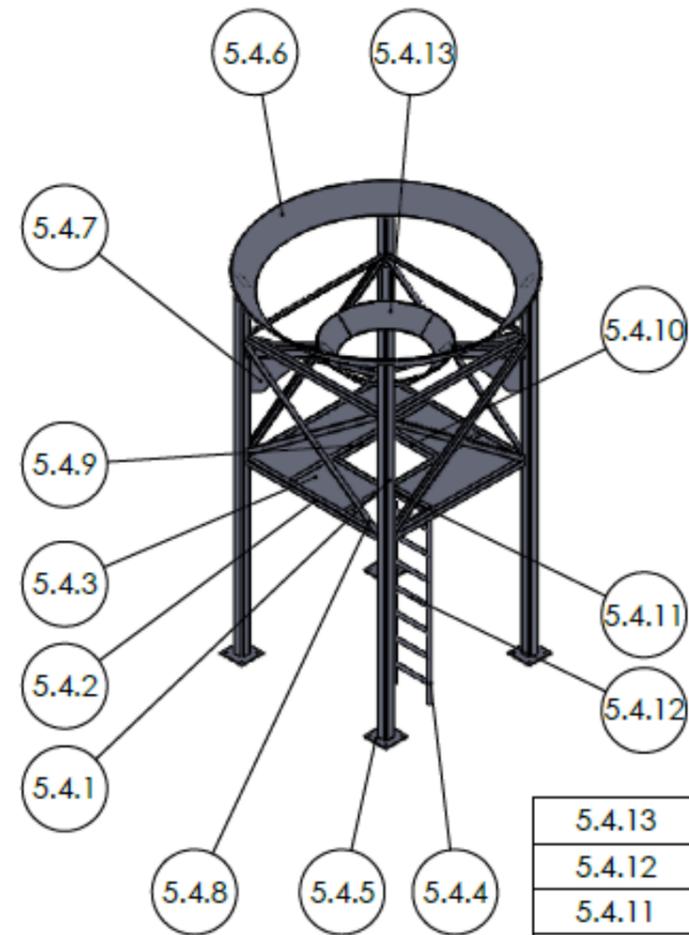
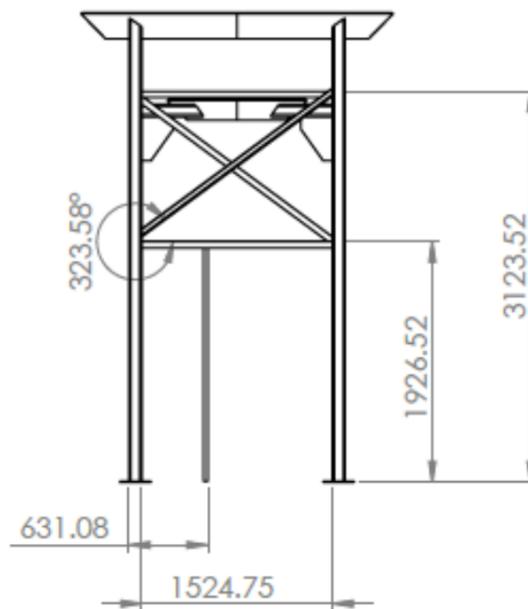
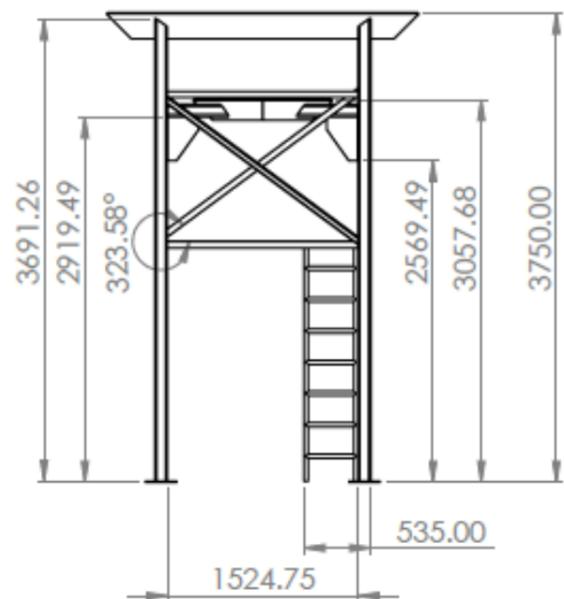
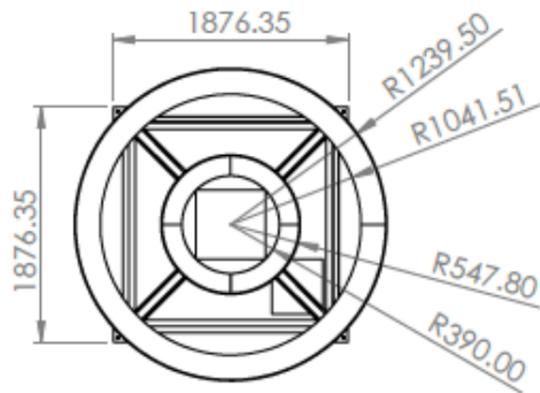
Relaciones	
Fuerte	●
Moderado	○
Débil	▽

Dirección de mejora	
Maximizar	▲
Objetivo	◇
Minimizar	▼



*Anexo 2 Planos Tolva*

*Anexo 3 Planos de Construcción*



5.4.13	Sheet	4	
5.4.12	PIPE S 40	7	400
5.4.11	L2x2x0.25	1	522.3
5.4.10	L2x2x0.25	2	556.3456
5.4.9	L2x2x0.25	2	1613.6456
5.4.8	L2x2x0.25	3	1932.36
5.4.7	PL 24 mm	4	
5.4.6	Sheet	1	
5.4.5	PL 5 mm	4	
5.4.4	PIPE S 40	2	1907.17
5.4.3	PL 3 mm	1	
5.4.2	L2x2x0.25	8	1524.7456
5.4.1	TS4x4x0.375	4	3695.3204
N.º DE ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	LONGITUD



FICA CIME

PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje

PARTE: estructura-suj-cono-01

CÓDIGO:

MATERIAL: ASTM A36

TRATAMIENTO:

RECUBRIMIENTO:

CANTIDAD:

DISEÑO X. Jaramillo

DIBUJO X. Jaramillo

REVISÓ Ing. D. Ojeda

APROBÓ Ing. D. Ojeda

ESCALA:

1:50

TOLERANCIA: ±

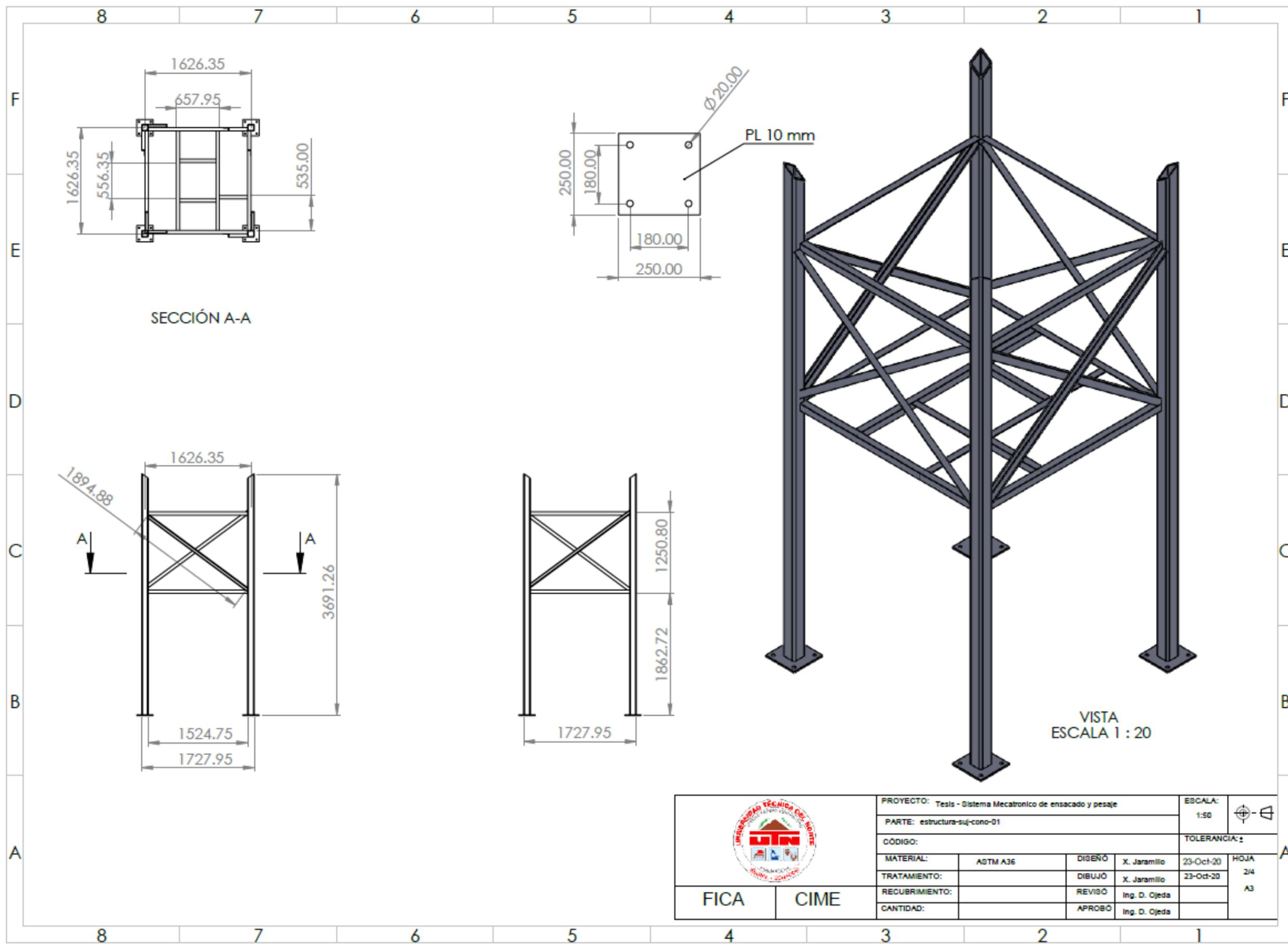
23-Oct-20

23-Oct-20

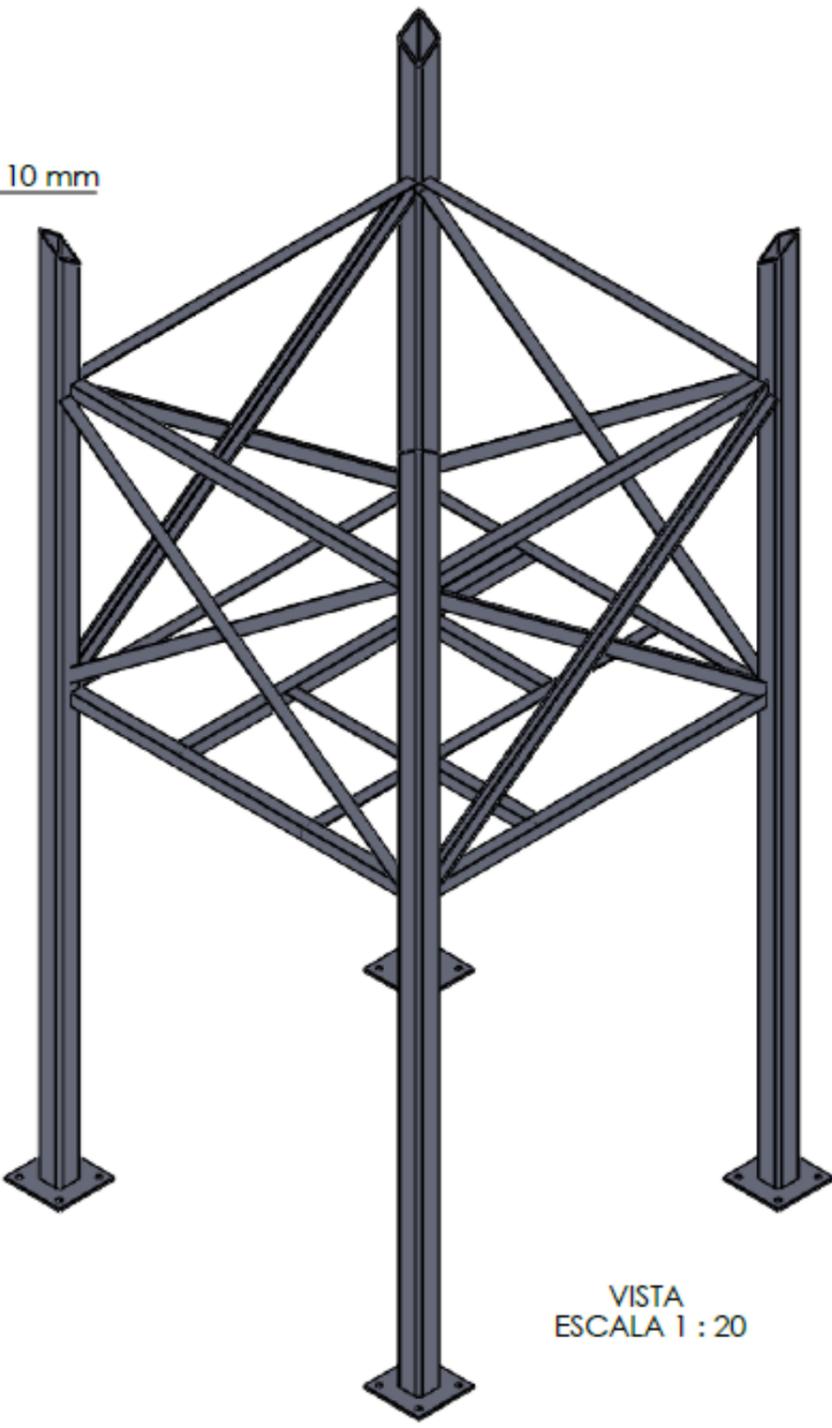
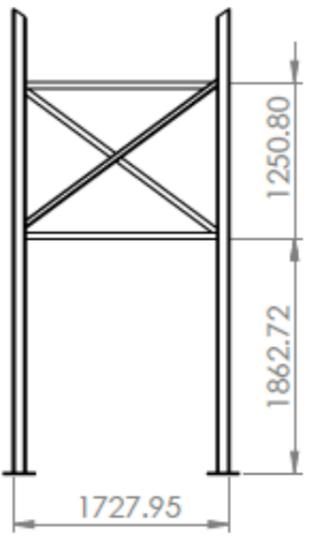
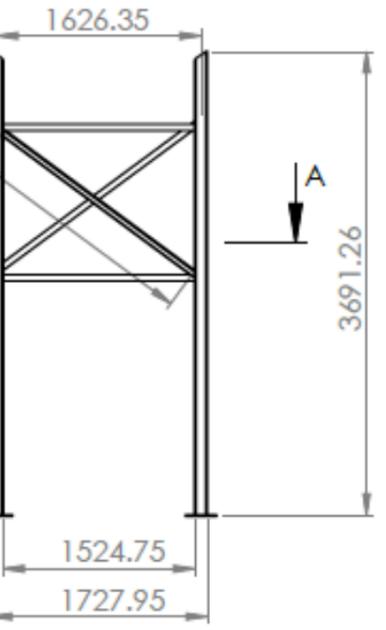
HOJA

1/4

A3



SECCIÓN A-A

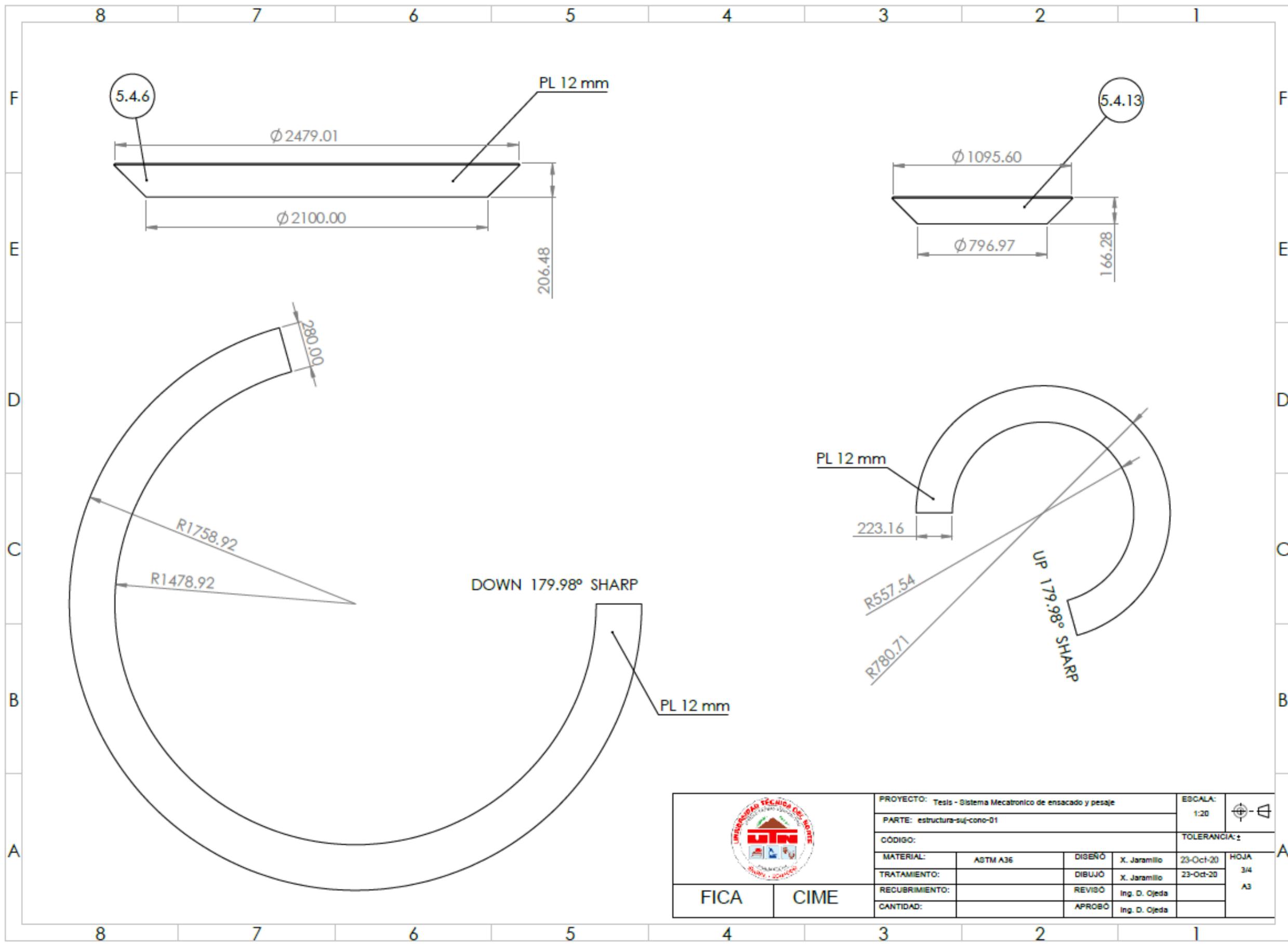


VISTA  
ESCALA 1 : 20

	PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje				ESCALA: 1:50	
	PARTE: estructura-suj-cono-01				TOLERANCIA: ±	
	CÓDIGO:					
	MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	HOJA 2/4
	TRATAMIENTO:		DIBUJO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	A3
RECUBRIMIENTO:		REVISO:	Ing. D. Ojeda			
CANTIDAD:		APROBO:	Ing. D. Ojeda			

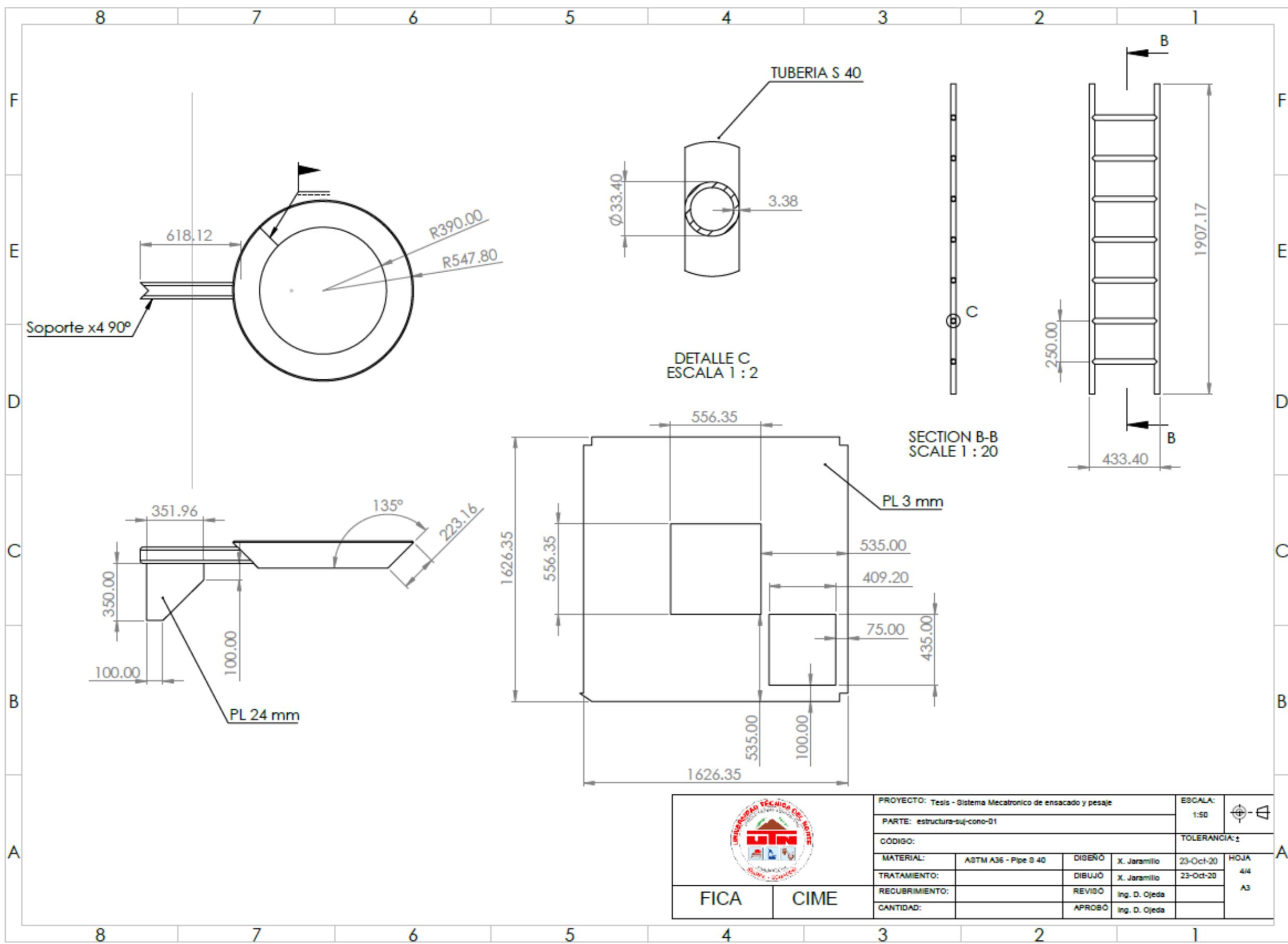
FICA

CIME



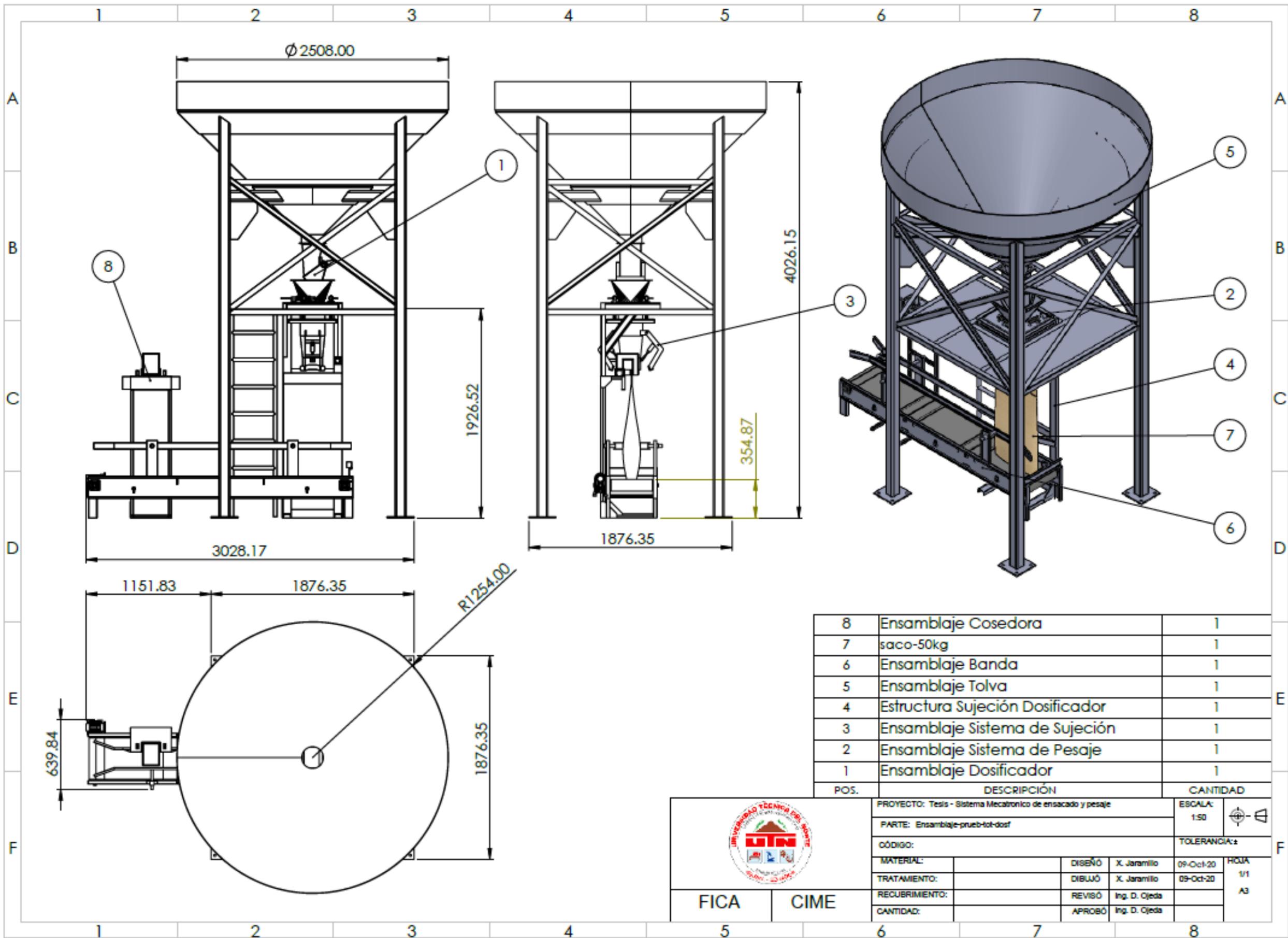
	PROYECTO: Tests - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje			ESCALA: 1:20	
	PARTE: estructura-suj-cono-01			TOLERANCIA: ±	
	CÓDIGO:			HOJA 3/4	
	MATERIAL: ASTM A36	DISEÑO: X. Jaramillo	23-Oct-20	A3	
	TRATAMIENTO:	DIBUJO: X. Jaramillo	23-Oct-20		
RECUBRIMIENTO:	REVISÓ: Ing. D. Ojeda				
CANTIDAD:	APROBÓ: Ing. D. Ojeda				

FICA CIME



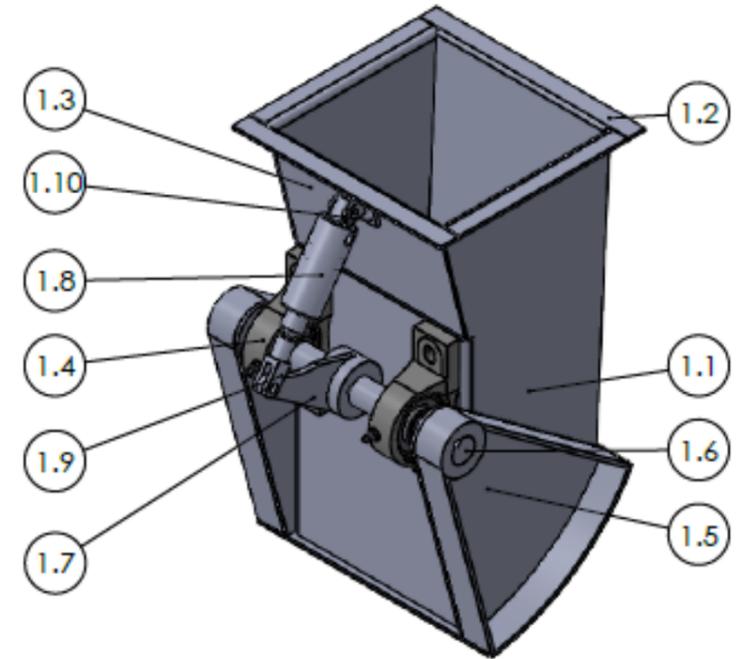
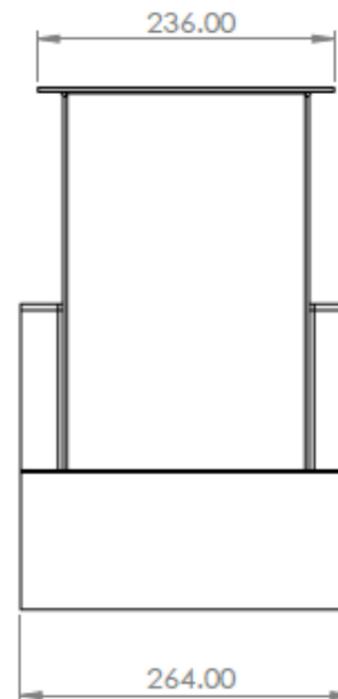
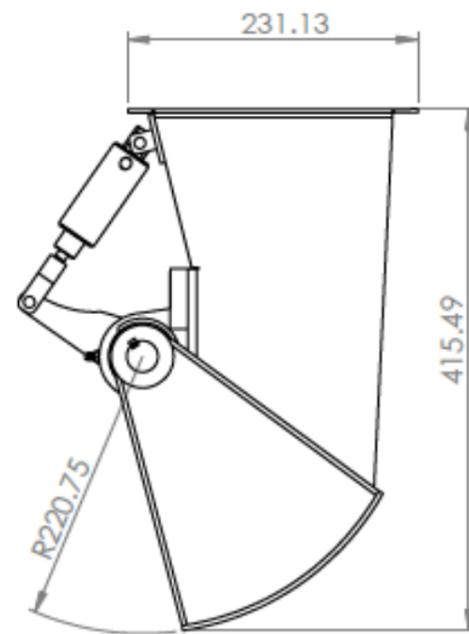
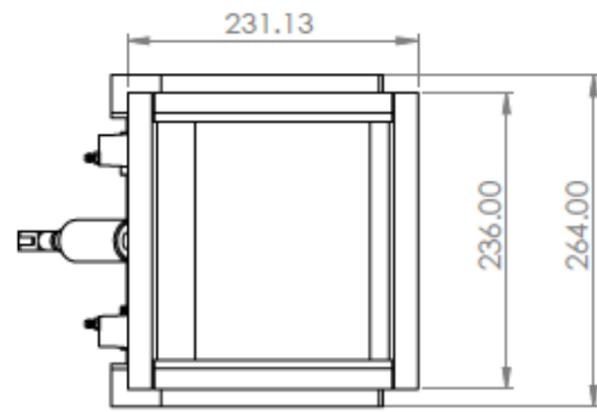
	PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje			ESCALA:		
	PARTE: estructura-suj-cono-01			1:50		
	CÓDIGO:			TOLERANCIA: ±		
	MATERIAL:	ASTM A36 - Pipe S 40	DISEÑO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	HOJA
	TRATAMIENTO:		DIBUJO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	4/4
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ:	Ing. D. Ojeda		A3	
CANTIDAD:		APROBÓ:	Ing. D. Ojeda			

FICA CIME



POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
8	Ensamblaje Cosedora	1
7	saco-50kg	1
6	Ensamblaje Banda	1
5	Ensamblaje Tolva	1
4	Estructura Sujeción Dosificador	1
3	Ensamblaje Sistema de Sujeción	1
2	Ensamblaje Sistema de Pesaje	1
1	Ensamblaje Dosificador	1

		PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje		ESCALA:	
		PARTE: Ensamblaje-prueb-tol-dosif		1:50	
FICA		CIME		TOLERANCIA: ±	
MATERIAL:		DISEÑO	X. Jaramillo	09-Oct-20	HOJA 1/1 A3
TRATAMIENTO:		DIBUJO	X. Jaramillo	09-Oct-20	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ	Ing. D. Ojeda		
CANTIDAD:		APROBÓ	Ing. D. Ojeda		



1.10	base-cil-compu-01	1	
1.9	usr-20-1_4_02	1	
1.8	usr-20-1_4_01	1	Desplazamiento 25 mm
1.7	palanca-neum-elej-comp	1	
1.6	eje-comp-chv-neum-trans-01	1	
1.5	comp-gir-act-neu-01	1	
1.4	ucpv_205_ss	2	
1.3	comp-dos-chap-04	1	
1.2	comp-dos-chap-03	1	
1.1	comp-dos-chap-01	1	
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	//OBSERVACIÓN



PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje

ESCALA:  
1:5

PARTE: Ensamblaje-part-dos-pes-01

CÓDIGO:

TOLERANCIA: ±

MATERIAL:

ASTM A36

DISEÑO

X. Jaramillo

19-Oct-20

TRATAMIENTO:

DIBUJÓ

X. Jaramillo

19-Oct-20

RECUBRIMIENTO:

REVISÓ

Ing. D. Ojeda

CANTIDAD:

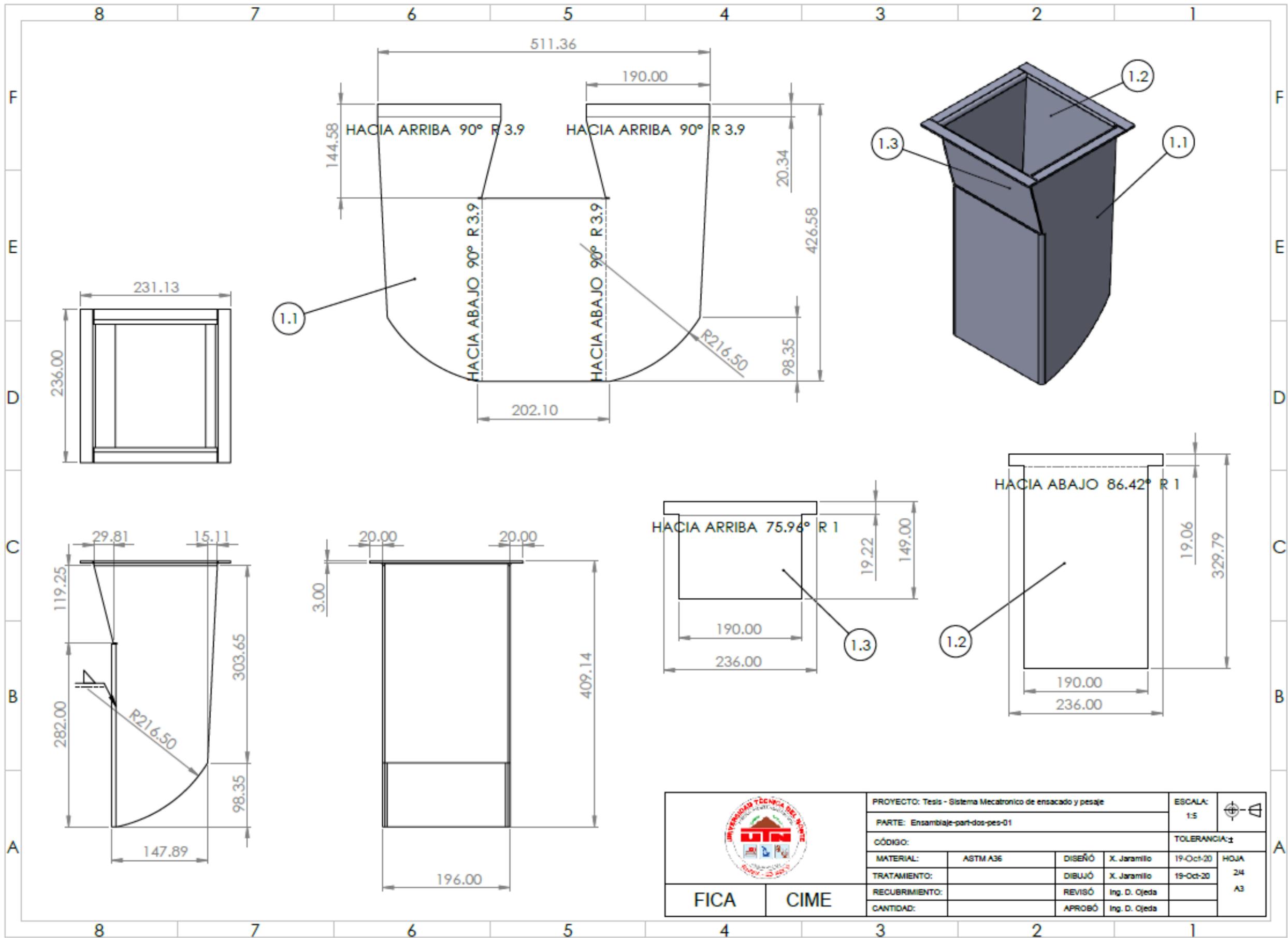
APROBÓ

Ing. D. Ojeda

FICA

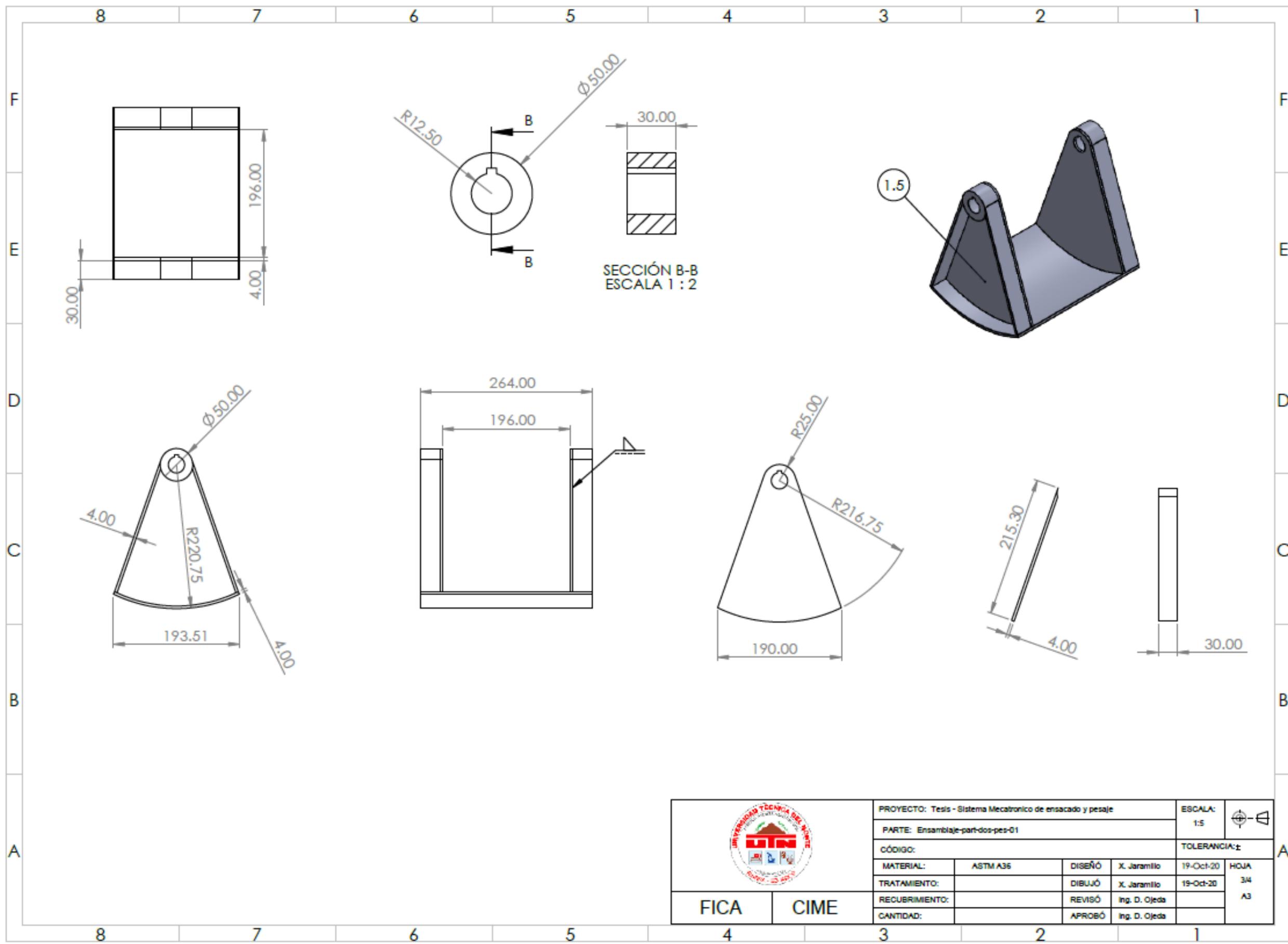
CIME

HOJA  
14  
A3



				PROYECTO: Tests - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje		ESCALA: 1:5	
				PARTE: Ensamblaje-part-dos-pes-01		TOLERANCIA: ±	
CÓDIGO:		DISEÑO: X. Jaramilo		19-Oct-20	HOJA 24		
MATERIAL: ASTM A36		DIBUJO: X. Jaramilo		19-Oct-20	A3		
TRATAMIENTO:		REVISÓ: Ing. D. Ojeda					
RECUBRIMIENTO:		APROBÓ: Ing. D. Ojeda					
CANTIDAD:							

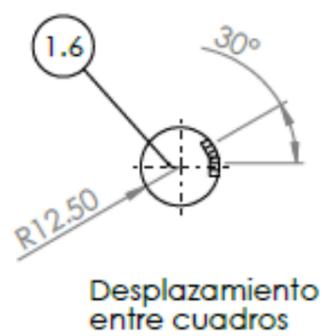
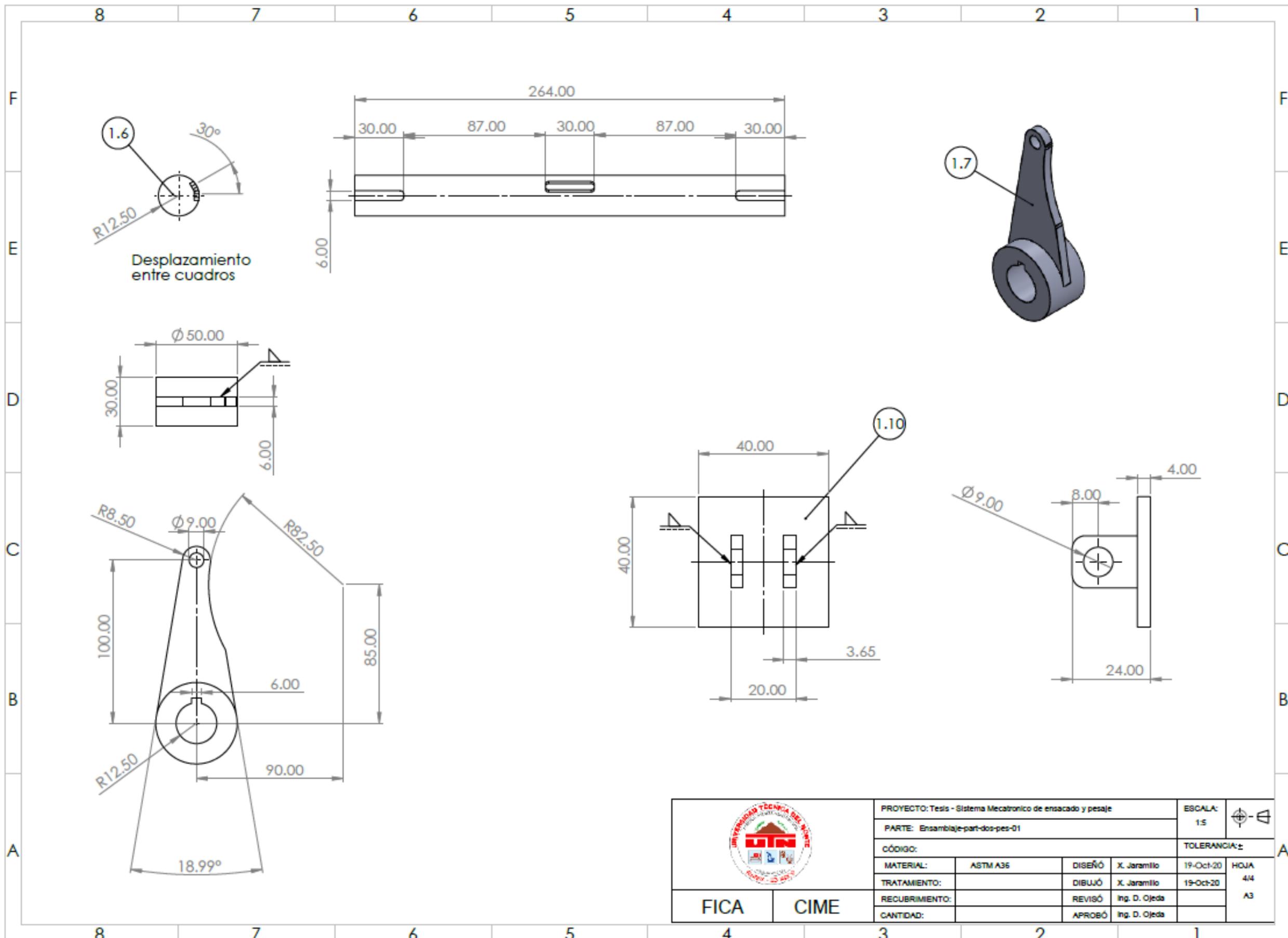
FICA CIME



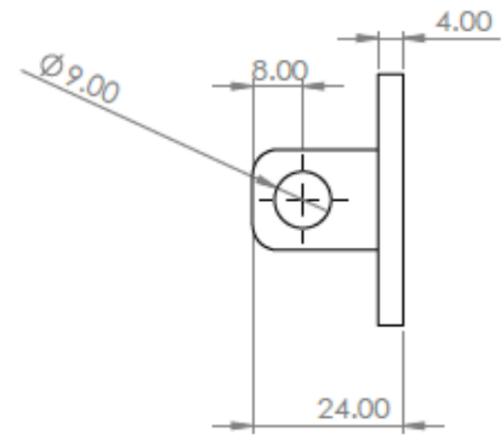
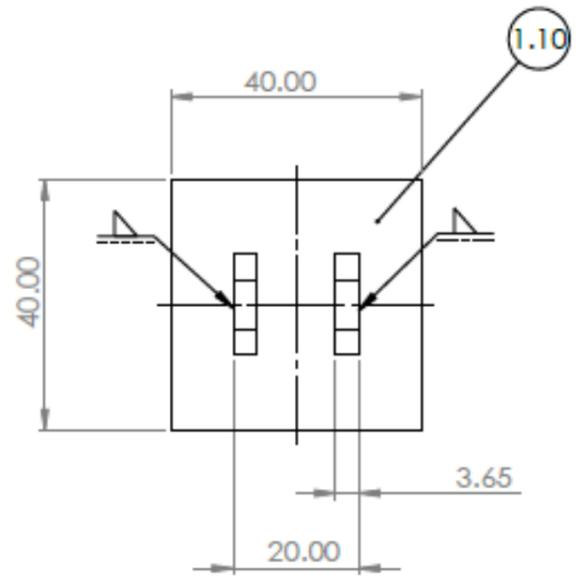
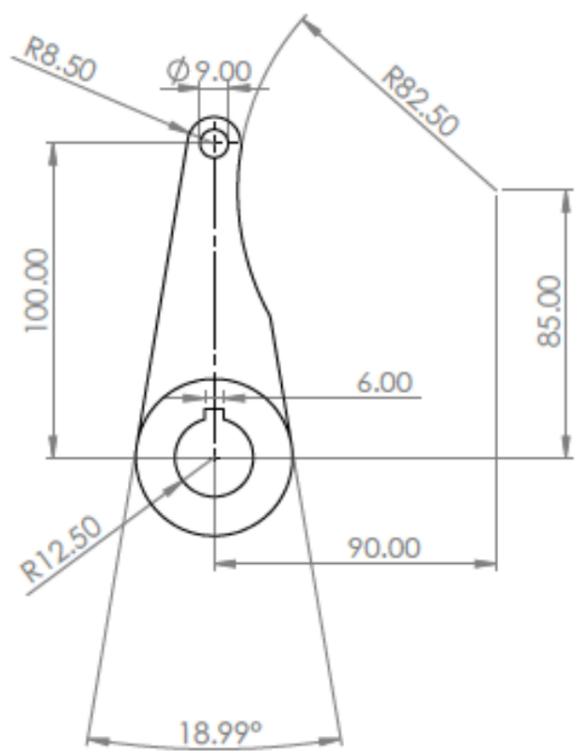
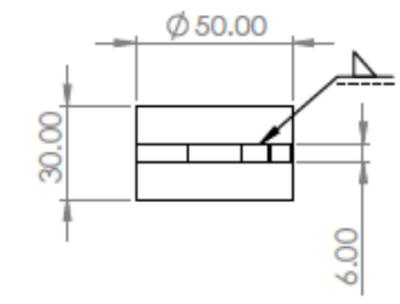
	PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje				ESCALA: 1:5	
	PARTE: Ensamblaje-part-dos-pes-01				TOLERANCIA: ±	
	CÓDIGO:				HOJA	34 A3
	MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO:	X. Jaramillo	19-Oct-20	
	TRATAMIENTO:		DIBUJO:	X. Jaramillo	19-Oct-20	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ:	Ing. D. Ojeda			
CANTIDAD:		APROBÓ:	Ing. D. Ojeda			

FICA

CIME



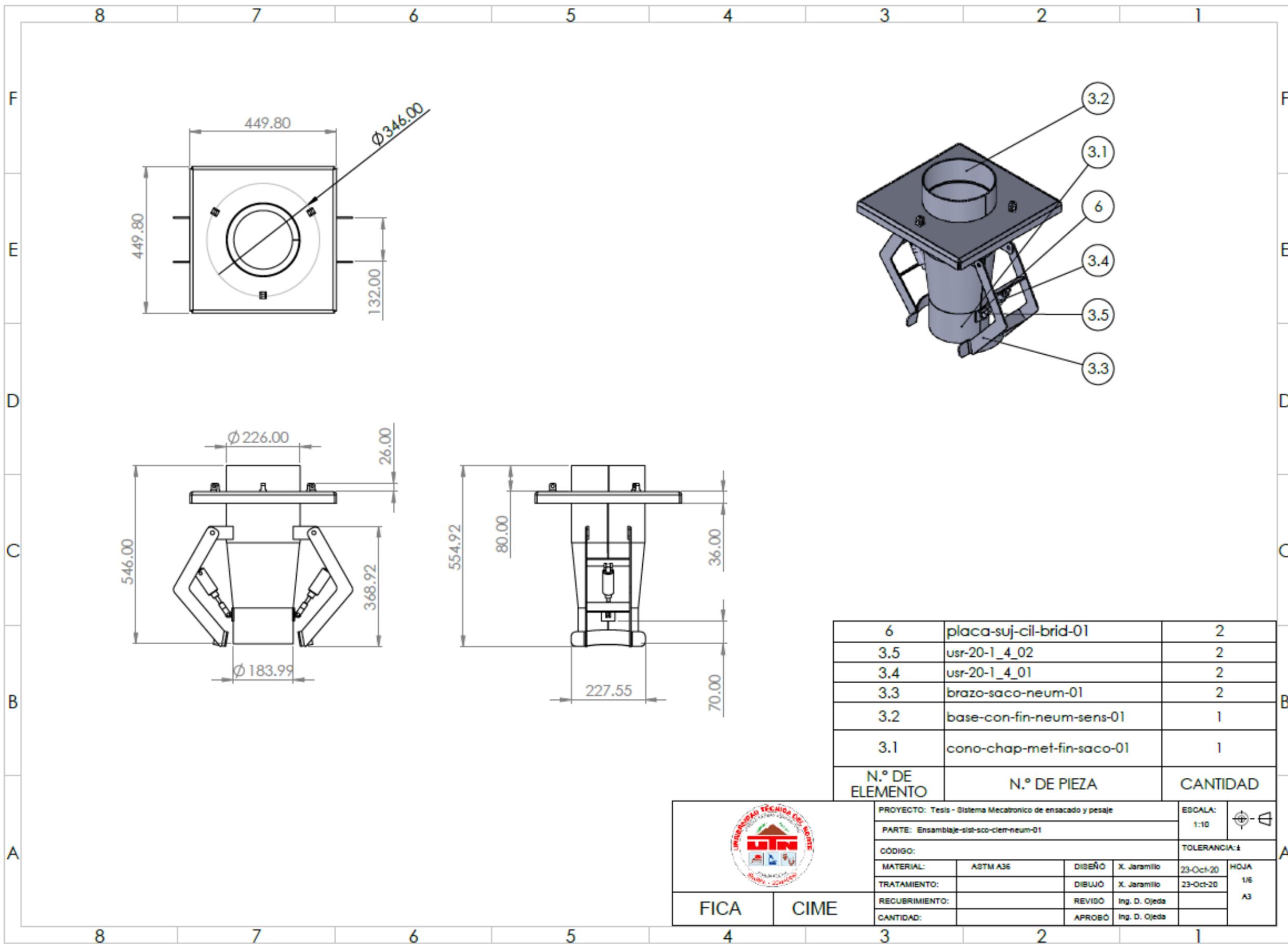
Desplazamiento  
entre cuadros



	PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje				ESCALA:	
	PARTE: Ensamblaje-part-dos-pes-01				1:5	
	CÓDIGO:				TOLERANCIA: ±	
	MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO:	X. Jaramilo	19-Oct-20	HOJA 4/4 A3
	TRATAMIENTO:		DIBUJO:	X. Jaramilo	19-Oct-20	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ:	Ing. D. Ojeda			
CANTIDAD:		APROBÓ:	Ing. D. Ojeda			

FICA CIME

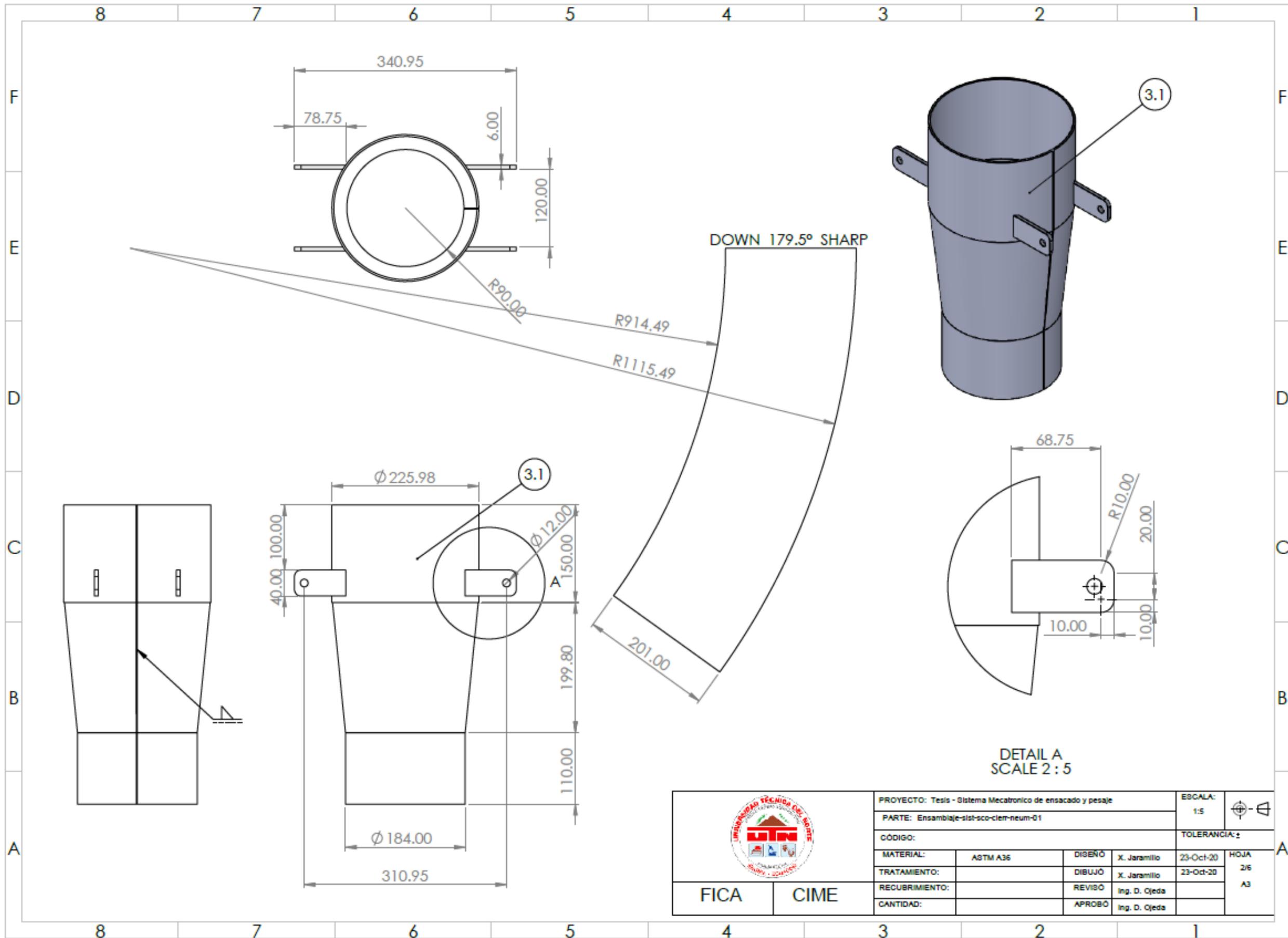




6	placa-suj-cil-brid-01	2
3.5	usr-20-1_4_02	2
3.4	usr-20-1_4_01	2
3.3	brazo-saco-neum-01	2
3.2	base-con-fin-neum-sens-01	1
3.1	cono-chap-met-fin-saco-01	1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD

				PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje		ESCALA: 1:10	
				PARTE: Ensamblaje-sist-sco-cler-neum-01		TOLERANCIA: ±	
MATERIAL: ASTM A36		DISEÑO: X. Jaramillo	23-Oct-20	HOJA 1/6			
TRATAMIENTO:		DIBUJO: X. Jaramillo	23-Oct-20	A3			
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ: Ing. D. Ojeda					
CANTIDAD:		APROBÓ: Ing. D. Ojeda					

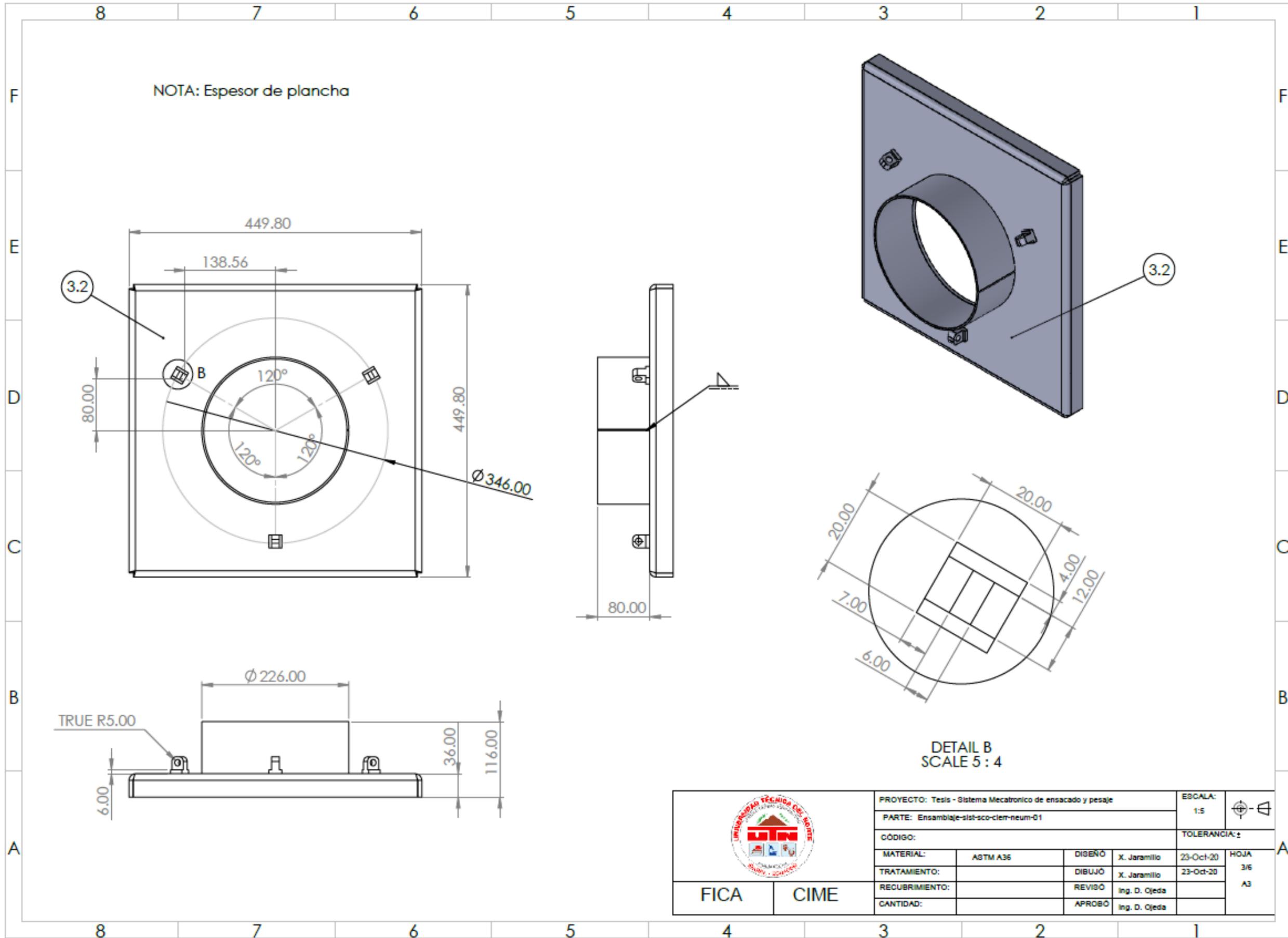
FICA CIME



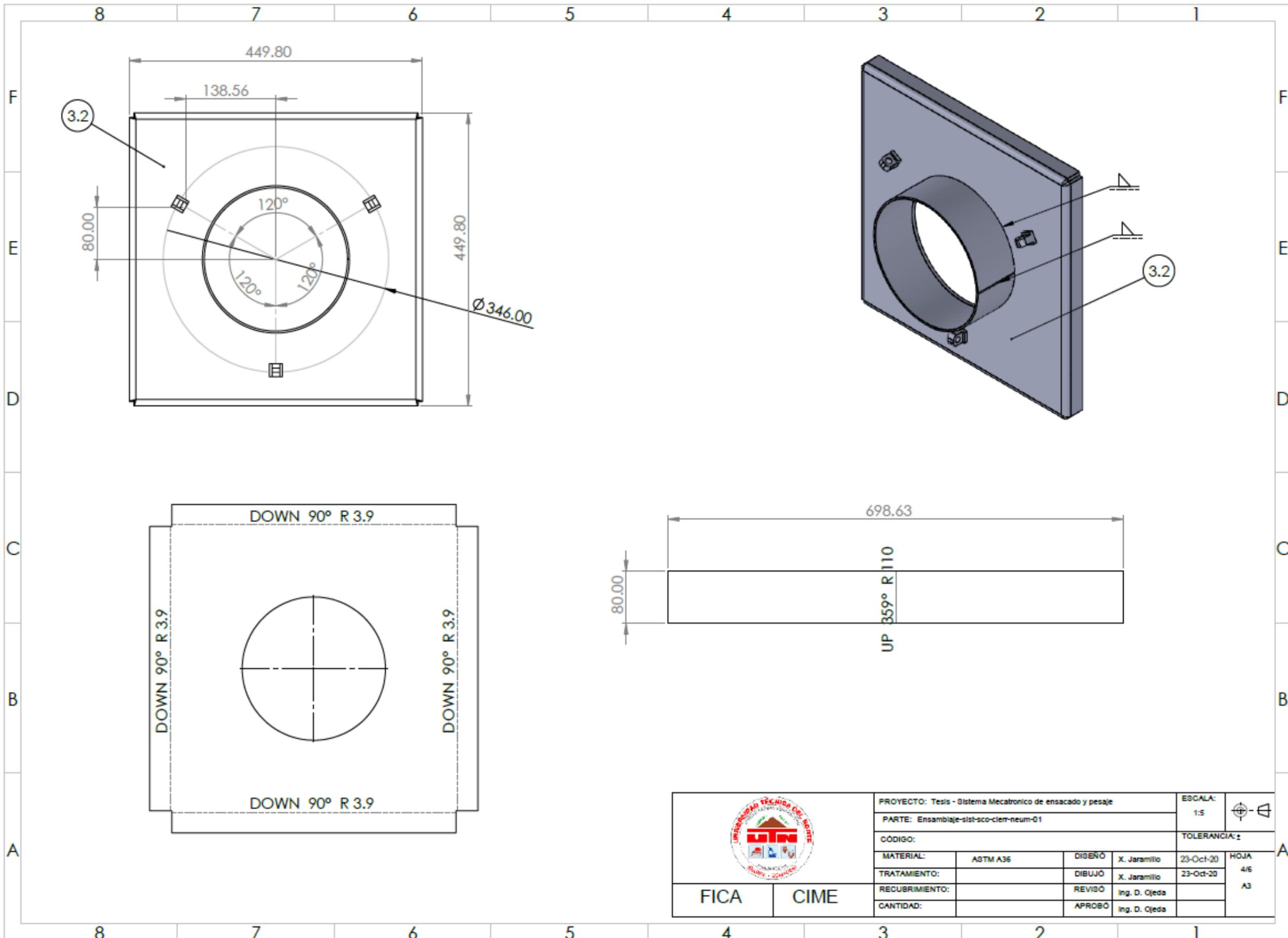
DETAIL A  
SCALE 2 : 5

		PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje			ESCALA:	
		PARTE: Ensamblaje-sist-sco-clem-neum-01			1:5	
		CÓDIGO:			TOLERANCIA: z	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	HOJA	
TRATAMIENTO:		DIBUJO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	2/6	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ:	Ing. D. Cjeda		A3	
CANTIDAD:		APROBÓ:	Ing. D. Cjeda			

FICA CIME

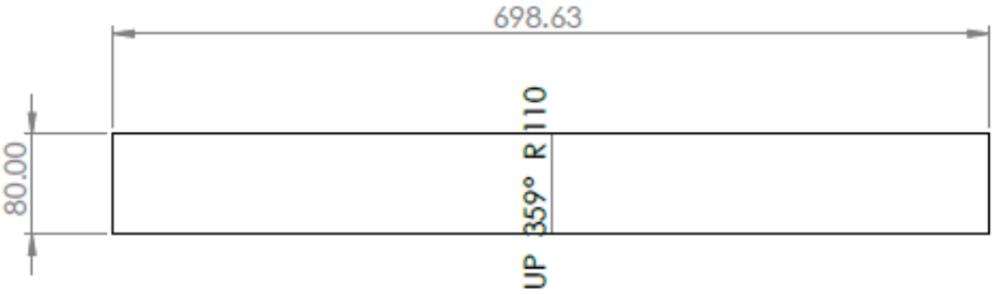
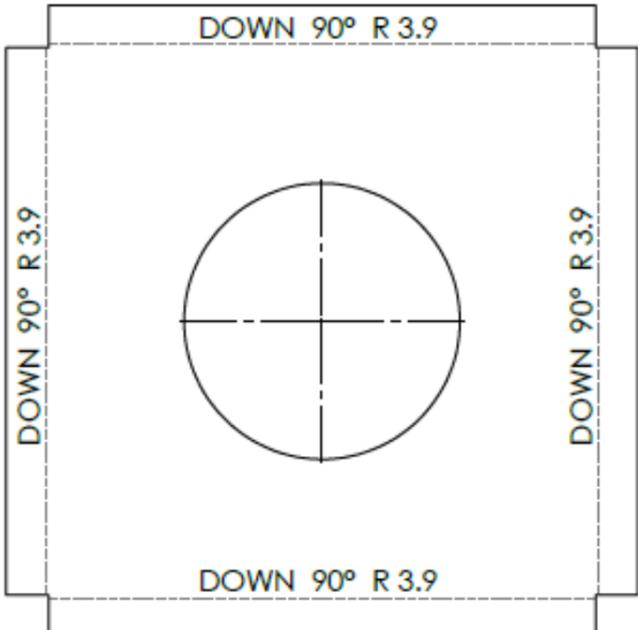


		PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje			ESCALA: 1:5
		PARTE: Ensamblaje-sist-sco-clem-neum-01			TOLERANCIA: z
CÓDIGO:					HOJA 3/6
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	A3
TRATAMIENTO:		DIBUJO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ:	Ing. D. Cjeda		
CANTIDAD:		APROBÓ:	Ing. D. Cjeda		
FICA	CIME				



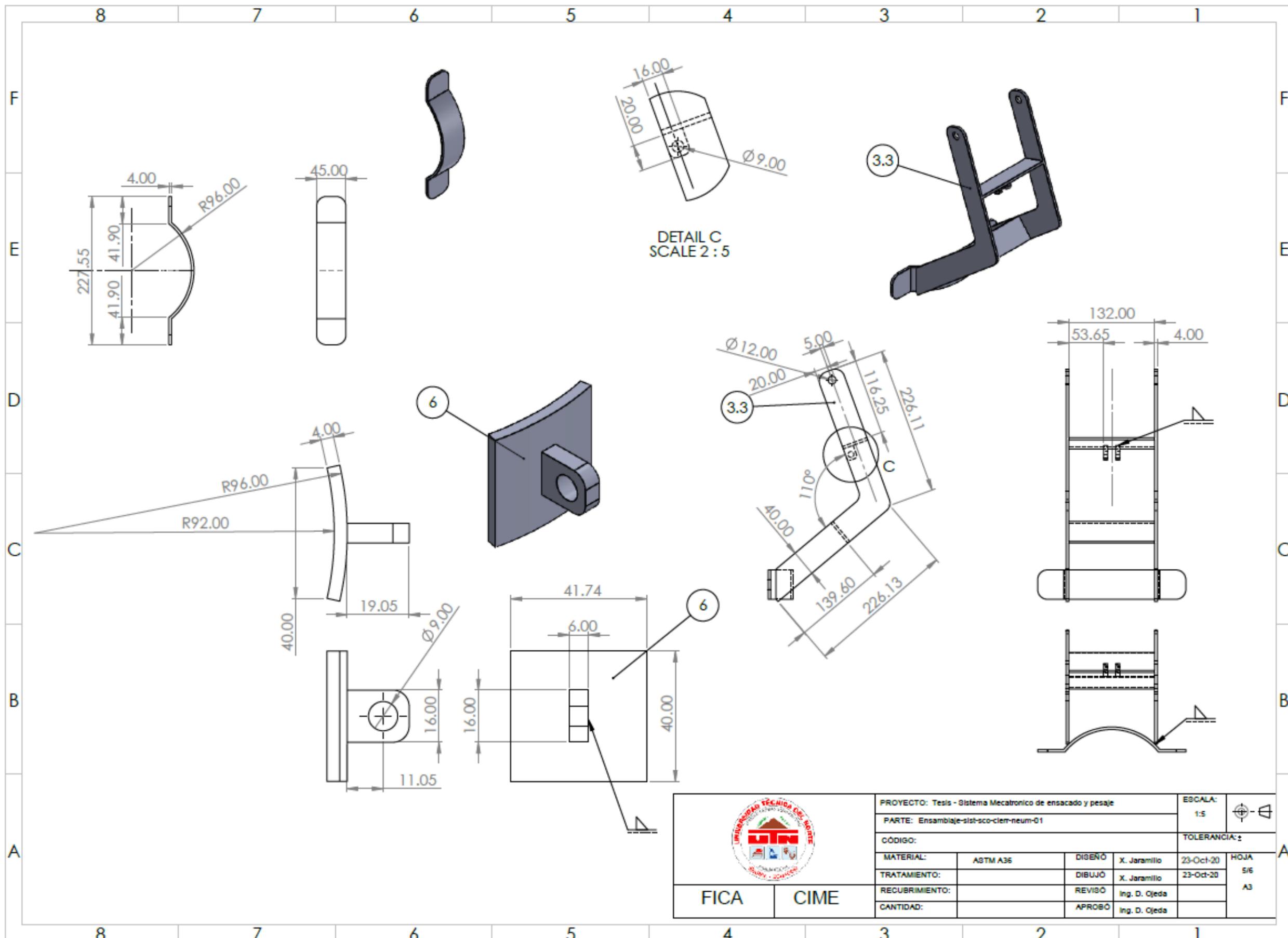
3.2

3.2



PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje				ESCALA:	
PARTE: Ensamblaje-sist-sco-clem-neum-01				1:5	
CÓDIGO:				TOLERANCIA: ±	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	HOJA 4/6 A3
TRATAMIENTO:		DIBUJO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ:	Ing. D. Ojeda		
CANTIDAD:		APROBÓ:	Ing. D. Ojeda		

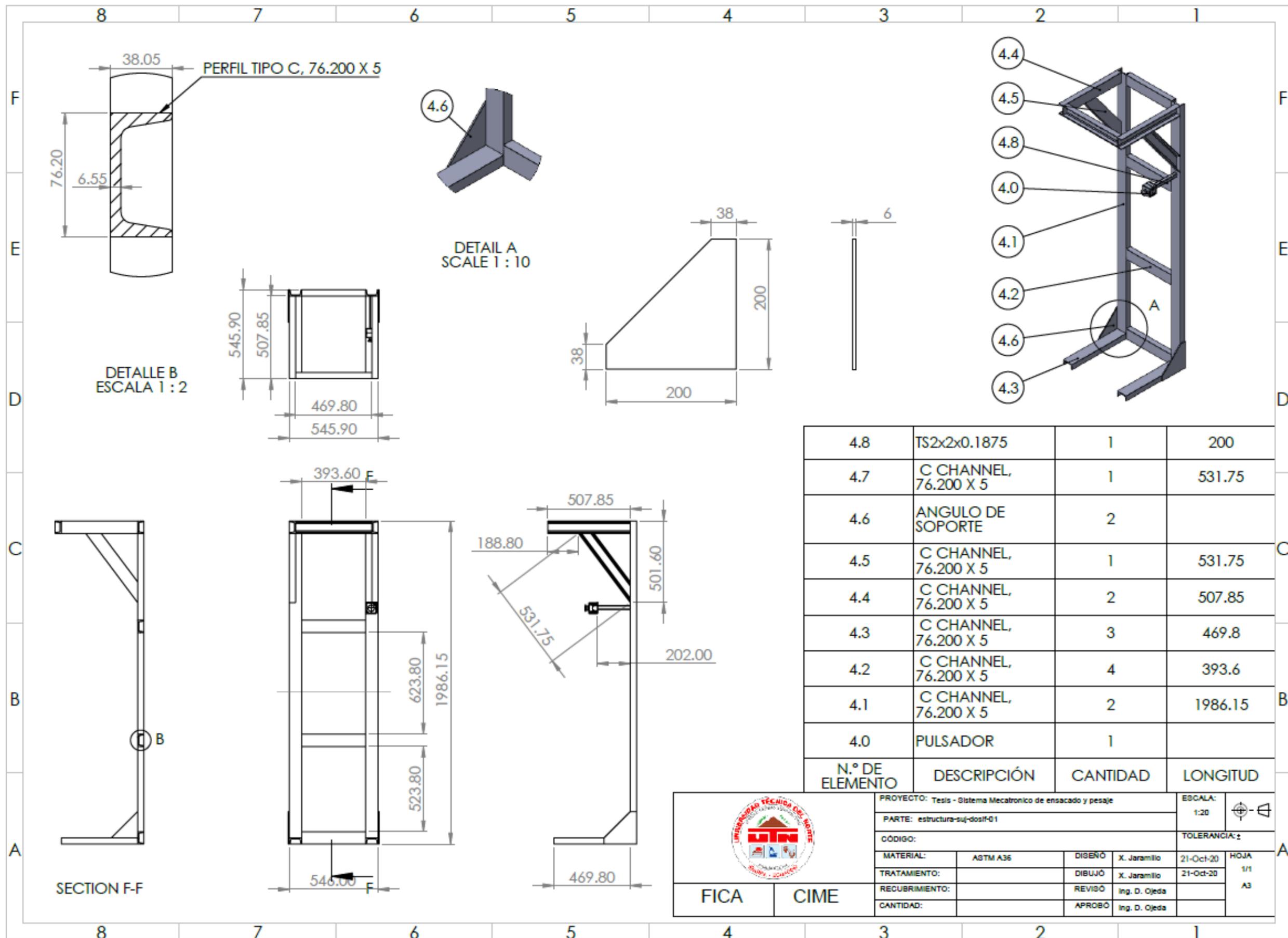
FICA CIME

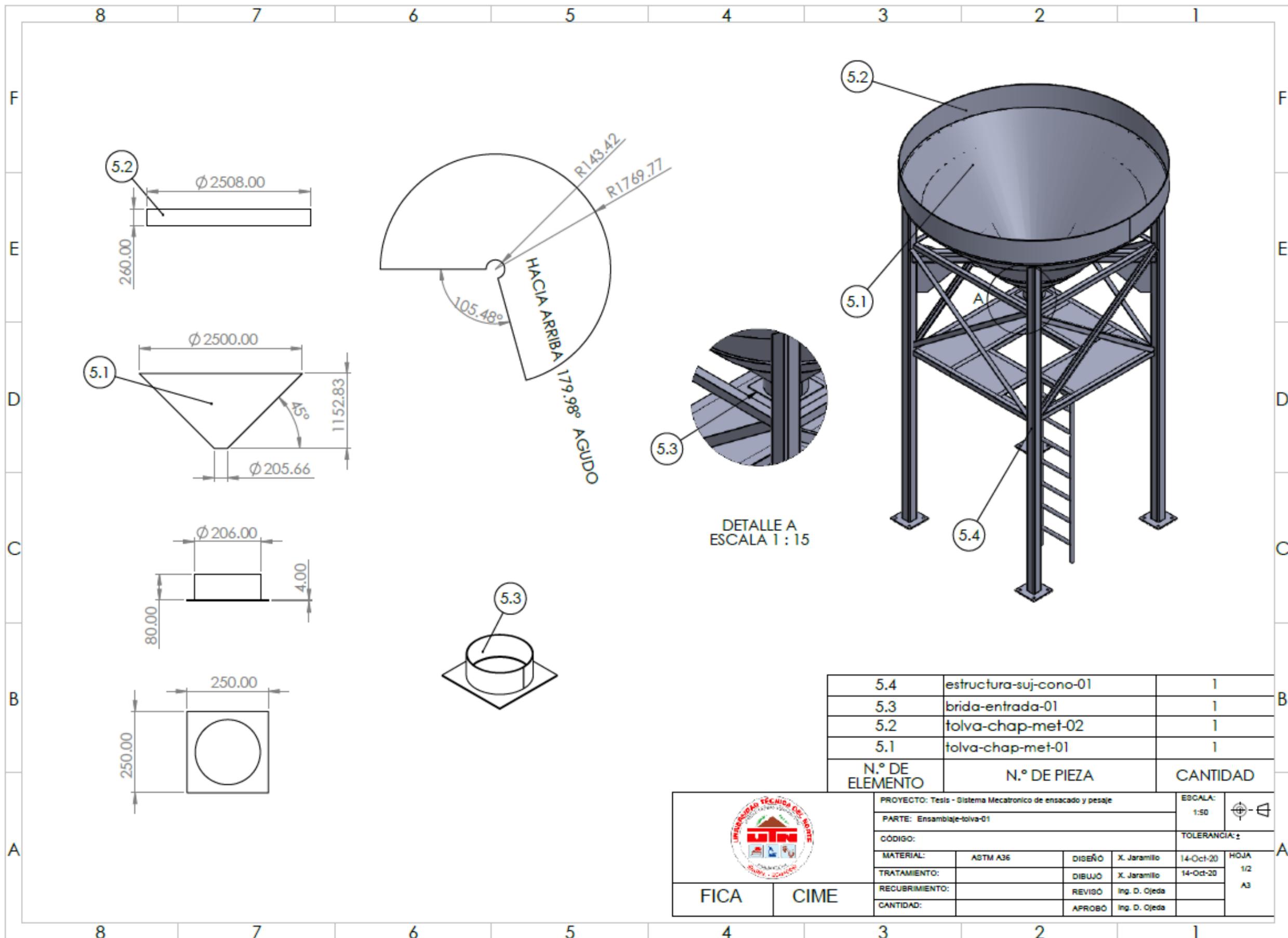


				PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje		ESCALA: 1:5
				PARTE: Ensamblaje-sist-sco-ciern-neum-01		
CÓDIGO:				TOLERANCIA: ±		
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	HOJA 5/6	
TRATAMIENTO:		DIBUJO:	X. Jaramillo	23-Oct-20	A3	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ:	Ing. D. Ojeda			
CANTIDAD:		APROBO:	Ing. D. Ojeda			

FICA

CIME

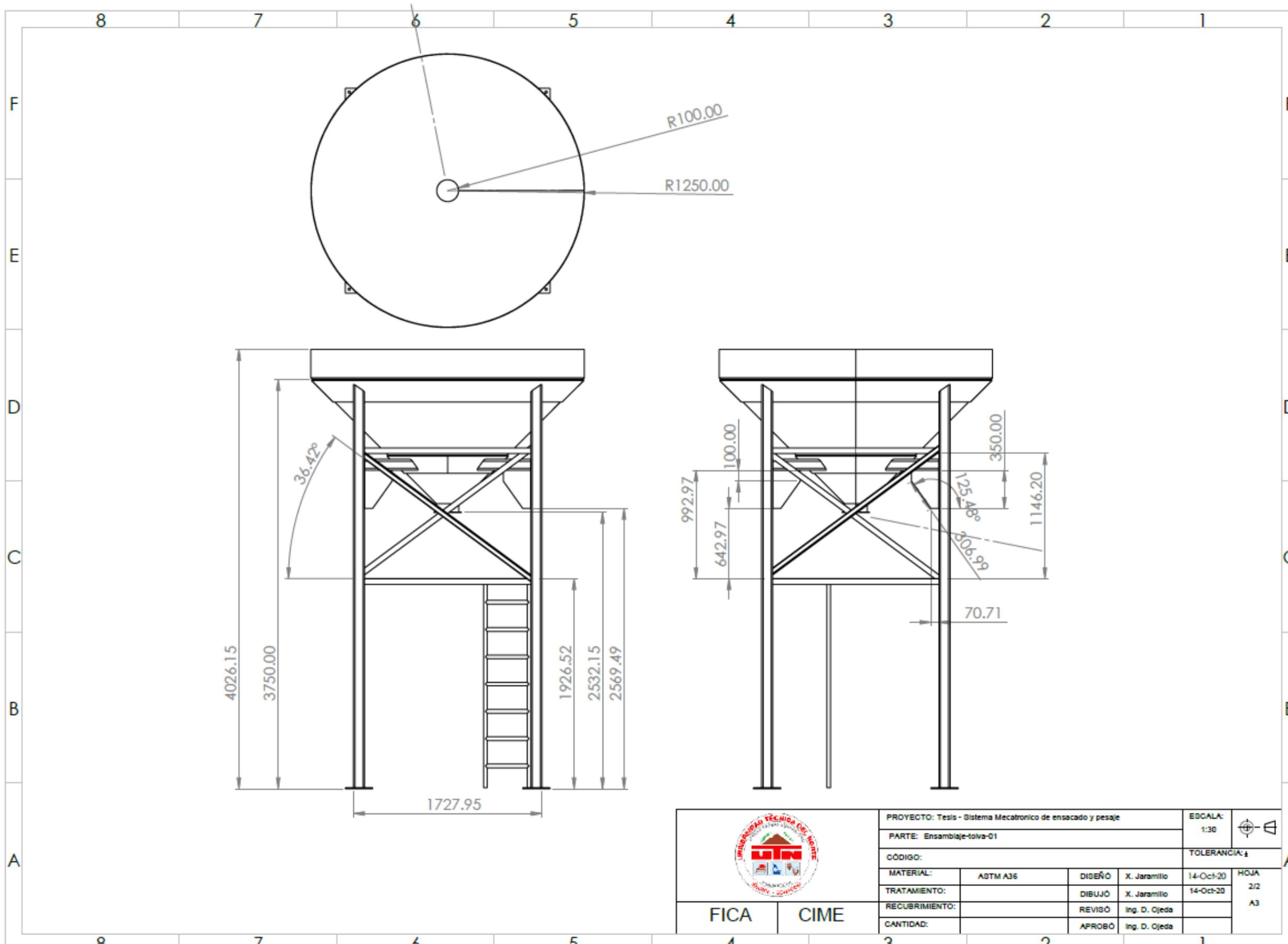




N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
5.4	estructura-suj-cono-01	1
5.3	brida-entrada-01	1
5.2	tolva-chap-met-02	1
5.1	tolva-chap-met-01	1

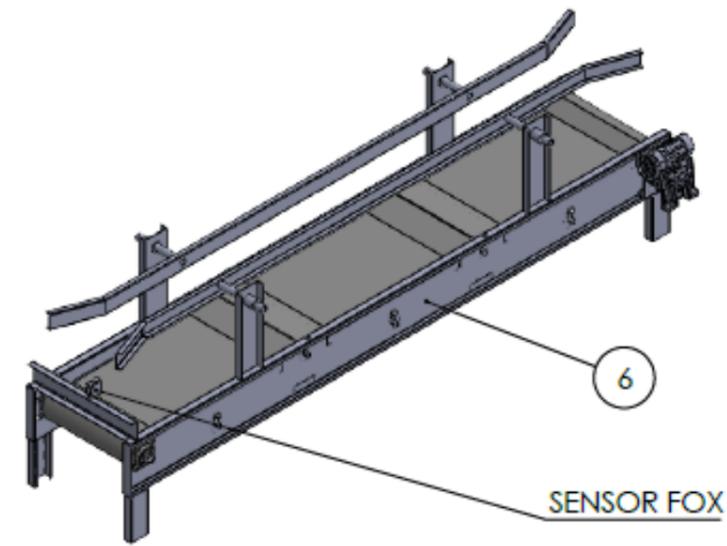
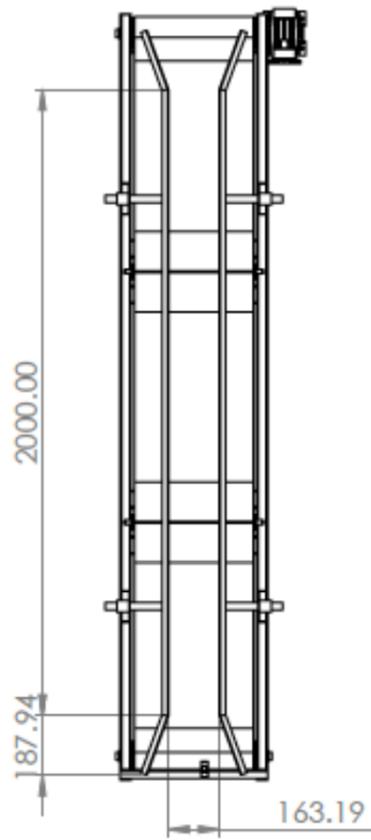
	PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje			ESCALA:		
	PARTE: Ensamblaje-tolva-01			1:50		
	CÓDIGO:			TOLERANCIA: ±	HOJA 1/2 A3	
	MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	X. Jaramillo		14-Oct-20
	TRATAMIENTO:		DIBUJO	X. Jaramillo		14-Oct-20
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ	Ing. D. Ojeda			
CANTIDAD:		APROBO	Ing. D. Ojeda			

FICA CIME



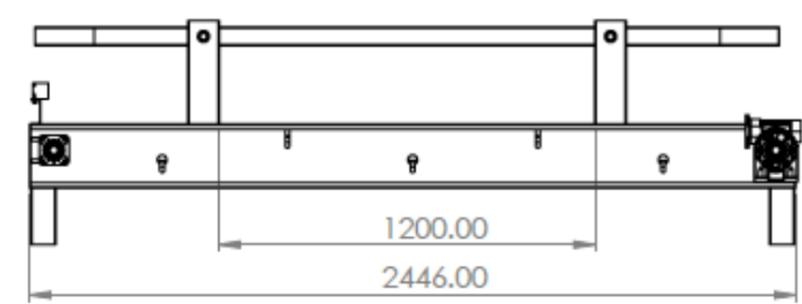
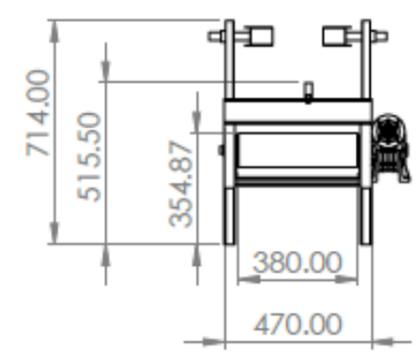
	PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje			ESCALA:		
	PARTE: Ensamblaje-tolva-01			1:30		
	CÓDIGO:			TOLERANCIA: ±		
	MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	X. Jaramillo	14-Oct-20	HOJA
	TRATAMIENTO:		DIBUJO	X. Jaramillo	14-Oct-20	2/2
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ	Ing. D. Ojeda		A3	
CANTIDAD:		APROBO	Ing. D. Ojeda			

FICA CIME



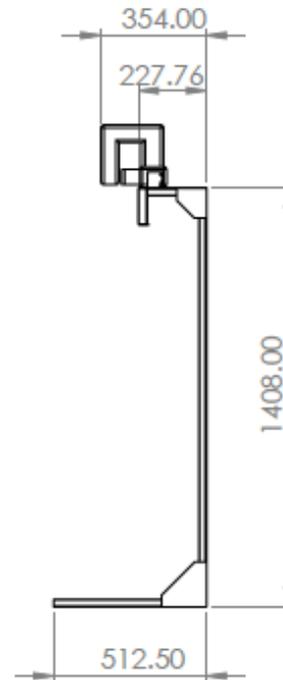
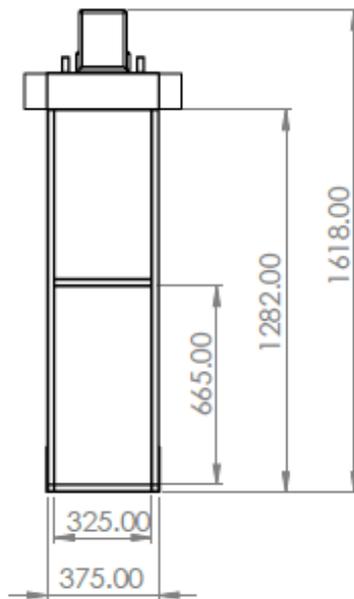
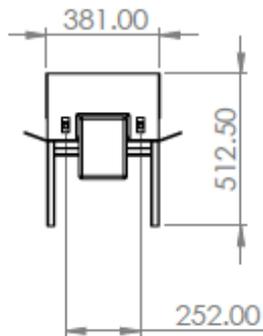
SENSOR FOX

NOTA: Plano referencial de la banda transportadora propiedad de la empresa auspiciante



		PROYECTO: Tests - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje			ESCALA: 1:20	
		PARTE: Ensamblaje-banda-01			TOLERANCIA: ±	
FICA		CIME		CÓDIGO:		
		MATERIAL: ASTM A36	DISEÑO: X. Jaramillo	14-Oct-20	HOJA 1/1	
		TRATAMIENTO:	DIBUJO: X. Jaramillo	14-Oct-20	A3	
		RECUBRIMIENTO:	REVISÓ: Ing. D. Ojeda			
		CANTIDAD:	APROBÓ: Ing. D. Ojeda			

NOTA: Modelo referencial,  
maquina sugerida modelo  
100 serie Empress o similares



PROYECTO: Tesis - Sistema Mecatronico de ensacado y pesaje				ESCALA:	
PARTE: Ensamblaje-cosedora-sensor-01				1:20	
CÓDIGO:				TOLERANCIA: ±	
MATERIAL:	ASTM A36	DISEÑO	X. Jaramillo	19-Oct-20	HOJA 1/1 A4
TRATAMIENTO:		DIBUJO	X. Jaramillo	19-Oct-20	
RECUBRIMIENTO:		REVISÓ	Ing. D. Ojeda		
CANTIDAD:		APROBO	Ing. D. Ojeda		

FICA

CIME