

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN PROTOTIPO DE EQUIPO
PARA EL PROCESAMIENTO TERMODINÁMICO DE BAJO
COSTO EN RECICLADOS PLÁSTICOS Y DESECHOS
AGROINDUSTRIALES”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Flavio Arturo Ramos Ollague

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a toda mi familia por el apoyo incondicional en todo momento de mi carrera. A mis padres por enseñarme el valor del trabajo honesto, a mis hermanos por cariño eterno durante toda mi vida y a mi pareja por sus palabras de aliento desde el día que la conocí.

AGRADECIMIENTOS

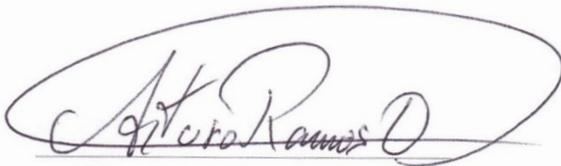
Mi más sincero agradecimiento al laboratorio de evaluación de materiales y laboratorio de plásticos situados en la facultad de ingeniería mecánica y ciencias de la producción.

De igual forma a todos los profesores que pude conocer en mi trayectoria universitaria, cada enseñanza y experiencia han quedado grabadas en la memoria.

A mi excepcional grupo humano de trabajo, que, sin ellos, no se hubiera podido materializar el trabajo propuesto en este documento.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Flavio Arturo Ramos Ollague* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

A handwritten signature in black ink, enclosed in a large, loopy oval. The signature appears to read 'Flavio Arturo Ramos Ollague'.

Flavio Arturo Ramos Ollague

EVALUADORES

M.Sc. Andrea Boero V.

PROFESORA DE LA MATERIA

M.Sc. Cesar Perugachi B.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El mal tratamiento post uso de los materiales derivados del petróleo como plásticos y aceites, generan gran contaminación en suelo y depósitos de agua, estos a su vez, convirtiéndose en macroplásticos y microplásticos que aportan significativamente en la gran polución de suelos y depósitos de agua. Se procedió a realizar pruebas en equipos de laboratorio para obtener curvas de torques versus tiempos en mezclas de plástico con aceite, esto para determinar las potencias necesarias para fusionar los materiales. Generando, con un aporte de calor un nuevo tipo de material como un producto final, dando así más tiempo de vida a los mismos. Los materiales y equipos para usar fueron seleccionados a base de piezas recicladas en su gran mayoría ASTM A-36. Los parámetros para diseño se mantuvieron en 16 [N.m], 200°C y 100 revoluciones por minuto.

De igual forma, se pudo determinar la potencia requerida para poder mezclar veinticinco kilogramos de producto ya incluido el aceite en la mezcla, adicional a esto, se realizó un diseño en software el cual permite la visualización de un producto final del prototipo de maquina con el reductor. Finalmente, se pudo concretar el proceso de fabricación del prototipo empleando normas de soldadura en partes esenciales como tanques, uniones, nervios, así mismo se aplicó tolerancias y medidas específicas en procesos de manufactura en mecanizado de la máquina.

Palabras Clave: Plásticos, Maquinaria, Reciclaje, Manufactura.

ABSTRACT

The improper post-use processing of petroleum-derived materials such as plastics and oils, generates great contamination in soil and water tanks, these, in turn, becoming macroplastics and microplastics that contribute significantly to the great pollution of soils and water deposits. Tests were carried out on laboratory equipment to obtain torque curves versus times in mixtures of plastic with oil, this to determine the necessary watts to fuse the materials. Generating, with a heat inlet, a new type of material as a final product, consequently giving them another cycle of use. The materials and equipment to use were selected based on mostly recycled parts ASTM A-36. The design parameters were kept at 16 [N.m], 200°C and 100 revolutions per minute.

It was possible to determine the power required to be able to mix twenty-five kilograms of product already including the oil in the mixture, in the same way a software design was made which allow us the visualization of a final product such as the machine with the gearbox. Finally, it was possible to complete the manufacturing process of the prototype using welding standards in essential parts such as tanks, joints, nerves, likewise specific tolerances, and measures were applied in manufacturing processes in the machine machining.

Keywords: Plastics, Machinery, Recycling, Manufacturing process.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del proyecto	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco teórico.....	5
CAPÍTULO 2.....	11
2. Metodología	11
2.1 Propuestas de diseño.....	20
2.1.1 Propuesta número uno de diseño:	20
2.1.2 Propuesta número dos de diseño:	21
2.1.3 Propuesta número tres de diseño:	22
2.2 Matriz de selección del mezclador.....	23
2.3 Elección de diseño	24
CAPÍTULO 3.....	29
3. Resultados Y ANÁLISIS	29

3.1	Proceso de manufactura de diseño según elección de diseño.....	30
3.1.1	Diseño de tanque exterior (alojamiento de tanque interior).	31
3.1.2	Diseño de tanque interior.....	32
3.1.3	Reparación de motoreductor.	33
3.1.4	Diseño - Fabricación de eje – Selección de chumacera	33
3.1.5	Diseño y manufactura de polea conducida.	36
3.2	Proformas de trabajos	39
CAPÍTULO 4.....		41
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	41
4.1	Conclusiones.....	42
4.2	Recomendaciones.....	42
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

SIMBOLOGÍA

mil	milésima de pulgada
mm	Milímetro
PP	Polipropileno
PET	Tereftalato de polietileno
HDPE	Polietileno de alta densidad
LDPE	Polietileno de baja densidad
AWS	American Welding Society
REV	Revoluciones
Min	Minutos
S	Segundos
N	Newton
M	Metro
T	Torque
H	Potencia
ω	Velocidad Angular

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 90% de Plástico 10% aceite.	14
Figura 2-2 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 95% de Plástico 5% aceite. .	14
Figura 2-3 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 85% de Plástico 15% aceite.	15
Figura 2-4 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 80% de Plástico 20% aceite.	16
Figura 2-5 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 75% de Plástico 25% aceite.	17
Figura 2-6 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 75% de Plástico 25% aceite a 290 Celsius.....	17
Figura 2-7 Evidencia de Muestreo previo a diferentes pruebas en Brabender.	18
Figura 2-8 Equipo listo para limpieza después de prueba.	19
Figura 2-9 Verificación de peso de material para limpieza de Equipo Brabender	19
Figura 2-10 Ejemplo de tipo de mezcladora con tanque vertical. (Jamiu Odusote, 2015)	20
Figura 2-11 Ejemplo de tipo de Mezcladora con tanque vertical y motorreductor en sección superior. (Ibrahim & Damian, 2022).....	21
Figura 2-12 Ejemplo de tipo de Mezcladora horizontal. (Kresisch, 2015).....	22
Figura 3-1 Diseño de forma para proceso seleccionado.	29
Figura 3-2 Prototipo finalizado con guarda incluida.	30
Figura 3-3 Tanque previo a limpieza y adaptación a diseño de forma.	31
Figura 3-4 Diseño de forma de eje con gusano exterior e interior.	34
Figura 3-5 Proceso de soldadura de eje con gusano interior, pre-calentamiento de AISI4340.....	35
Figura 3-6 Mecanizado de polea en aluminio según cálculos.	36
Figura 3-7 Diseño de tanque conjunto con motor y poleas, tapa abierta para mejor entendimiento de operación.	37
Figura 3-8 Prueba de temperatura en exterior de tanque con aislante.....	38
Figura 3-9 Prueba de temperatura en interior del tanque.....	38
Figura 3-10 Tanque armado para prueba completa.	39
Figura 3-11 Tanque terminado con guarda para poleas y banda.	40
Figura 4-1 Producto final embarcado listo para entrega.	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Temperatura de transición vítrea y temperatura de fusión. (Grigorescu et al., 2019)	6
Tabla 1-2 Propiedades de ASTM A36 dependientes de temperatura. (Jeyakumar & Christopher, 2013).....	7
Tabla 2-1 Pesos de muestras con diferentes concentraciones para 95% Plástico y 5% Aceite.	12
Tabla 2-2 Pesos de muestras con diferentes concentraciones para 90% Plástico y 10% Aceite.	13
Tabla 2-3 Pesos de muestras con diferentes concentraciones para 85% Plástico y 15% Aceite.	13
Tabla 2-4 Muestra#1 según concentración de 80% Plástico 20% Aceite	16
Tabla 2-5 Muestra#1 según concentración de 75% Plástico 25% Aceite	16
Tabla 2-6 Criterio de selección propuesta número uno.	20
Tabla 2-7. Criterio de selección propuesta número dos.	21
Tabla 2-8. Criterio de selección propuesta número tres	22
Tabla 2-9. Valores a consideración según masa a procesar y Valores de CP para materiales procesados y energías necesarias para elevar de temperatura inicial a final.	25

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Despiece de partes según modelo general.	48
Plano 2 Plano detallado de fabricación de tanque interior.....	49
Plano 3 Plano detallado fabricación de eje con gusano interior y exterior.....	50
Plano 4 Plano selección de motoreductor según valores requeridos.	51
Plano 5 Plano detallado fabricación patas para sujeción de tanque interior con tanque exterior.....	52
Plano 6 Plano detallado fabricación de Tanque exterior.	53
Plano 7 Plano detallado fabricación de tapa superior.....	54
Plano 8 Plano detallado fabricación de chumacera seleccionada.	55

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el exceso de plásticos y aceites derivados del petróleo usados que se generan del trabajo agropecuario e industrial conforma parte de un problema social y ambiental, el mismo que por varios años se ha extendido y recientemente en estas décadas se ha estado enfocando en la sustentabilidad de los productos plásticos reciclados.

La contaminación por desechos plásticos ha alcanzado escalas en tamaño que son vital importancia, según estudios las partículas en ciertos ecosistemas tanto marinos como costeros presentan valores entre 0.011-140 partículas por metro cubico en agua y alrededor de 0.2-8766 partículas por metro cubico en sedimentos de diferentes áreas costeras y acuáticas en el mundo (Thushari & Senevirathna, 2020). Estos valores de polución demuestran que la cantidad de material no procesado ha sobrepasado los limites terrestres continentales, esto así, creando un problema de escala mundial por el mal procesamiento de los plásticos.

De igual forma, en países fronteros como Colombia, el efecto del mal tratamiento de derivados del petróleo, como aceites, gasolinas, grasas, y demás, generan una contaminación con presencias de hidrocarburos totales de petróleo en suelo en sectores con resultados en 40 partes por millón, el cual sobrepasa los límites dictaminados por el gobierno de dicho país, de igual forma, el mal manejo de los aceites usados de vehículos han creado niveles de turbiedad en el agua de alrededor de 802 unidades nefelométricas de turbidez, lo cual es fuera de lo normal para afluentes (Erika Rodriguez & Rayssa Diaz, 2017).

El efecto de procesar los desechos plásticos en zonas alejadas de las grandes ciudades, como zonas rurales o marginales, puede dar pie para empezar una concientización social, y así poder obtener nuestra materia prima de una forma menos costosa que el proceso actual de reciclaje, generando una economía circular para el plástico y el aceite.

Debido a los antecedentes citados, la opción viable de crear una máquina que pueda procesar diversos tipos de plásticos junto a algún tipo de aceite derivado del petróleo toma forma real para solucionar un problema. El mal tratamiento posterior al uso de estos plásticos ha impulsado que gran parte de los desechos terminen en diversos lugares donde la contaminación alcanza límites fuera de los normales.

1.1 Descripción del problema

Los derivados del petróleo como plásticos y aceites han sido parte de una gran temática ambiental, esto debido a que los micro plásticos y macro plásticos han llegado a niveles fuera de lo normal tanto en partes continentales como espacios acuáticos en zonas costeras y marinas. En la actualidad, parte de los desechos plásticos en zonas industriales y agropecuarias no se procesan correctamente debido a los costos elevados de los procesos. Esto impulsa fácilmente al mal procedimiento de los derivados del petróleo, generando polución en grandes escalas.

Actualmente existe un aumento real de la cantidad de residuos plásticos que no son debidamente procesados, en general en la industria agropecuaria, los plásticos son degradados a niveles menos a 5mm, los cuales con el pasar del tiempo se vuelven en microplásticos 0.1-5.000 diámetro, y nanoplásticos 0.001-0.1, estos a su vez mezclándose en el suelo, agua e inclusive en el aire (Albert Bosch Navarro et al., 2019)

Adicional a esto, datos registrados desde el año 1950, datan de registros que anualmente se generaban alrededor de 2 millones de toneladas de polución de plástico, el cual, en registros de datos al 2015, la cantidad se ha multiplicado por doscientos cincuenta, esto es mayo a 350 millones de toneladas de polución de plástico, de igual forma, en datos de 2015 se analiza que la mayor parte del plástico es simplemente desechado, esto quiere decir que se bota o arroja en fosas de desechos, playas y demás espacios

abandonados, zonas rurales, dentro de los cuales, la mayor parte es usado para empaques de productos tales como alimentos, juguetes, maquinaria, papelería, etc. pero los altos costos de procesamiento no permite no aplicarlo en obtener material procesado de bajo costo. (Ritchie & Roser, 2020)

Debido a estas causas se ha pensado en alternativas de reciclajes, entre los más viables, un tipo de máquina que realice el procesamiento de material proveniente de desechos plásticos (reciclaje) con un aditivo (aceite lubricante derivado del petróleo usado) para fusionar diferentes tipos de materias primas que, a su vez, servirán para diferentes usos.

Actualmente existen algunas formas de reciclar estos tipos de materiales, las cuales presentan algunos tipos de restricciones tales como capital monetario, falta de experiencia en diseño, falta de enfoque hacia objetivos directos, y el poco interés de la sociedad hacia una economía circular.

Puesto que tenemos varias alternativas para la solución, realizamos un análisis en varias aristas de importancia en el diseño. Los intereses generales que se han tomado como directrices del proyecto son: reciclaje de material para construcción, compilación de modelos de diseño, reciclaje de equipos electromecánicos, cálculos de diseño según potencias requeridas y pruebas en equipos para procesamientos de plásticos.

Los requerimientos de la maquina a construir están basados en el volumen de material que se vaya a introducir en el mismo, siendo diferentes tipos de mezclas que se van a probar previo a la construcción, ya que esto va a determinar los parámetros de trabajo de esta, esto quiere decir cuantas revoluciones por minuto, cuantos kilogramos de material sólido, cuantos litros de aceite reciclado y cuantos grados Celsius deberíamos de llegar para el mismo.

1.2 Justificación del proyecto

Los altos costos de las máquinas para procesar y la gran cantidad de plástico desechado de las zonas rurales y marginales que no forman parte del tratamiento o recolección de desechos para el reciclado tradicional nos impulsa a la fabricación de un prototipo de máquina que sea viable y de fácil operación.

Debido a la difícil opción de aplicar un proceso de bajo costo en comparación al volumen industrial que realiza en recicladoras, se opta por el diseño de una máquina que pueda realizar la fusión de diferentes tipos de plásticos y aceites usados derivados del petróleo, la cual, se espera que pueda procesar hasta 25 kilogramos de producto en mezcla total (incluido el aceite).

El uso de este debe ser accesible para cualquier persona, considerando los parámetros de seguridad al momento de ingresar el material al tanque y encendiendo los equipos para el procesamiento.

Diseñando y manufacturando el equipo se impulsa la economía circular y se ayuda directamente a los procesos de manufactura generando una materia prima nueva para el ciclo de trabajo que se podrá experimentar en un futuro.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y fabricar un prototipo para el procesamiento de productos a partir de materiales plásticos reciclados y desechos agroindustriales.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1) Determinar las variables óptimas para el procesamiento de los parámetros.
- 2) Diseñar un prototipo para un sistema de procesamiento de plásticos y aceites lubricantes derivados del petróleo.
- 3) Fabricar un prototipo para un sistema de procesamiento de plásticos y aceites lubricantes derivados del petróleo.

1.4 Marco teórico

El polímero se define como una consecución de cadenas simples llamadas monómeros, estos, a su vez, conformados por cadenas de carbonos e hidrógenos y también llamadas estructuras de unidad simples. Ejemplos claros en la vida diaria de estos polímeros de cadenas simples se encuentra en el almidón, en donde, la cadena es simple y se repite sin límite fijo.

En este proyecto se dará importancia a varios tipos de materiales plásticos reciclados agroindustriales, donde la mayoría son desechos plásticos que se usan en la vida diaria y en procesos de mantenimiento de maquinaria como es el caso del aceite derivado del petróleo.

Los desechos más comunes por trabajar son:

- PP o también llamado Polipropileno
- HDPE o también llamado Polipropileno de alta densidad
- LDPE o también llamado Polipropileno de baja densidad
- PET o también llamado Tereftalato de polietileno.

Existen ciertos parámetros a consideración para la fusión de los elementos a trabajar, dentro de los más principales los puntos de temperatura de fusión y temperatura de transición vítrea, siendo estos los más influyentes al momento de definir los parámetros y las estandarizaciones de las pruebas en los equipos de mezclado.

A continuación, se detallan los parámetros estándar de los polímeros usados en el proceso:

Tabla 1-1 Temperatura de transición vítrea y temperatura de fusión. (Grigorescu et al., 2019)

Polímero	Temperatura transición vítrea [C°]	Temperatura de fusión [C°]	Entalpía ΔH [J/g]
PET	70 a 80	250 a 260	140
LPDE	<-100	100 a 110	140
PP	-30 a- 20	160 a 165	207 a 209
HDPE	<-100	125 a 135	29

Siendo así los parámetros de Temperatura de fusión establecidos para:

- PP desde 160°C hasta 165°C
- HDPE desde de 125°C hasta 135°C
- LDEP desde de 100°C hasta 110°C
- PET desde de 250°C hasta 260°C

De igual forma, los parámetros de Temperatura de transición vítrea establecidos para:

- PP desde -30°C hasta -20°C
- HDPE menor a -100°C
- LDEP menor a -100°C
- PET desde de 70°C hasta 80°C

Debido a que el material a procesar necesita un recipiente en el cual la mezcla sea homogénea, dentro de los productos reciclados se incluye el uso de un material metálico, en este caso el acero ASTM A36 es el elegido debido a que es el material más común que se encuentra como producto reciclado. Los puntos más críticos para este caso son

los de fluencia y los coeficientes de transferencia de calor, ambos van a depender de la temperatura de operación de la máquina, debido a que va a variar dependiendo del material que se vaya a trabajar.

Tabla 1-2 Propiedades de ASTM A36 dependientes de temperatura. (Jeyakumar & Christopher, 2013)

Temperatura [k]	Conductividad térmica [W/m.k]	Calor específico [J/Kg.k]	Modulo de elasticidad (Gpa)
273	60	480	210
373	50	500	200
473	45	520	200
673	38	650	170

Puesto que el aceite reciclado proveniente de motores de combustión interna no tiene una ficha técnica específica se procede a obtener el dato específico de un aceite común siendo elegido el aceite SAE40, los puntos a tomar en cuenta aquí son:

- Capacidad calorífica
- Índice de viscosidad

Para nosotros poder terminar de calcular los valores de torques máximos en nuestra máquina, debemos tener en cuenta las temperaturas y revoluciones por minuto de nuestra materia prima en el tanque, ya que gracias a estos valores sabremos aplicando el torque nuestro material excede un límite permitido para la no degradación. El plástico al momento de que se añade calor empieza a pasar por diferentes regiones, las cuales visualmente nos indican cómo se comporta la cadena con el aumento de la temperatura.

La viscosidad de un fluido se puede definir como la resistencia que ofrece el mismo para fluir dentro de un volumen específico, esta viscosidad va a variar dependiendo de la temperatura, entre mayor temperatura menos viscoso será, esto se debe a que las cadenas de los polímeros se empiezan a desdoblarse, generando la facilidad de este para poder moverse dentro de un volumen específico. Dentro de este volumen debemos fijarnos en el esfuerzo cortante de las aletas que se vayan a diseñar, ya que estas aletas aportan cierta cantidad de energía en el proceso (debido al esfuerzo cortante).

Matemáticamente la viscosidad se determina mediante la ecuación:

$$\text{Viscosidad } (v) = \frac{\text{Esfuerzo cortante}}{\text{Tasa de Corte}} = \frac{F * h}{A * V}$$

Ec.(8.1)

Siendo así, un parámetro necesario para poder diseñar las aletas, la viscosidad es dato necesario para poder culminar el proceso de diseño.

Para poder determinar la velocidad de operación (RPM de eje) nos basamos en una velocidad estándar de 50rev/min del equipo Bravender debido a que esta velocidad nos aporta un esfuerzo cortante y torque al momento de introducir las muestras para prueba, las cuales, el resultado de esta nos sirve para poder guiar la maquina en un parámetro de operación optimo.

Los esfuerzos que se deberán calcular en el proceso de diseño de la maquina serán, Esfuerzos de fluencia de material y torque máximo de aspas, de igual forma se deberá determinar transferencia de calor por conducción y el tiempo en el cual se transmite esa transferencia desde el aporte (llama) deberá especificarse, debido a este tiempo la energía transferida por unidad de tiempo va a variar dependiendo cuanto necesitamos demorarnos.

$$T = F * d * \cos (\theta)$$

Ec.(8.2)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Ec.(8.3)

$$\frac{q}{t} = K * A * \frac{T1 - T2}{\Delta x}$$

Ec.(9.4)

Cabe recalcar que la capacidad calorífica que necesitaremos para poder elevar nuestra temperatura depende del cp de cada elemento, cuantos

kilogramos vamos a trabajar y cuanta temperatura vamos a variar. Esto está regido por la ecuación de poder calorífico:

$$Q = m * C_p * (T_2 - T_1)$$

Ec.(9.5)

Puesto que se necesitará un elemento mecánico que haga accionar nuestro equipo, se decide el uso de un motor trifásico con reductor incluido, debido a que son sencillos de encontrar al igual que seleccionar un arrancador para el mismo. Para esto se buscará una potencia apropiada al uso que se va a ser destinado usando la ecuación:

$$H = T\omega$$

Ec.(9.6)

Las gráficas nos brindaran un par torsión, que va a ser un pico de cierta prueba que elijamos para experimentar y omega el valor de revoluciones por minuto que ejecutamos al momento de configurar la máquina, este va a ser aplicado a un eje de Acero AISI4340 el cual va a ser soldado según parámetros establecidos el capítulo dos y tres.

Cabe recalcar que el proceso de precalentamiento y post-soldadura, son para evitar transformaciones no deseadas al momento de fusionar nuestros materiales, intentando tener por lo menos un tiempo de enfriamiento de 10,000 [s] hasta temperaturas ambientes (aproximadamente 0.1 [°C/s]).(Eckert et al., 2020)

Para fundir un sólido se requiere una gran cantidad de energía, específicamente la cantidad de energía absorbida durante la fusión se denomina calor latente de fusión (cL_i) y la temperatura de fusión de los plásticos (T_{f_i}) para determinar la cantidad de energía que necesita cada solido para cambiar de fase solida a liquida se utiliza la siguiente relación, donde m_i representa la masa del componente sólido, exceptuando el PET puesto que no alcanza su temperatura de fusión.

$$Q_{\text{latente}} = \sum cL_i * m_i$$

Ec.(10.7)

Finalmente se define un concepto de degradación plástica por temperatura, el cual, según la tabla 1.1 no se deben sobrepasar valores mencionados, esto debido a que el plástico se funde o simplemente se disuelve a temperaturas superiores a doscientos grados Celsius, perdiendo características mecánicas y físicas del mismo, generando cambios irreversibles en el material.(Posada Bustamante, 2012). Estos datos deben ser tomados en cuenta porque la degradación incluye generación de vapores tóxicos para los operarios.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Inicialmente nos basamos en ideas de densificadores de plásticos, los cuales funcionan como un gran barril donde se inserta algún tipo de plástico y se lo eleva a temperatura manteniendo una presión, esto generara vapor que se condensara y luego se destila para obtener un producto final. La diferencia con el tanque reciclador que se idealizó es que inicialmente debe tener un eje donde un trabajo generado por un sistema mecánico (puede ser poleas, engranajes, transmisión directa) realice un movimiento rotacional de ciertas revoluciones, en el eje a su vez, un movimiento de aspas que giren constantemente manteniendo una temperatura estable en la mezcla para que se polimerización de los plásticos varios exista con normalidad y no exista un aumento significativo de la temperatura causando degradación del material.

La metodología inicial se define por:

- Establecimiento de Parámetros de trabajo
 1. Definición de tipos de muestras plásticas.
 2. Definición de cargas de aceite para mezcla de muestras.
 3. Pruebas en Brabender para gráficos torque vs temperatura.
- Establecimiento de tipos de material metálico para construcción de tanque y estructura
 1. Selección de material para tanque y estructura.
 2. Cálculos de diseño y dimensiones.
 3. Fabricación de planos mecánicos para construcción.
 4. Elección de motor y reductor acorde a planos mecánicos.
 5. Cálculo y construcción de Eje con aspas.
 6. Planificación de construcción mecánica de tanque.
 7. Modelado y simulación de tanque en software.
- Pruebas de producto de terminado
 1. Comprobación de medidas y materiales según planos otorgados.
 2. Observación de defectos en procesos para implementación de máquina.

3. Verificación de parámetro velocidad según relaciones de poleas.
4. Verificación de material procesado según resultados obtenidos en Brabender (opcional).

El experimento se desarrolló inicialmente desde una selección de material reciclado ya disponible en el laboratorio, siendo estos los nombrados previamente:

- PP
- HDPE
- LDPE
- PET

Los cuales nos manejamos en tres tipos de muestras a diferentes porcentajes de plástico. Siendo así las mezclas a 95% plástico con 5% aceite, 90% plástico con 10% aceite y finalmente 85% plástico con 15% aceite.

El equipo "Brabender" trabaja en una capacidad de 35g, esto quiere decir que las concentraciones van a variar dependiendo de cada prueba que se realice.

A continuación, se identifican las muestras a probar:

Tabla 2-1 Pesos de muestras con diferentes concentraciones para 95% Plástico y 5% Aceite.

Pruebas con 95% Plástico 5% Aceite			
Muestra #1			
5 % pet	25% PP	25% HDPE	45%HDEP & LDEP
1.6625 g	8.3125 g	8.3125 g	14.9625 g
Muestra #2			
10 % pet	22.5% PP	22.5% HDPE	45%HDEP & LDEP
3.325 g	7.48125 g	7.48125 g	14.9625 g
Muestra #3			
15 % pet	20% PP	20% HDPE	45%HDEP & LDEP
4.9875 g	6.65 g	6.65 g	14.9625 g

Tabla 2-2 Pesos de muestras con diferentes concentraciones para 90% Plástico y 10% Aceite.

Pruebas con 90% Plástico 10% Aceite			
Muestra #1			
5 % pet	25% PP	25% HDPE	45%HDEP & LDEP
1.575 g	7.875 g	7.875 g	14.175 g
Muestra #2			
10 % pet	22.5% PP	22.5% HDPE	45%HDEP & LDEP
3.15 g	7.0875 g	7.0875 g	14.175 g
Muestra #3			
15 % pet	20% PP	20% HDPE	45%HDEP & LDEP
4.725 g	6.3 g	6.3 g	14.175 g

Tabla 2-3 Pesos de muestras con diferentes concentraciones para 85% Plástico y 15% Aceite.

Pruebas con 85% Plástico 15% Aceite			
Muestra #1			
5 % pet	25% PP	25% HDPE	45%HDEP & LDEP
1.4875 g	7.4375 g	7.4375 g	13.3875 g
Muestra #2			
10 % pet	22.5% PP	22.5% HDPE	45%HDEP & LDEP
2.975 g	6.69375 g	6.69375 g	13.3875 g
Muestra #3			
15 % pet	20% PP	20% HDPE	45%HDEP & LDEP
4.4625 g	5.95 g	5.95 g	13.3875 g

Una vez que las muestras han sido calibradas y pesadas, se procede a configurar la máquina para el proceso de fusión/polimerización.

Los parámetros básicos para el funcionamiento lo obtenemos de un promedio de temperatura para el cual se calculó como 200°C como temperatura base y 50 revoluciones por minuto por un tiempo de 10 minutos.

Esto lograra determinar tres puntos importantes:

- Torques máximos en puntos iniciales
- Temperaturas máximas después de estabilización
- Diferencias Entre muestras (tenemos tres tipos de muestras)

Puesto que el criterio de diseño debe de ser basado a los resultados de las pruebas, procedemos a calibrar los instrumentos con las temperaturas y revoluciones necesarias.

Obteniendo así las gráficas a continuación:

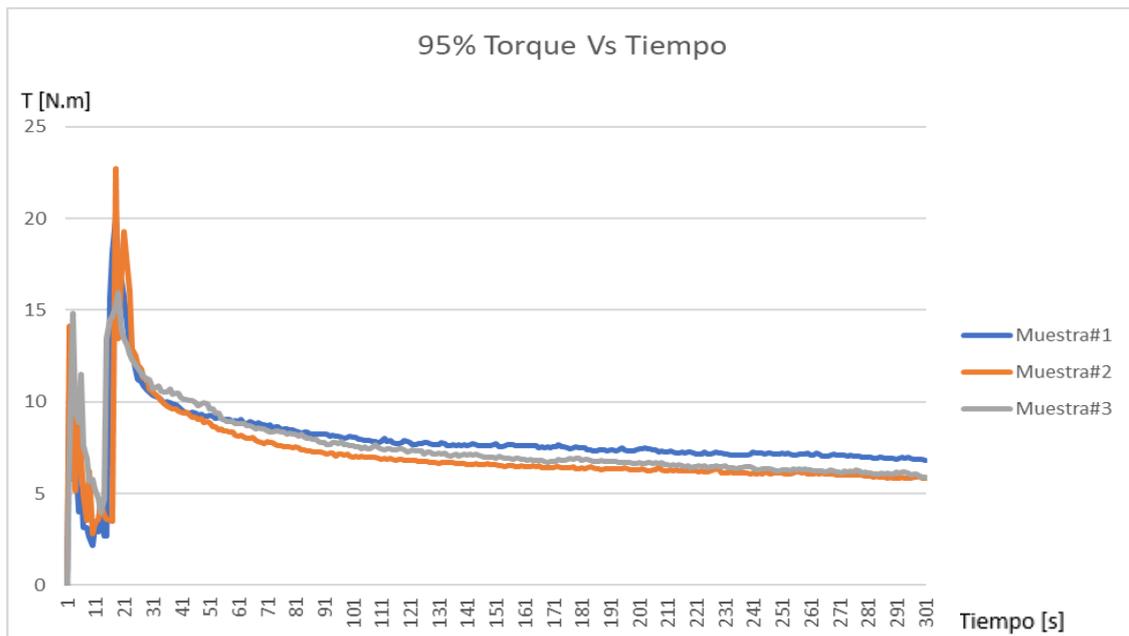


Figura 2-2 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 95% de Plástico 5% aceite.

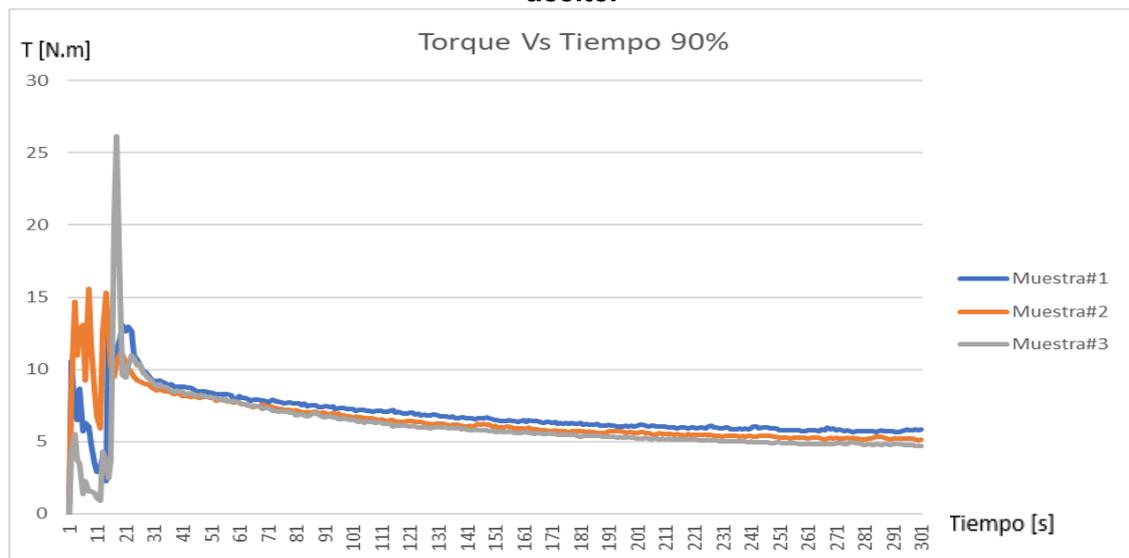


Figura 2-1 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 90% de Plástico 10% aceite.

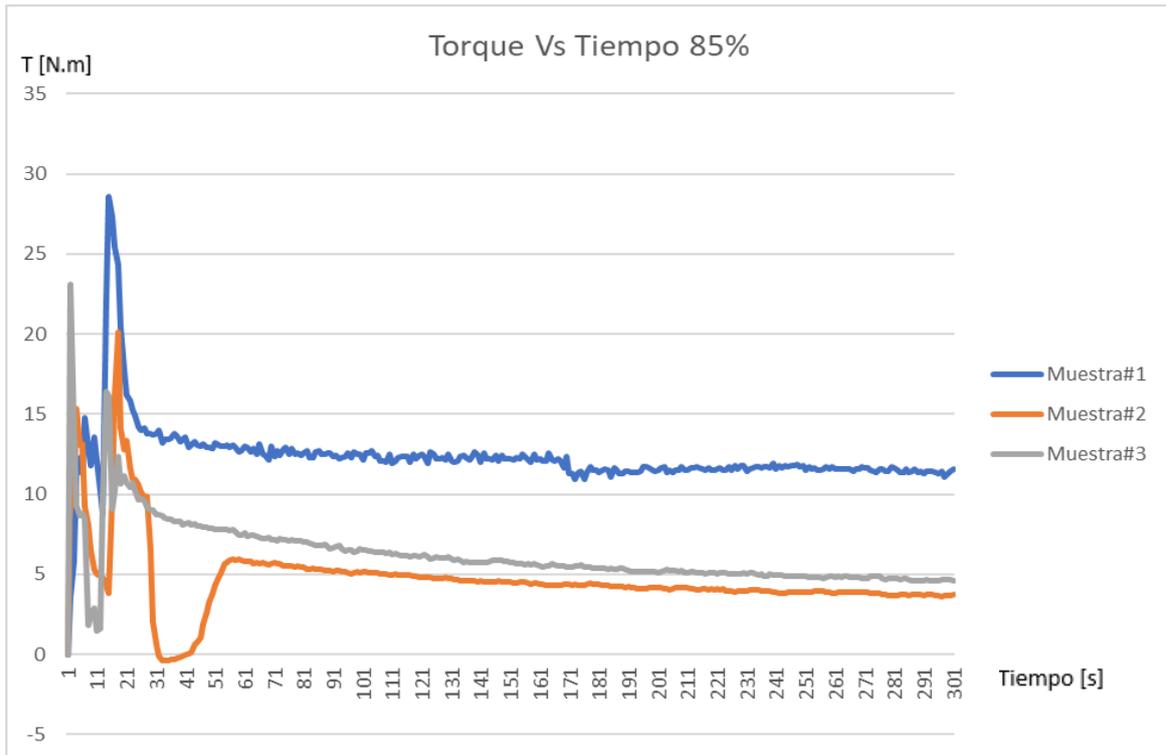


Figura 2-3 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 85% de Plástico 15% aceite.

Una vez que se obtienen las gráficas se procede a determinar los parámetros para estudio, en este caso, se usara la primera muestra ya que demuestra que tiene los menores valores de torque para un sistema de varios plásticos al momento de la introducción de la materia prima.

Puesto que, la muestra definida escogida es la numero uno, procedemos a realizar dos pruebas más a diferentes proporciones, las cuales serán: 75% de plástico reciclado y 25% de aceite, 80% de plástico reciclado y 20% de aceite.

De igual manera se plantea la opción de elevar la temperatura de prueba a 290°C para poder analizar la degradación del plástico a ese nivel y el torque promedio, pero a un tiempo aproximado de 15 minutos de mezcla.

Tabla 2-4 Muestra#1 según concentración de 80% Plástico 20% Aceite

5 % pet	25% PP	25% HDPE	45%HDEP & LDEP
1.4	7	7	12.6

Tabla 2-5 Muestra#1 según concentración de 75% Plástico 25% Aceite

5 % pet	25% PP	25% HDPE	45%HDEP & LDEP
1.3125	6.5625	6.5625	11.8125

Después de realizar las pruebas se obtienen las gráficas a analizar:

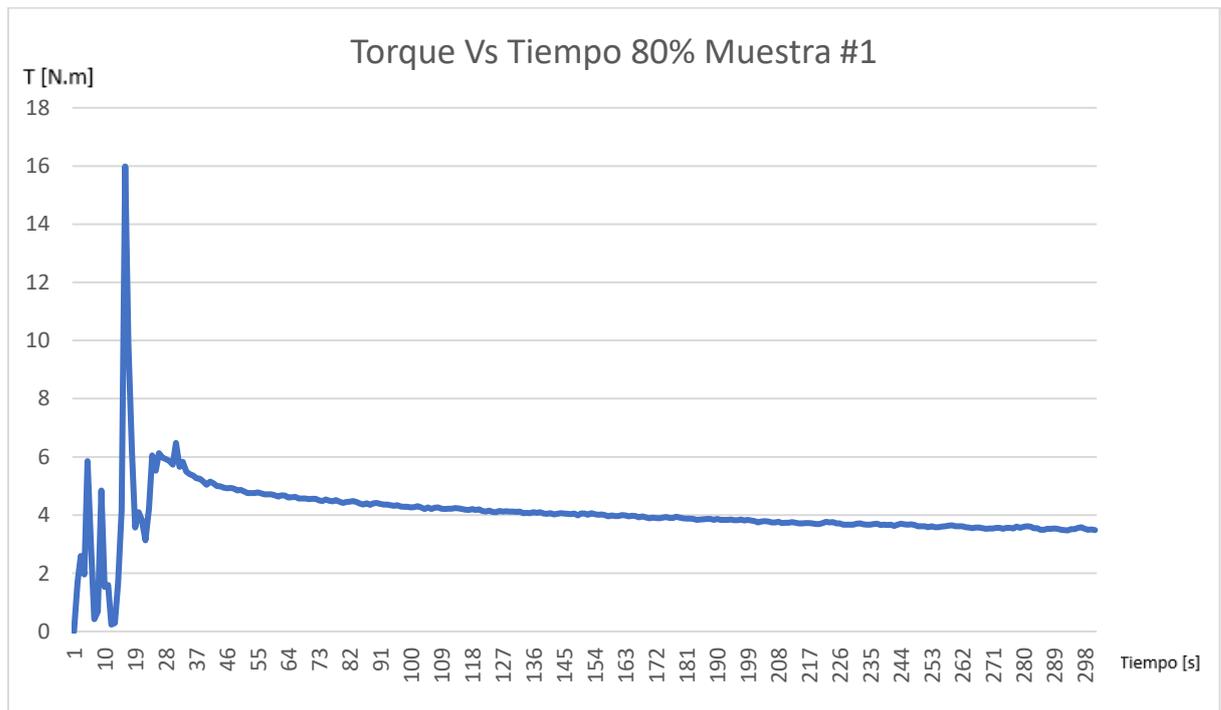


Figura 2-4 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 80% de Plástico 20% aceite.

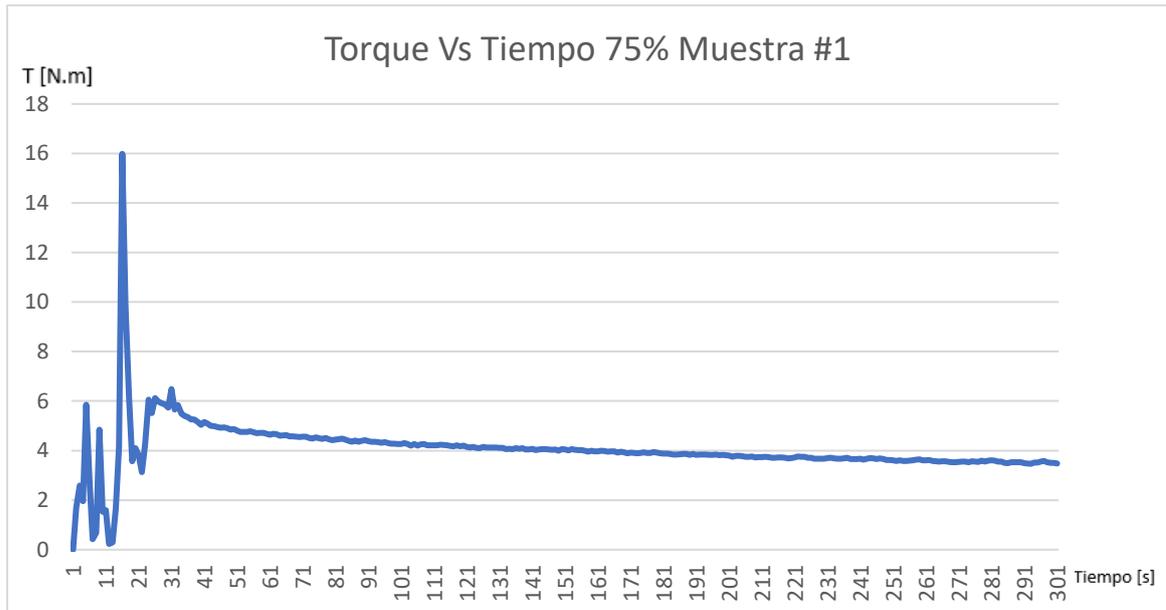


Figura 2-5 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 75% de Plástico 25% aceite.

Los resultados demuestran que un torque menor es obtenido en las pruebas de muestra número uno, por ende, se realiza la prueba de temperatura en dicha muestra, usando parámetros de 290°C, 50 RPM por 15 minutos.

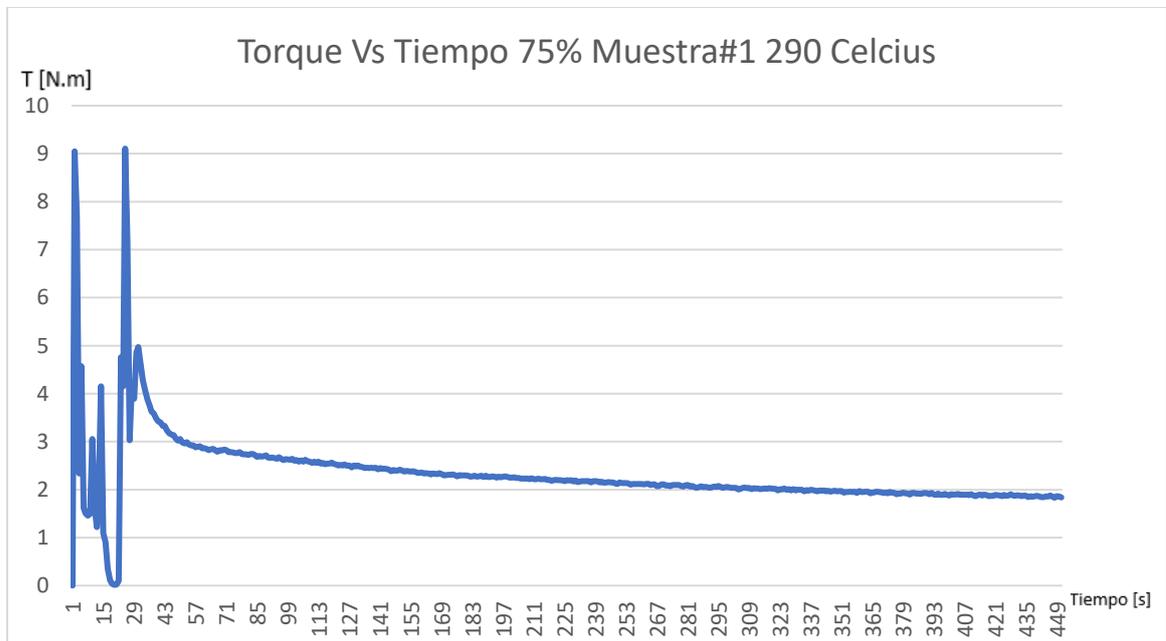


Figura 2-6 Análisis de Torque Vs Tiempo de muestra de 75% de Plástico 25% aceite a 290 Celsius.

El experimento del Brabender se desarrolló de una manera repetitiva con los siguientes pasos:

- Medición de Diámetro del PP (el cual se usó un diámetro Ø2.50mm)
- Observación y revisión de materia prima previo a cada prueba debido que existe material que está mal procesado (tamaño excedente a la pequeña tolva del equipo) por ende se necesita reducir el mismo para que pueda iniciar la prueba.
- Una vez que se configura el equipo a las revoluciones y temperaturas deseadas se introduce todo el material en un intervalo menor a 20 segundos proseguido del aceite.
- Se presiona uniformemente la prensa propia de la tolva para obtener la gráfica con menor error humano posible.
- Una vez calculado se procede a limpiar el equipo y repetir la prueba para cada una de las muestras.



Figura 2-7 Evidencia de Muestreo previo a diferentes pruebas en Brabender.

De igual forma al momento de realizar cada prueba, se tuvo que limpiar el equipo para poder realizar la siguiente, todo esto debido a que las palas interiores donde ocurre el movimiento se comprometen a mantener residuos en las mismas, esto genera un valor atípico para la gráfica.



Figura 2-8 Equipo listo para limpieza después de prueba.



Figura 2-9 Verificación de peso de material para limpieza de Equipo Brabender

Para esta metodología se usará un cuadro de matriz de decisión para poder fabricar la mejor opción en tema costo, beneficio, productividad e inversión.

2.1 Propuestas de diseño

2.1.1 Propuesta número uno de diseño:

Mezcladora con tanque vertical, eje con polea en parte inferior y motor en sentido vertical.

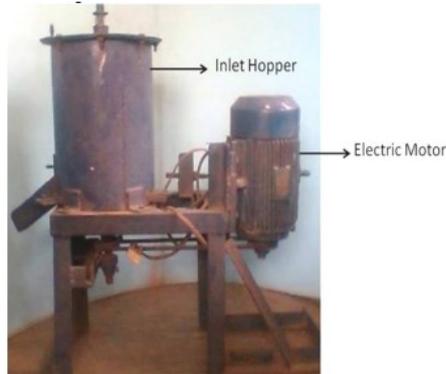


Figura 2-10 Ejemplo de tipo de mezcladora con tanque vertical.

(Jamiu Odusote, 2015)

Este tipo de mezcladora nos presenta una opción muy clara al momento de introducir el material dentro del tanque, siendo esto una tapa sencilla con varios pernos en la parte superior y un bocín para direccionar el eje una vez sellada la tapa. El motor queda a un costado para poder dar mantenimiento y no posee un reductor, la salida es directa con una polea y bandas hacia el eje dentro del tanque. Diseño con ángulos y plantinas para las bases sin mayor detalle en diseño.

Tabla 2-6 Criterio de seleccion propuesta numero uno.

Criterio #1: Dimensión del equipo	3
Criterio #2: Valor total de producción en ciclo de mezclado	4
Criterio #3: Cabida de Producción	2
Criterio #4: Simplicidad para operar	2
Criterio #5: Valor de mantenimiento	4

2.1.2 Propuesta número dos de diseño:

Mezcladora con tanque vertical y motorreductor en sección superior.



Figura 2-11 Ejemplo de tipo de Mezcladora con tanque vertical y motorreductor en sección superior.

(Ibrahim & Damian, 2022)

Este tipo de mezcladora nos ofrece una opción de tener el reductor en la parte superior, de igual forma el motor en el mismo sentido, esto quiere decir que para quitar la parte superior habrá que maniobrar estos elementos para poder ingresar el material. De igual forma tenemos el quemador en la parte inferior donde ocurre la mayor parte de proceso de transmisión de calor para la cámara interior.

Tabla 2-7. Criterio de seleccion propuesta numero dos.

Criterio #1: Dimensión del equipo	4
Criterio #2: Valor total de producción en ciclo de mezclado	3
Criterio #3: Cabida de Producción	4
Criterio #4: Simplicidad para operar	3
Criterio #5: Valor de mantenimiento	4

2.1.3 Propuesta número tres de diseño:

Mezcladora de cintas horizontal.

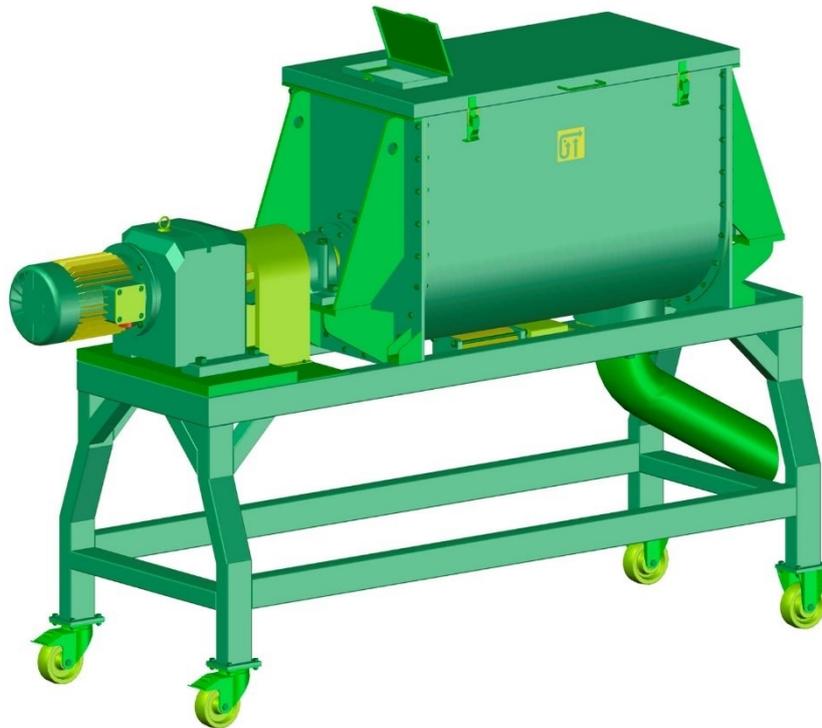


Figura 2-12 Ejemplo de tipo de Mezcladora horizontal. (Kresisch, 2015)

Este tipo de mezcladora, si bien es cierto puede ser para otros fines aparte de mezclado de plásticos, nos presenta un diseño horizontal con accesorios en las partes inferiores que permite la movilidad de este. De igual forma se visualiza el motor y reductor en una misma línea de acción en la parte posterior, donde ocurre todo sin un aporte de energía calorífica. En el interior del tanque presenta resistencias eléctricas que aportan energía directa al material.

Tabla 2-8. Criterio de seleccion propuesta numero tres

Criterio #1: Dimensión del equipo	3
Criterio #2: Valor total de producción en ciclo de mezclado	2
Criterio #3: Cabida de Producción	2
Criterio #4: Simplicidad para operar	5
Criterio #5: Valor de mantenimiento	4

2.2 Matriz de selección del mezclador

Matriz 2-1. Establecimiento de criterios de selección.

Criterio de selección	Dimensión del equipo	Valor total de producción en ciclo de mezclado	Cabida de Producción	Simplicidad para operar	Valor de mantenimiento	Total	Ponderación
Dimensión del equipo	----	4	5	3	3	15	0.23
Valor total de producción en ciclo de mezclado	5	----	4	1	2	12	0.19
Cabida de Producción	4	4	----	2	3	13	0.20
Simplicidad para operar	4	1	3	----	4	12	0.19
Valor de mantenimiento	4	2	3	3	----	12	0.19

Matriz 2-2. Ponderación según valores de criterios de selección.

Diseño de criterios	Dimensión del equipo	Valor total de producción en ciclo de mezclado	Cabida de Producción	Simplicidad para operar	Valor de mantenimiento	Total
Alternativa 1	0.23*3	0.19*4	0.20*2	0.19*2	0.19*4	2.99
Alternativa 2	0.23*4	0.19*3	0.20*4	0.19*3	0.19*4	3.62
Alternativa 3	0.23*3	0.19*2	0.20*2	0.19*5	0.19*4	3.18

2.3 Elección de diseño

Analizando los resultados a la matriz se decide optar por un diseño parecido a la segunda opción, tanque vertical con motor y reductor a los costados debido a que nos proporciona una forma fácil de operar y mayor cabida de producción en el caso que se requiera aumentar la masa o volumen a procesar.

Seguido del análisis de graficas se decide optar por un diseño a partir de la muestra #1 con un 75% de parte reciclado de plástico y 25% aceite reciclado.

Puesto que la gráfica muestra un torque máximo en $T=16$ [N.m] y $\omega=50$ [rev/min] procedemos a realizar cálculos para ubicar la potencia requerida para realizar este trabajo por diez minutos que fue lo que demora cada prueba al momento de ingresar los elementos a procesamiento.

Usando la ecuación (9.6) se obtiene un valor en vatios:

$$H = T * \omega = 16 \text{ N.m} * 50 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{\text{min}}{60\text{s}} * \frac{2\pi}{\text{rev}} = 83.77 \text{ [W]}$$

Lo cual nos muestra un valor en vatios para la cantidad de 0.035 [kg] de material incluido ya el aceite. Cabe recordar que este equipo es una optimización de un proceso para fines investigativos por ende la capacidad de este no es significativa para diferentes procesos.

Aplicando una relación directa de potencia para la cantidad de kilogramos que se va a tratar, siendo este un rango de 10 Kg de material a 25 Kg de material se procede a realizar el cálculo para poder aproximar un valor en vatios de potencia de un motor y reductor que tenga características similares.

$$\text{Potencia experimental requerida} = \frac{25 \text{ Kg} * 83.77 \text{ W}}{0.035 \text{ Kg}} = 59.83 \text{ [kW]}$$

Este resultado nos muestra una aproximación de cuanta potencia estaríamos necesitando para cumplir el proceso para un máximo de 25 Kg, hay que recordar

que no solo vamos a añadir la fuerza del eje con aspas dentro del mezclador, puesto que contamos con un quemador dentro del diseño para poder elevar la temperatura deseada y esto a su vez disminuya el torque al momento de procesar el material.

Empleando la ecuación (10.7) y calculando un promedio de los c_p de cada material se consigue un valor de energía que debería estar aportando al sistema, el cual por conveniencia se define como un Sistema estacionario y adiabático.

Tabla 2-9. Valores a consideración según masa a procesar y Valores de CP para materiales procesados y energías necesarias para elevar de temperatura inicial a final.

i	Componentes fase solida	Fracción másica (del 75%)	m_i (kg)	Temperatura de fusión (°C)	c_{p_i} (kJ/kg°C)	cL_i (kJ/kg)
1	PET	0.05	0.9375	265	1.5	40600
2	PP	0.25	4.6875	169	1.9	41100
3	HDPE	0.25	4.6875	122.5	2.3	42800
4	HDEP&LDEP	0.45	8.4375	122.5	2.3	42800

Se aproxima la cantidad de calor requerido para llevar a cabo el proceso de aproximadamente 763929.9 kJ, al utilizar GLP como combustible con un poder calorífico de 49115.97 kJ/kg (OSINERGMIN, 2011), de manera que se necesitarían aproximadamente 15.55 kg de GLP para llevar a cabo la operación.

Debido a que los valores expresados en los resultados de la cantidad de potencia que se necesita son aproximados, se procede a una selección de un motor cuyas características sean aproximadas, mas no sobredimensionadas ya que la capacidad del tanque presenta versatilidad al momento del uso, esto quiere decir que no se va a requerir el 100% de la potencia estimada en todo el proceso.

Una característica importante del diseño es que se duplicó las revoluciones por minuto, esto quiere decir que se pasaría de 50 [rev/min] a 100 [rev/min], este cambio se debe a que el equipo Brabender está diseñado para una capacidad máxima de operación de 0.035 [g], entonces, se duplicando las revoluciones

podemos garantizar que el sistema no se trabe al momento de ingresar el producto y generando la mejor uniformidad posible dentro de la mezcla, ya que al mover constantemente las palas en direcciones contrarias el material no se queda estancado en un punto específico, al contrario, buscara la uniformidad de temperatura en el mismo.

Para duplicar las revoluciones en las poleas se realiza una relación directa dictada por la ecuación:

$$\phi_2 = \phi_1 * \frac{n1}{n2}$$

Ec.(26.8)

Donde los parámetros iniciales son:

$$\begin{aligned}\phi_1 &= 13 \text{ cm} \\ n1 &= 500 \text{ rev} \\ n2 &= 100 \text{ rev}\end{aligned}$$

Siendo así el valor del diámetro requerido:

$$\phi_2 = 13 \text{ cm} * \frac{500 \text{ rev}}{100 \text{ rev}} = 65 \text{ cm}$$

Puesto que conocemos el torque necesario el cual el eje estará expuesto, podemos calcular los diámetros necesarios para el mismo. El material definido a usar es Aisi4340 el cual el módulo cortante para aceros aleados indica:

$$G_{cizalla} = 80000 \text{ N/mm}^2$$

Usando la ecuación para diámetros según torques y módulos que se expresa como:

$$\phi^3 = \frac{16 * T}{\pi * \tau}$$

Ec.(27.9)

Donde los parámetros iniciales se definen:

$$T = 16 \text{ N.m}$$
$$\tau = G_{cizalla} = 80000 \text{ N/mm}^2$$

Se procede a calcular el diámetro del eje según el par torsión y módulo del cortante para aceros aleados:

$$\phi^3 = \frac{16 * 16 \text{ N.m} * 1000 \text{ mm/m}}{\pi * 80000 \text{ N/mm}^2} = 2.166 \text{ mm}$$

De igual forma, con la ayuda de la ecuación para diámetros según largos de ejes en torsión que asevera que:

$$\phi^4 = \frac{32 * T * Longitud}{\pi * G * \theta}$$

Ec.(27.10)

S Donde los parámetros iniciales se definen:

$$T = 16 \text{ N.m}$$
$$\tau = G_{cizalla} = 80000 \text{ N/mm}^2$$
$$L = 700 \text{ mm}$$
$$\theta = 2^\circ$$

Donde el ángulo no deberá exceder los 3 grados y 'G' está definido como esfuerzo de cizalla, siendo así:

$$\phi^4 = \frac{32 * 16 \text{ N.m} * 1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}} * 700 \text{ mm}}{\pi * 80000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 2^\circ * \pi \text{ rad}/180} = 14.21 \text{ mm}$$

Aplicando un factor de seguridad de 1.7:

$$Fs = 14.21 \text{ mm} * 1.7 = 24.15 \text{ mm}$$

Por motivos de aplicación se redondea a diámetro 25mm, debido a que las chumaceras que se aplicarán serán de esa medida, usando un ajuste de tolerancia H7/h6 respectivamente para hueco y eje.

Para las uniones de soldadura en puntos estructurales de la fabricación del tanque se usará proceso SMAW (electrodo revestido), el cual se definió el uso de electrodo 6013 aportando características de elongación y fluencias dentro de la norma AWS 5.1 E6013. De igual forma el uso de electrodos 6010 y 7018 con las normas AWS 5.1 E6010 y AWS 5.1 E7018 respectivamente. (American Welding Society. Structural Welding Committee et al., 2020)

La selección del motor se basó en los elementos mecánicos que se puedan reciclar, en este caso, un motor trifásico de 7.5 hp – 5.5KW – 500Rev/min. El cual se tuvo que reparar los rodamientos, asientos de rodamientos y fabricar piñones planetarios para su correcto funcionamiento.

El arranque del motor trifásico será encendido por un accionador sencillo para corriente trifásica en 220 [V] según las características del motor y la potencia final del mismo. También existe la opción de hacer o comprar un variador de frecuencia, esto para poder cambiar la potencia que necesitemos en la salida del reductor.

Las bandas definidas para el proceso será tipo trapezoidal A con un largo de 103 pulgadas equivalentes a 2646 mm de largo (perímetro) donde trabajará la polea propia del reductor hasta la polea conducida con el eje.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El resultado de los cálculos se refleja en un diseño sencillo, el cual va a ser accionado por un motoreductor en la parte superior. De igual forma, se emplea el uso de bandas tipo 'A' para la transmisión desde la polea motriz a la polea conducida, ambas poleas con dos canales, donde estará conectada con un eje motriz, el cual se diseñó en material AISI4340 con un diámetro de Ø25.00 mm en un largo aproximado de 700 mm. El aspa interior es rotación antihoraria y el exterior horario, de esta forma el material se mantiene en constante movimiento durante todo el ciclo.

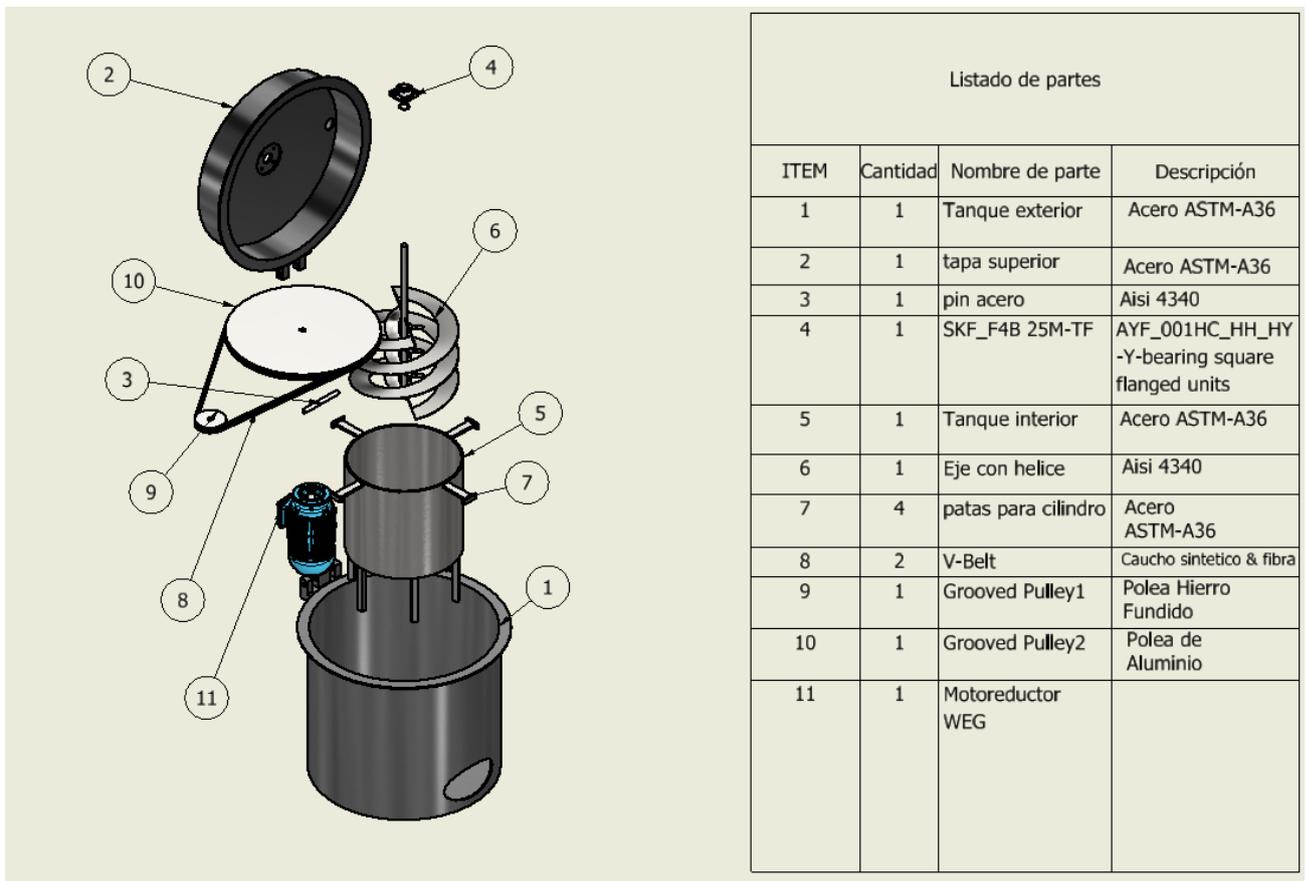


Figura 3-1 Diseño de forma para proceso seleccionado.

Una vez que se fabricó el prototipo, se procedió a dar arranque para verificar las revoluciones esperadas en el diseño, siendo así 98 revoluciones por minuto debido a que el diámetro de raíz de la polea estaba con una tolerancia inferior a

la especificada en los planos. El variador de frecuencia no pudo ser instalado debido a que el precio del equipo era elevado y los materiales para construcción no estaban dentro del presupuesto inicial. Debido a esto se optó por el diseño directo entre poleas con el uso de una banda. Finalmente se propuso la fabricación de una guarda para evitar atrapamientos de extremidades al momento de operar.



Figura 3-2 Prototipo finalizado con guarda incluida.

Una El costo operacional del proceso en masa completa (25Kg) se puede determinar con los valores de masa del GLP que será usado en el proceso durante los 10 minutos del proceso, siendo este un valor de \$3.50 de un tanque de 15 Kg normal o casero, para el cual los cálculos reflejan un uso aproximado de 15.55 Kg, lo cual tendría un valor de \$3.62 en un solo procesamiento en tanque lleno para el GLP, por 9,2 centavos de dólar por cada Kilovatio-hora el cual será usado con un rango de 10 minutos, sumando un total de \$5.13 por proceso en tanque lleno. Adicional a esto se añade un valor por el uso de máquina que estaría rondando los \$7.00 por proceso. Sumando un total final de \$12.13 por proceso en tanque lleno.

3.1 Proceso de manufactura de diseño según elección de diseño.

3.1.1 Diseño de tanque exterior (alojamiento de tanque interior).

Siendo el diseño numero dos el seleccionado se procedió a elaborar un esquema con materiales reciclados, en este caso, ESPOL facilitó un tanque dañado para la construcción, el cual va a servir como alojamiento del tanque que se necesita fabricar, de igual forma facilitó un motor con embrague eléctrico pero debido a su sobredimensionamiento se procedió a evaluar la viabilidad de este, el cual se descartó por el peso y el torque elevado que tenía.



Figura 3-3 Tanque previo a limpieza y adaptación a diseño de forma.

Debido a que tenemos un material inicial para trabajar se evaluaron las formas del proceso de diseño, el cual se presenta el resultado final de una selección de diseños contando con los valores previamente solicitados en la matriz de decisión en la sección capítulo dos.

3.1.2 Diseño de tanque interior

El tanque interior fue seleccionado con material Acero ASTM A-36 con un grosor de 8mm, el cual fue rolado a un diámetro de 500mm para que, dentro del mismo, se genere la torsión requerida por el sistema al momento de ingresar el producto y posterior procesamiento.

Cabe recalcar que los picos de las gráficas de Torque Vs Tiempo nos demuestran que al momento de ingresar el productor si ejercemos un valor constante de presión en todos los punto de ingreso, conseguiremos un mayor valor de torque debido a que las aspas del sistema están actuando sin calor añadido en el sistema (siendo despreciable ya que no asciende la temperatura instantáneamente) después de un tiempo se estabiliza y el torque baja automáticamente, esto quiere decir que, al momento de diseñar debemos de crear una pequeña tolva donde ingrese de la forma más homogénea posible.

En el proceso de rolado se pudo conseguir el diámetro requerido, el mismo que se somete a un proceso de soldadura con electrodos Lincoln E6010 según norma AWS 5.1 (American Welding Society. Committee on Filler Metal. et al., 2008) como base de raíz y posterior a eso electrodo Bohler E7018 según norma AWS 5.1 (American Welding Society. Committee on Filler Metal. et al., 2008) para soldadura en unión a tope.

Los parámetros para usar fueron característicos para el trabajo según el tipo de unión a tope, el cual la abertura de raíz se usó un ancho de 3mm donde se el rango de la soldadura en amperaje 100 [A]-120 [A] dependiendo la velocidad con que se esté aplicando la misma. La base del tanque será soldada en una clásica unión tipo 'Tee' la cual consiste en un bisel a 30 grados que será fusionado con una plancha que en nuestro caso será la base del cilindro. Seguido a esto se limpia en todas las

secciones y se procede a rectificar el hueco interior para tener la mayor área cilíndrica posible en el tanque ya que pudo haber deformado en el proceso.

3.1.3 Reparación de motoreductor.

La reparación del reductor consistió en cambio de rodamientos debido a desgaste, reparación de asientos de rodamientos, cambio de vinchas según medidas, cambio de o-rings, fabricación de un piñón recto para sistema planetario, armado, sellado con silicona y 2 litros de aceite SAE40. Para la medida final al mecanizado de los asientos se usó la tolerancia H7/h6.

3.1.4 Diseño - Fabricación de eje – Selección de chumacera

La fabricación del eje será a partir de un eje macizo Ø28.00mm AISI 4340, el cual se tendrá que rebajar el diámetro a medida de la chumacera elegida que es la SKF FY 25 TF, el cual tiene Ø25.00mm usando las tolerancias **H7/h6** para eje y alojamiento respectivamente. Esta chumacera nos brinda una velocidad límite de 7000 Rev/min, el cual encaja para los parámetros.

La canal o chavetero será fabricada según la tabla de parámetros para chavetas donde entra en el rango de 22 mm – 30 mm el cual indica que la canal debe tener una profundidad de 4mm x 8 mm de ancho, de igual forma la cuña debe tener 8mm x 7mm debido a la tolerancia.

Cabe recalcar que el gusano interior es izquierdo, esto debido a que la mezcla debe ser uniforme en todo momento para garantizar que todo el material se procesado.

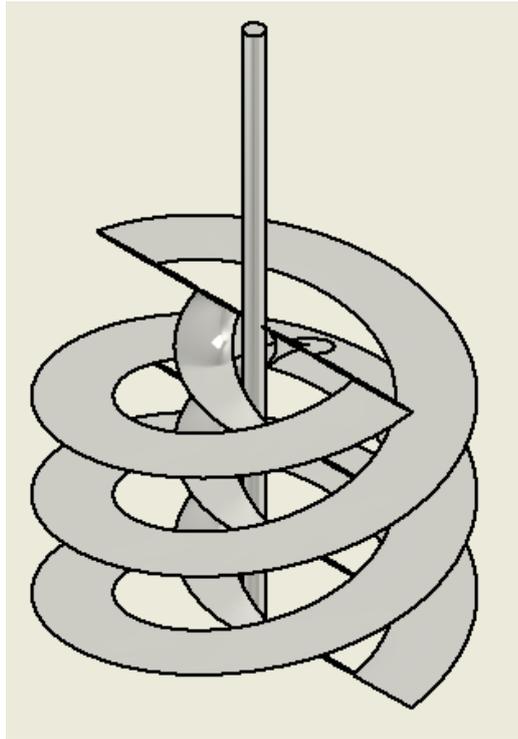


Figura 3-4 Diseño de forma de eje con gusano exterior e interior.

Al momento de soldar el acero AISI4340 debe seguirse un protocolo para que el material no pase bruscamente de una temperatura ambiental a una temperatura de fusión, lo cual hace cambiar de estado las martensitas fragilizándolo y creando un efecto “quebradizo” en el acero. Este tratamiento previo de la soldadura debe mantenerse hasta el final del proceso de este, finalmente el material debe ser enfriado lentamente aproximadamente debe tomar 10,000 [s] hasta temperatura ambiente. Los parámetros de precalentamiento están en un valor entre 150 Celsius y 250 Celsius.



Figura 3-5 Proceso de soldadura de eje con gusano interior, pre-calentamiento de AISI4340

Adicional a esto, para soldar esta aleación debe usarse un electro bajo en hidrogeno el cual por recomendación se usa el E7018 en rangos normales de operación según el fabricante.

Finalmente se da el ángulo de ataque de las espirales o cuchillas y se procede a rectificar las espirales en un torno tipo revolver a 800 revoluciones por minuto con una cuchilla de widia recta.

3.1.5 Diseño y manufactura de polea conducida.

Finalmente se procede a mecanizar las poleas según los diámetros requeridos que han sido calculados previamente para obtener las revoluciones necesarias.



Figura 3-6 Mecanizado de polea en aluminio según cálculos.

El diseño de forma final se presenta a continuación, en un bosquejo en tres Dimensiones usando la herramienta Autodesk Inventor, en el cual se puede apreciar los diferentes elementos que conforman la máquina.



Figura 3-7 Diseño de tanque conjunto con motor y poleas, tapa abierta para mejor entendimiento de operación.

Finalmente se añade un aislante térmico al interior de la pared, el cual va a permitir que el tanque en la parte exterior caliente de manera excesiva, el mismo puede variar dependiendo a los factores térmicos que se consideren al momento del diseño del tanque.



Figura 3-9 Prueba de temperatura en interior del tanque.



Figura 3-8 Prueba de temperatura en exterior de tanque con aislante.

3.2 Proformas de trabajos

La suma total del proyecto ronda los \$2110.00 dólares americanos, los cuales, comparados con las procesadoras industriales de alta capacidad tiene un costo mucho menor debido a que se adquieren desde los \$8000.00 aumentando el precio considerablemente. Los valores por proceso varían dependiendo a los vatios requeridos para el mismo lo que conlleva a que el costo unitario de cada mezcla varie, de igual forma, el tipo de plástico reciclado y aceite derivado del petróleo va a hacer que el consumo de la maquina aumente o disminuya, esto debe ser analizado dependiendo el uso que este direccionada la máquina.



Figura 3-10 Tanque armado para prueba completa.

El aporte de calor que debemos añadir al sistema equivale casi un 100% de un tanque de GLP de 15Kg, debido a que este gas licuado se convierte en gas a presiones atmosféricas normales no podemos cuantificar cuando volumen quemamos en el proceso. Con los valores reales de cuanta cantidad de energía vamos a usar en el proceso, podemos estimar un valor real de operación dependiendo a la cantidad de material y el tiempo que se va a trabajar.

De igual forma, cabe recalcar que el valor por proceso siempre estará ligado a la cantidad de capital que existe para poder desarrollar el proyecto, debido a esto, el uso de mejores elementos y/o materiales, puede generar un sistema más eficiente comparado con el inicial.

Finalmente se presenta el diseño según la forma solicitada en el software, siendo así el último paso la fabricación de una guarda para la polea y banda. Adicional una llave de paso el cual permitirá que el producto fluya hacia una trampa o algún molde.



Figura 3-11 Tanque terminado con guarda para poleas y banda.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La máquina prototipo permitió procesar los plásticos y aceites para la formación de un nuevo material reciclado a bajo costo a partir de mezclas varias definidas en parámetros establecidos. De igual forma el producto final (nuevo material) está dispuesto a impulsar una optimización más a fondo del material que pueden estar desarrollando a partir de varias mezclas entre diferentes tipos de plásticos y aceites, colaborando así de manera directa a la economía circular. Esto a su vez permitiendo que la mayoría de producto se pueda reusar en diferentes aplicaciones industriales dependiendo al tipo de mezcla que se obtenga como producto final.



Figura 4-1 Producto final embarcado listo para entrega.

4.1 Conclusiones

- Aplicando los parámetros de diseños y las investigaciones realizadas en el equipo Bravender, se pudo determinar valores máximos de torques para los procesos, siendo así, en una mezcla específica elegida de 75% plástico y %25 aceite, los torques no superaron los 16 [N.m] al momento de ingreso, esto quiere decir que la máquina debe estar operando previamente (calentada a la temperatura 200 grados Celsius) para que este valor no se eleve drásticamente.
- Los rangos de operación de la maquina están previstos en valores de velocidades 100 [revoluciones/minuto] en transmisión de reductor a polea, capacidad de tanque para operación veinticinco kilogramos, voltaje necesario para reductor 220 voltios trifásico, tiempo de procesamiento alrededor de 10 minutos dependiendo la cantidad de material y tipo de mezcla que se esté usando.
- El equipo permitió fundir y mezclar el plástico y el aceite, esto para desarrollar un nuevo material, donde se prevé que la formula este alrededor de 75% plástico y %25 aceite, precautelando que la formulación no supere un torque máximo de 16 [N.m] y una temperatura de 200°C, bajo estas premisas es posible procesar variando el tipo de plástico y aceite, así como sus concentraciones.
- El prototipo desarrollado fue de bajo costo en comparación con los procesos tradicionales de reciclaje los cuales van a tener un costo aproximado de \$5.15 por proceso en tanque lleno (25 Kg).

4.2 Recomendaciones

- El proceso de mecanización debe seguirse según los planos mecánicos, con tolerancias requeridas, esto debido al ajuste que deben tener los rodamientos y ejes en cada punto necesario. La indebida tolerancia de estos puede generar vibraciones que afecten el sistema conjunto de reductor, polea eje.
- Se puede mejorar el proceso de construcción aplicando diámetros menores al momento de elegir las capacidades del tanque, esto debido a que el tiempo de fabricación de estos son altos. De igual forma, el eje puede tener un mayor factor de seguridad siendo este un número superior a 2, cabe recalcar que este aumento de diámetro significa un mayor valor monetario al momento de adquirir los materiales.

- El tablero de operación puede ser sustituido por un accionador simple el cual permita el paso de la corriente al reductor, el mismo que a su vez pueda añadirse un regulador de corriente en caso de variaciones no programadas de voltaje.
- Al momento de que se desee realizar diferentes mezclas, recordar que la maquina está establecida para parámetros calculados, los cuales están basados en pruebas en equipos de investigación.
- La aplicación de un termómetro interior para medir temperatura de mezcla puede ser implementado según los parámetros que requieran en cada prueba.
- El encendido eléctrico y remoto del calentador puede ser fundamental para automatizar el proceso que se están iniciando, ya que manualmente puede llegar a ser peligroso debido a la quema directa del gas.
- Se recomienda la fabricación de una guarda metálica para que no exista riesgo de atrapamiento en extremidades.

BIBLIOGRAFÍA

- American Welding Society. Committee on Filler Metal., American Welding Society. Technical Activities Committee., & American National Standards Institute. (2008). *Procurement guidelines for consumables - welding and allied processes - flux and gas shielded electrical welding processes*. American Welding Society.
- Drozdowska, V., Freda, W., Baszanowska, E., Rudź, K., Darecki, M., Heldt, J. R., & Toczek, H. (2013). Spectral properties of natural and oil polluted Baltic seawater - results of measurements and modelling. In *European Physical Journal: Special Topics* (Vol. 222, Issue 9, pp. 2157–2170). <https://doi.org/10.1140/epjst/e2013-01992-x>
- Estudio Preliminar de la Calidad del Agua en Tres Puntos de la Quebrada La Palmara y la Presencia de Contaminantes Aceites Grasas Hidrocarburos y Detergentes en la Bocatoma Melgar Tolima 2017*. (n.d.).
- Grigorescu, R. M., Grigore, M. E., Iancu, L., Ghioca, P., & Ion, R. M. (2019). Waste electrical and electronic equipment: A review on the identification methods for polymeric materials. In *Recycling* (Vol. 4, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/recycling4030032>
- informeCCA-micro_nanoplasticos_ES051119ac-003*. (n.d.).
- Jeyakumar, M., & Christopher, T. (2013). Influence of residual stresses on failure pressure of cylindrical pressure vessels. *Chinese Journal of Aeronautics*, 26(6), 1415–1421. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2013.07.025>
- Kresisch, T. 1953-. (2015). *Mezclador de cintas: planos de conjunto y detalles para fabricación*. Mundi-Prensa.
- Tawfeek, T. (2017). Study the Influence of Gas Metal Arc Welding Parameters on the Weld Metal and Heat Affected Zone Microstructures of Low Carbon Steel. *International Journal of Engineering and Technology*, 9(3), 2013–2019. <https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i3/1709030272>
- Técnico, A., Zenner De Polanía, I., & Peña Baracaldo, F. (n.d.). *AMBIENTAL: UNA REVISIÓN PLASTIC PRODUCTS IN AGRICULTURE: BENEFICE AND AMBIENT COST: A REVIEW*.

- Thushari, G. G. N., & Senevirathna, J. D. M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. In *Heliyon* (Vol. 6, Issue 8). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>
- Albert Bosch Navarro, Joaquim Castellà Espuny, Mariano Domingo Álvarez, Rosaura Farré Rovira, Margarita Garriga Turón & Jesús Gómez Catalán. (2019). *Microplásticos y nanoplásticos en la cadena alimentaria. Situación actual*.
- American Welding Society. Structural Welding Committee, American Welding Society. Technical Activities Committee & American National Standards Institute. (2020). *Structural welding code steel*.
- AZO MATERIALS. (2018). *AISI4340 - Alloy Steel (UNS G43400)*. <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6772>
- Eckert, M., Krbata, M., Barenyi, I., Majerik, J., Dubec, A. & Bokes, M. (2020). Effect of selected cooling and deformation parameters on the structure and properties of AISI 4340 steel. *Materials*, 13(23), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ma13235585>
- Erika Rodriguez & Rayssa Diaz. (2017). *Estudio Preliminar de la Calidad del Agua en Tres Puntos de la Quebrada La Palmara y la Presencia de Contaminantes Aceites Grasas Hidrocarburos y Detergentes en la Bocatoma Melgar Tolima 2017*.
- Ibrahim, A. & Damian, U. (2022). Design and Fabrication of a Plastic Pyrolysis-Densifier. *Direct Research Journal of Engineering and Information Technology*, 9(4), 128–135. <https://doi.org/10.26765/DRJEIT9182834756>
- Jamiu Odusote. (2015). *DESIGN AND FABRICATION OF A POLYTHENE/NYLON WASTES RECYCLING MACHINE*. <https://www.researchgate.net/publication/275245832>
- Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation. (2001). *Polycarbonate thermal properties* (p. 27).
- OSINERGMIN. (2011). El gas natural y sus diferencias con el GLP. *Teps Group S.A.C. Por Encargo de OSINERGMIN - GART, Según CLS OSINERGMIN N° - 036 - 2011*, 2–16.
- Posada Bustamante, B. (2012). La Degradacion de los plasticos. *Revista Universidad EAFIT*, 67–86.
- BESTORQ. (2017). *Proper belt tensioning*.

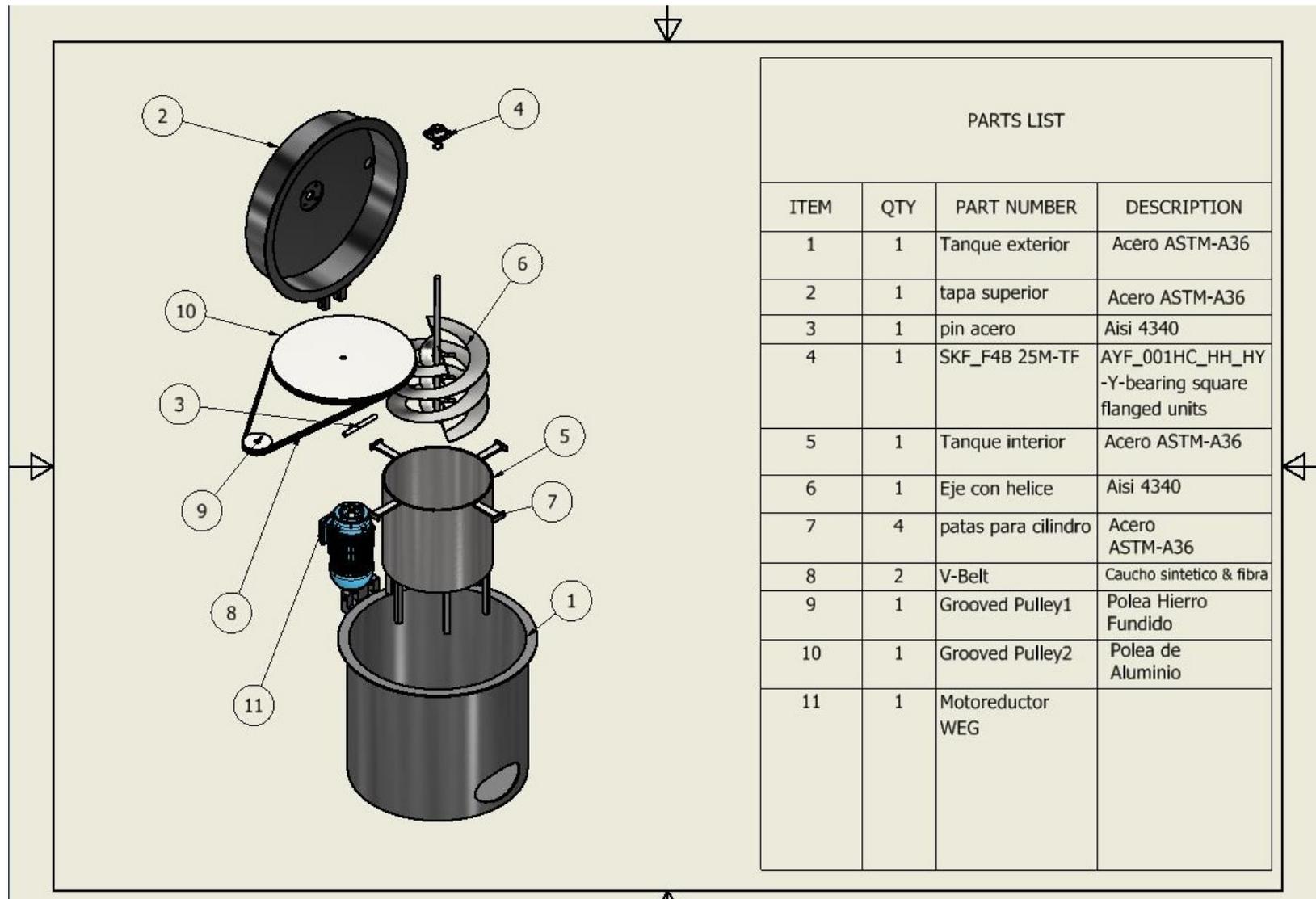
Ritchie, H. & Roser, M. (2020). 5/12/2020 *Plastic Pollution-Our World in Data*
<https://ourworldindata.org/plastic-pollution>. <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation. (2001). Polycarbonate thermal properties
(p. 27).

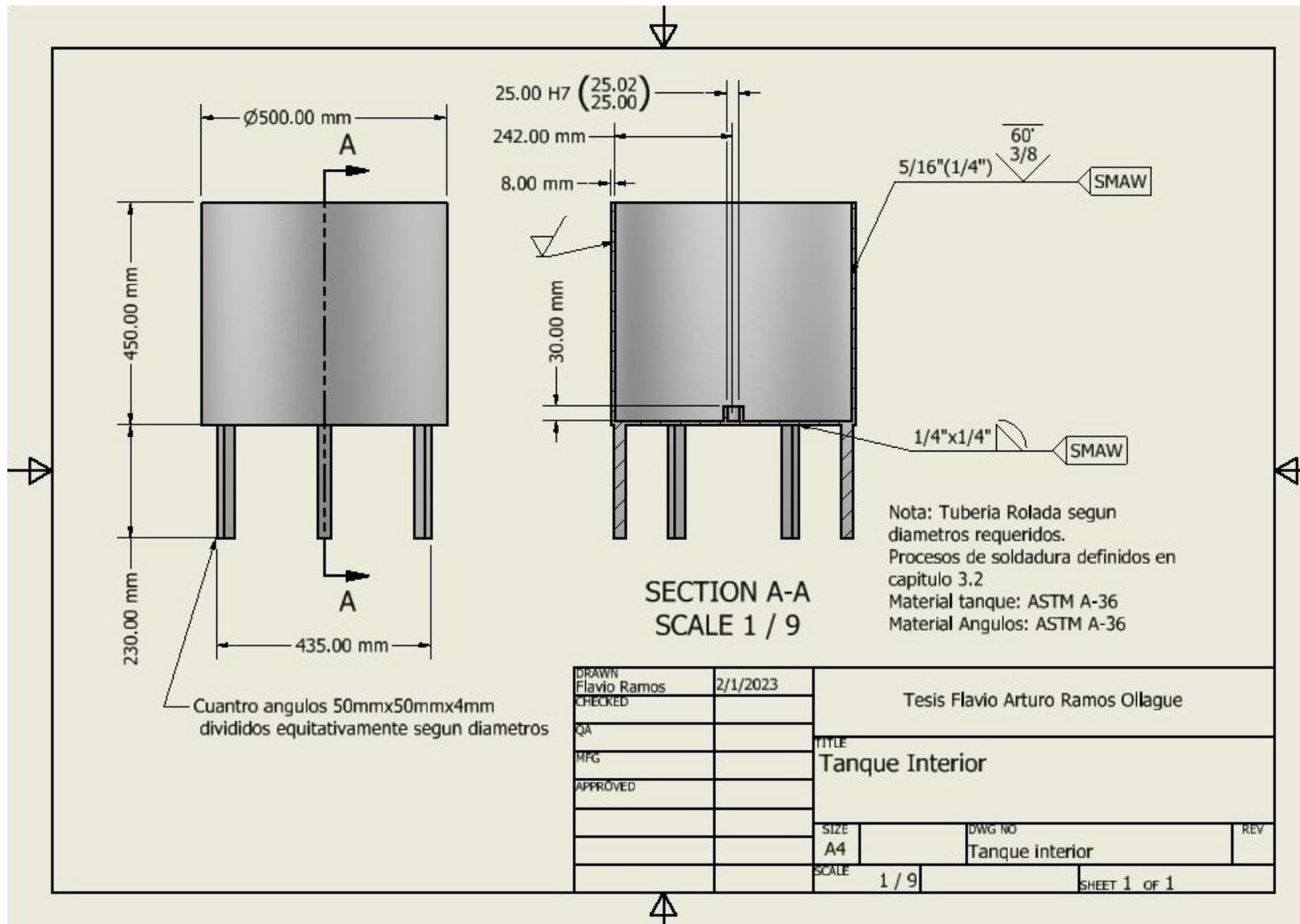
OSINERGMIN. (2011). El gas natural y sus diferencias con el GLP. *Teps Group S.A.C.*
Por Encargo de OSINERGMIN - GART, Según CLS OSINERGMIN N° - 036 - 2011,
2–16. Retrieved from <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/hm000661.pdf>

APÉNDICES

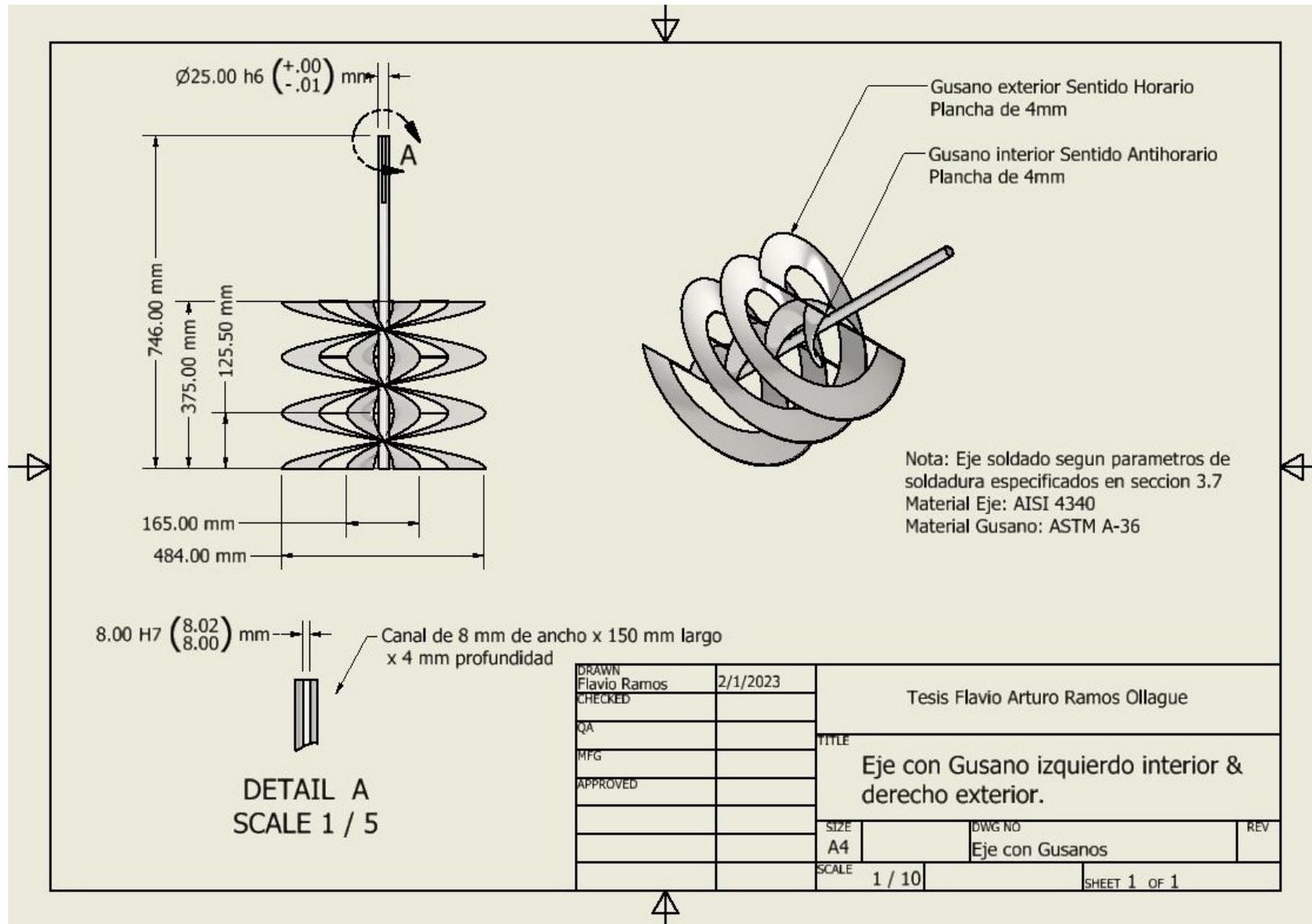
APÉNDICE A - PLANOS



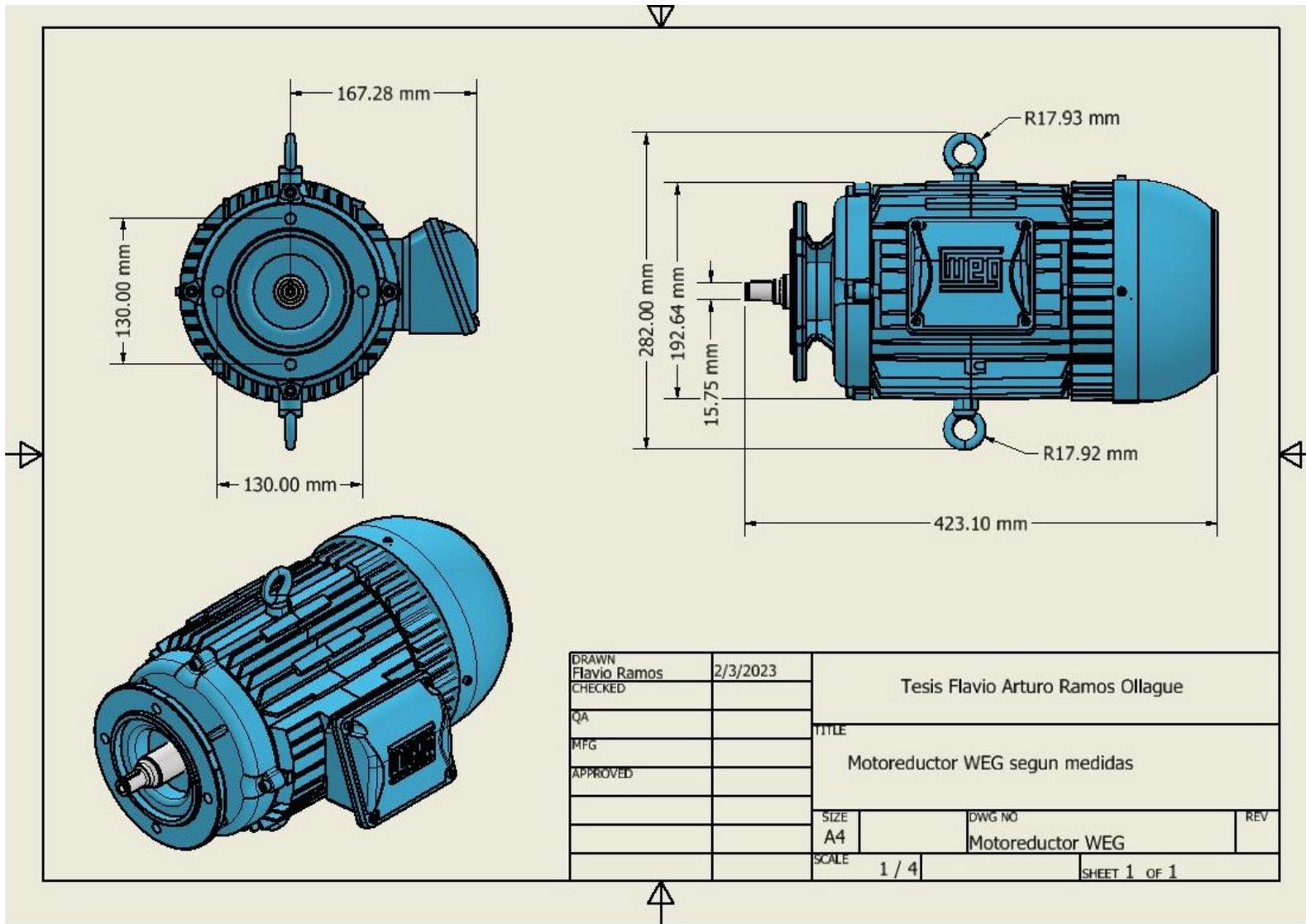
Plano 1 Despiece de partes según modelo general.



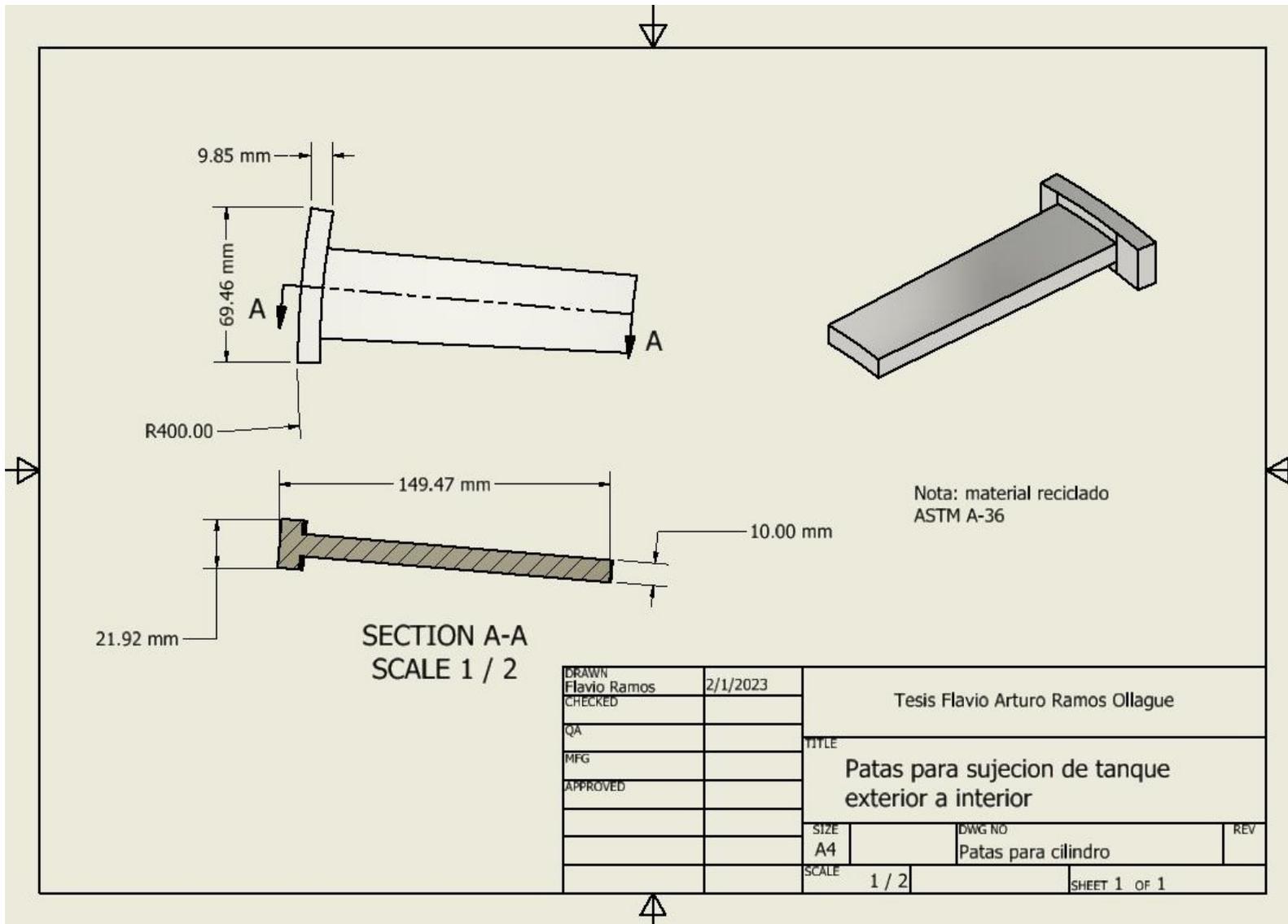
Plano 2 Plano detallado de fabricación de tanque interior.



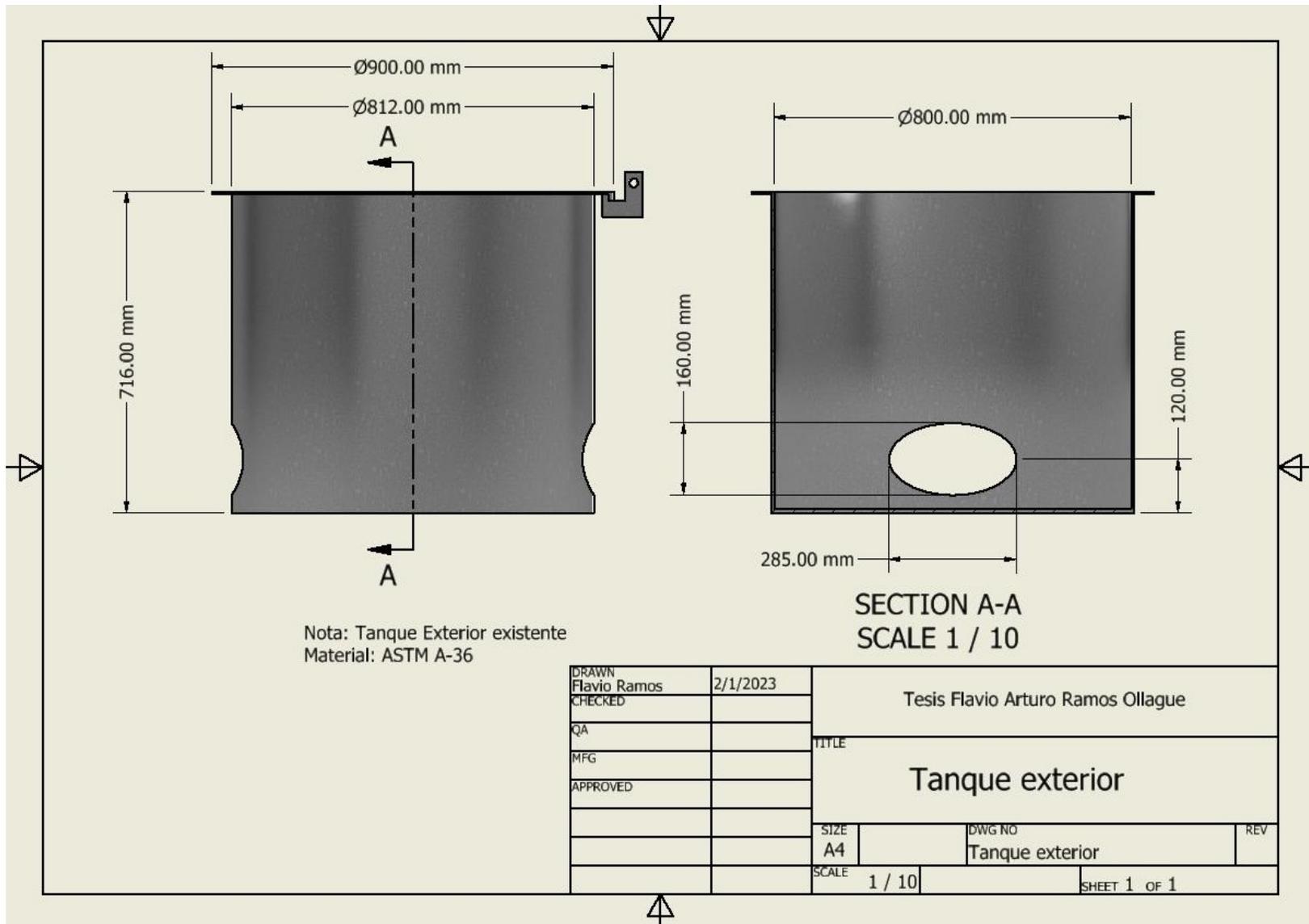
Plano 3 Plano detallado fabricación de eje con gusano interior y exterior.



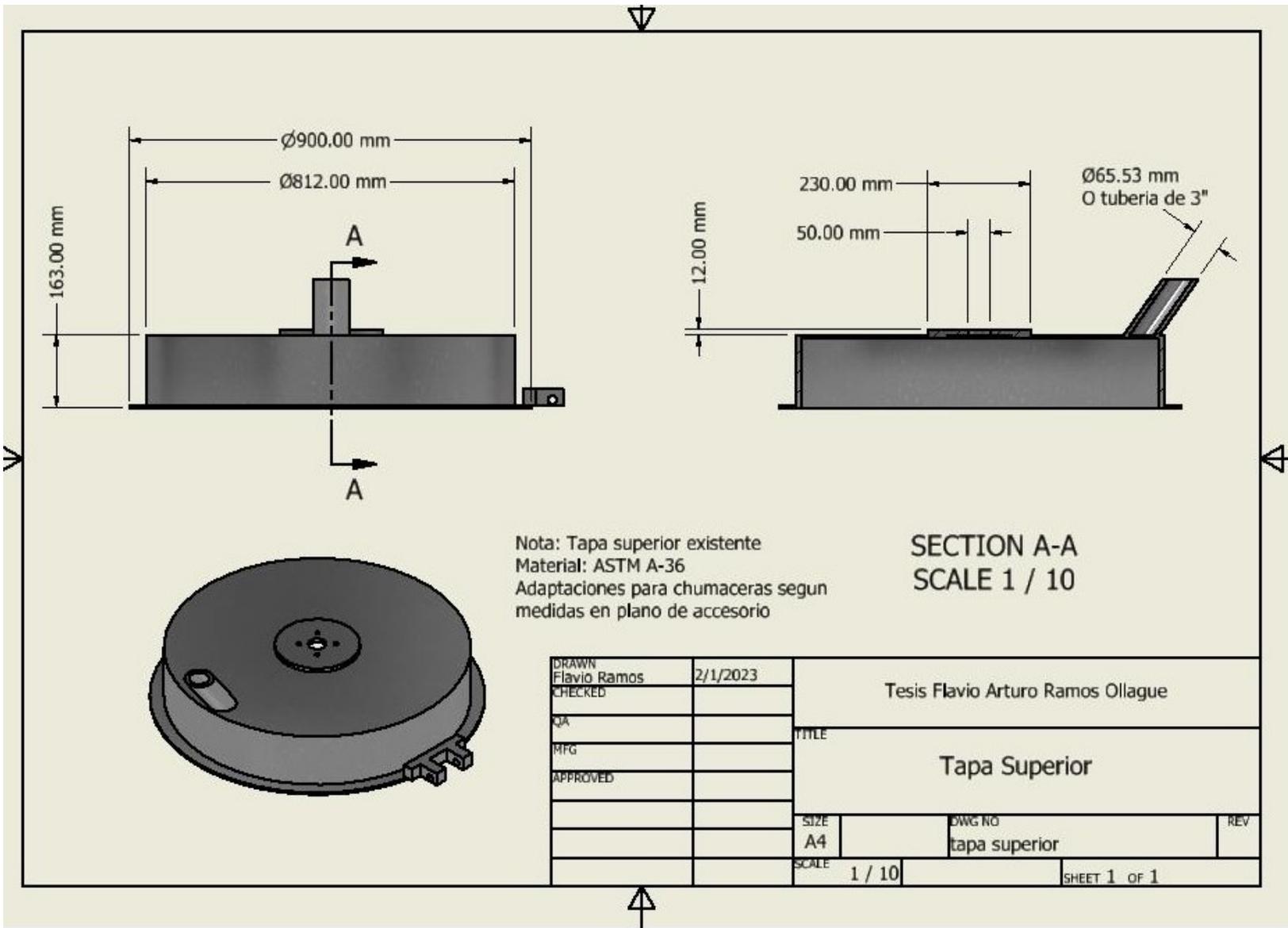
Plano 4 Plano selección de motoreductor según valores requeridos.



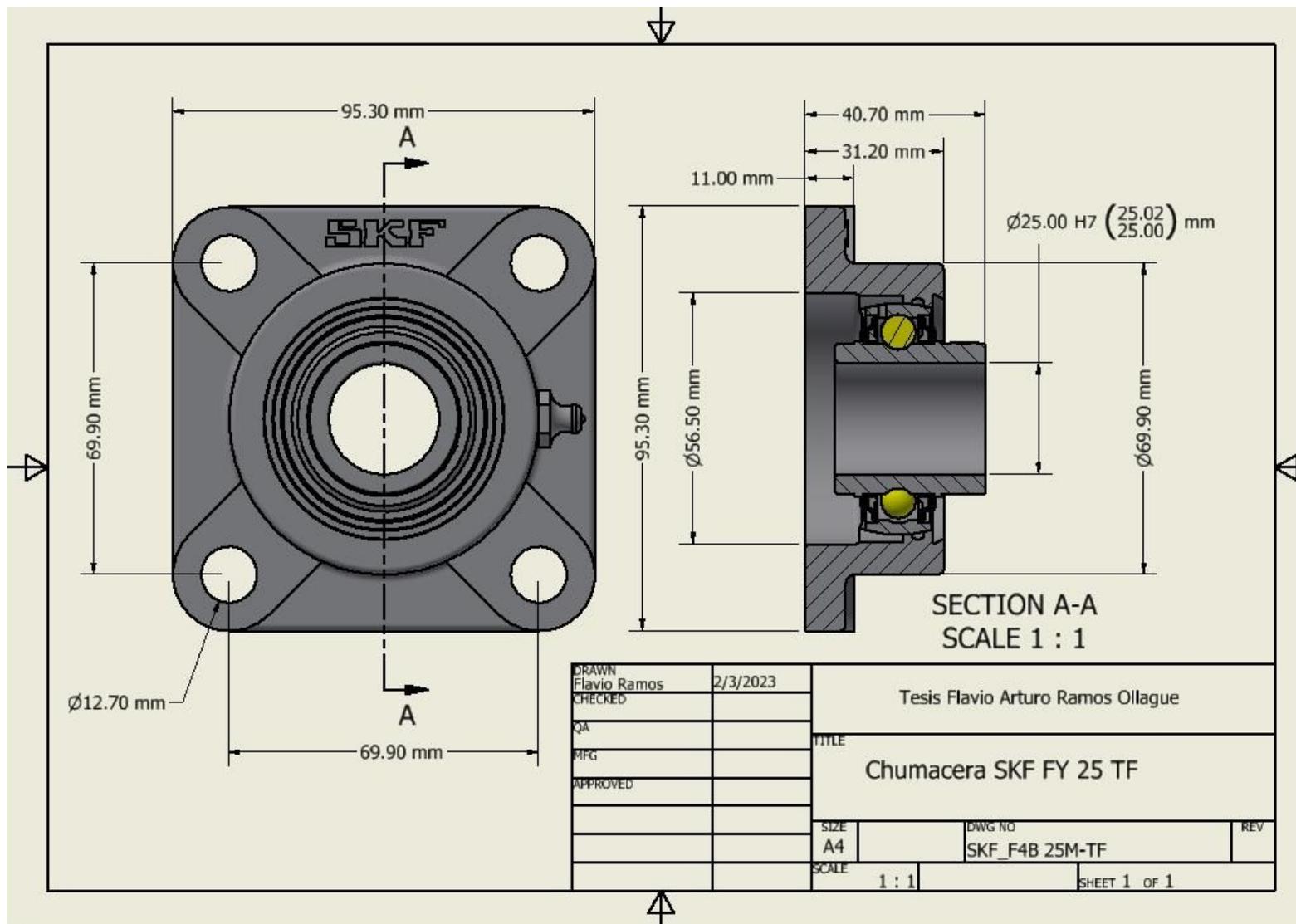
Plano 5 Plano detallado fabricación patas para sujeción de tanque interior con tanque exterior.



Plano 6 Plano detallado fabricación de Tanque exterior.



Plano 7 Plano detallado fabricación de tapa superior.



Plano 8 Plano detallado fabricación de chumacera seleccionada.

Apéndice B – Detalles de procesos

Proceso para poder tensar las bandas

Para poder tensar la banda, se siguió un proceso recomendado por “BESTORQ® POWER TRANSMISSION PRODUCTS”(BESTORQ, 2017) el cual consiste en:

1. Dimensionar la distancia entre centros desde la polea ‘A’ hasta la polea ‘B’.
2. Ubicar el centro de esa distancia dimensionada.
3. Usando una galga o medidor de fuerza, aplicar una fuerza tal que el punto elegido en el paso dos, se deflecte $1/64$ ” por cada 1” de distancia entre centro tomado en el paso uno.

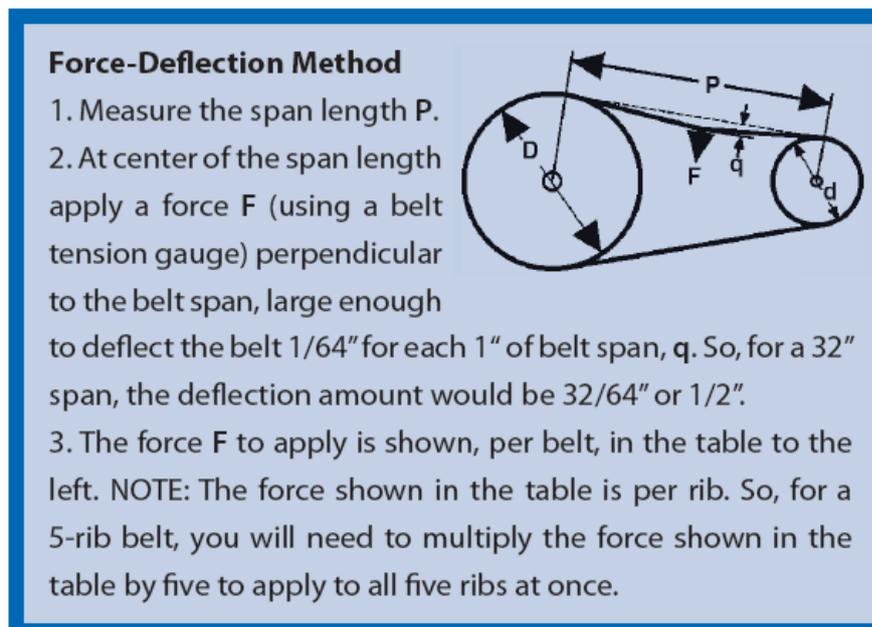


Figura Apéndice- 1 Método de fuerza - deflexión para bandas.

Tablas Apéndice - 1 para esfuerzos de fluencias de acero AISI430

Material	K_{Ic} , MPa \sqrt{m}	S_y , MPa
Aluminio		
2024	26	455
7075	24	495
7178	33	490
Titanio		
Ti-6AL-4V	115	910
Ti-6AL-4V	55	1 035
Acero		
4340	99	860
4340	60	1 515
52100	14	2 070

Diagrama CCT para AISI 4340

La presenta tabla se usó para guiarnos en los tiempos de enfriamiento post-soldadura, esto para evitar las transformaciones no deseadas en el material, debilitando las propiedades físicas y mecánicas de este.

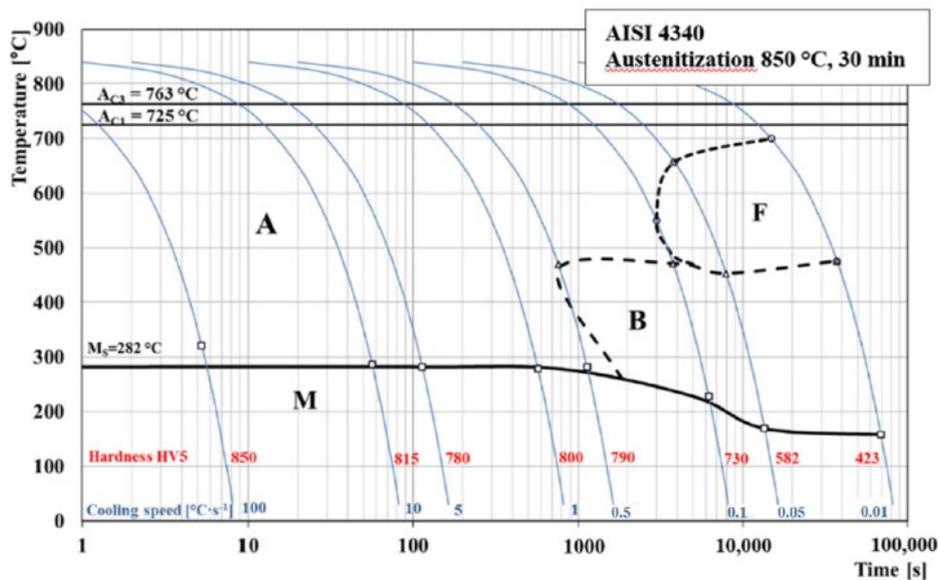


Figura Apéndice -2 Diagrama CCT para AISI 4340

Tablas para dimensionamientos y tolerancias de eje y diámetros interiores de alojamientos (huecos).

	ISO SYMBOL		DESCRIPTION	
	Hole Basis	Shaft Basis		
Clearance Fits	H11/c11	C11/h11	<u>Loose running fit</u> for wide commercial tolerances or allowances on external members.	<p>More Clearance</p>  <p>More Interference</p>
	H9/d9	D9/h9	<u>Free running fit</u> not for use where accuracy is essential, but good for large temperature variations, high running speeds, or heavy journal pressures.	
	H8/f7	F8/h7	<u>Close running fit</u> for running on accurate machines and for accurate location at moderate speeds and journal pressures.	
	H7/g6	G7/h6	<u>Sliding fit</u> not intended to run freely, but to move and turn freely and locate accurately.	
Transition Fits	H7/h6	H7/h6	<u>Locational clearance fit</u> provides snug fit for locating stationary parts; but can be freely assembled and disassembled.	
Transition Fits	H7/k6	K7/h6	<u>Locational transition fit</u> for accurate location, a compromise between clearance and interference.	
	H7/n6	N7/h6	<u>Locational transition fit</u> for more accurate location where greater interference is permissible.	
Interference Fits	H7/p6 ¹	P7/h6	<u>Locational interference fit</u> for parts requiring rigidity and alignment with prime accuracy of location but without special bore pressure requirements.	
	H7/s6	S7/h6	<u>Medium drive fit</u> for ordinary steel parts or shrink fits on light sections, the tightest fit usable with cast iron.	
	H7/u6	U7/h6	<u>Force fit</u> suitable for parts which can be highly stressed or for shrink fits where the heavy pressing forces required are impractical.	

¹Transition fit for basic sizes in range from 0 through 3 mm.

Figura Apéndice - 3 Breve resumen de tolerancias y ajustes.

Tabla detallada de varias propiedades mecánicas AISI4340

Mechanical Properties		
The mechanical properties of annealed AISI 4340 alloy steel are displayed in the following table.		
Properties	Metric	Imperial
Tensile strength	745 MPa	108000 psi
Yield strength	470 MPa	68200 psi
Bulk modulus (typical for steel)	140 GPa	20300 ksi
Shear modulus (typical for steel)	80 GPa	11600 ksi
Elastic modulus	190- 210 GPa	27557- 30458 ksi
Poisson's ratio	0.27- 0.30	0.27-0.30
Elongation at break	22%	22%
Reduction of area	50%	50%
Hardness, Brinell	217	217
Hardness, Knoop (converted from Brinell hardness)	240	240

Figura Apéndice - 4 Tabla de propiedades mecánicas AISI4340.(AZO MATERIALS, 2018)

Datasheet Soldadura Bohler E7018



BÖHLER FOX 7018

Electrodo de acero al carbono de bajo contenido de hidrógeno, para soldar uniones estructurales y de alta resistencia mecánica.

Especificación								
AWS A5.1	AWS A5.1M							
E7018	E4918							
Campo de aplicación								
<p>Böhler Fox 7018 se recomienda para trabajos de soldadura en aceros estructurales, de construcción, aceros para recipientes a presión, calderas y tuberías, aceros para maquinaria pesada y herramientas.</p> <p>Böhler Fox 7018 se utiliza para soldar entre otros, los siguientes materiales:</p>								
ASTM	Material de Base							
A 283, A 36	Placa estructural							
A 285, A 515, A 516 Gr 55,60	Placas para recipientes a presión y calderas							
A 53 Gr B, A 106 Gr B, API Spec 5L Gr. X42,X52,	Tubos							
A 131 Gr A, B, CS, D, DS,E	Placas, perfiles y barras para la construcción naval							
Características								
<p>Böhler Fox 7018 se puede soldar en todas posiciones y tienen un arco estable. El depósito es resistente a la fragilización por hidrógeno. No se ve afectado por las impurezas de los aceros. Se puede utilizar con corriente alterna, siempre y cuando la tensión en vacío de la fuente de poder sea lo suficientemente alta. Rendimiento 120%.</p>								
Análisis estándar del depósito (% en peso)								
C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	P	S
< 0.15	< 1.60	< 0.75	< 0.30	< 0.20	< 0.30	< 0.08	< 0.035	< 0.035
Propiedades mecánicas del depósito								
Resistencia a la Tracción	Límite de Cedencia Rp 0.2%	Alargamiento (l = 4d)		Tenacidad Charpy (-30°C)				
MPa	MPa	%		Joules				
> 490	> 400	> 22		> 27				
Instrucciones para soldar								
<p>Mantener arco corto. Utilice sólo electrodos secos. Electrodos que han estado expuestos al ambiente durante varias horas, se deben secar a una temperatura entre 250 a 300 °C de 2 a 3 h.</p>								
Posiciones de soldadura	Tipos de corriente							
	<p>Corriente Directa / Electrodo Positivo (DC/EP) (= +)</p> <p>Corriente Alterna (~)</p>							
Parámetros recomendados								
Electrodo	Ø x L (mm)	2.4 x 350	3.2 x 350	4.0 x 450	5.0 x 450	6.0 x 450		
Amperaje	(A)	80 - 100	110 - 150	140 - 200	200 - 260	210 - 350		
Presentaciones								
StaPack	Otras presentaciones consultar con su Representante Técnico							
Caja de 50 Lbs.								
<p>Los datos e información contenidos en esta ficha técnica son exclusivamente para dar orientación acerca de la aplicación de ciertos productos. El usuario es totalmente responsable de la debida utilización de dichos productos para dar cumplimiento con los estándares, especificaciones, procedimientos de mantenimiento y códigos de construcción, fabricación, montaje o reparación aplicables.</p>								

Figura Apéndice - 6 Datasheet completo soldadura Bohler E7018 AWS A5.1 .

Datasheet Soldadura Bohler E6013



BÖHLER AWS E6013

Rutile-cellulosic stick electrode, unalloyed

Classifications						
EN ISO 2560-A	EN ISO 2560-B	AWS A5.1	AWS A5.1M			
E 42 0 RC 1 1	E4312 A	E6013	E4313			
Characteristics and typical fields of application						
Rutile-cellulosic electrode with good weld ability in all positions including vertical down. Excellent gap-bridging and arc-striking ability. For tack welding and load fit ups. General purpose for industry and trade, assembly and shop welding						
Base materials						
Steels up to a yield strength of 380 MPa (52 ksi) S235JR-S355JR, S235JO-S355JO, P195TR1-P265TR1, P195GH-P265GH, L245NB-L360NB, L245MB-L360MB, shipbuilding steels: A, B, D ASTM A 106 Gr. A, B; A 283 Gr. A, C; A 285 Gr. A, B, C; A 501 Gr. B; A 573 Gr. 58, 65; A 633 Gr. A, C; A 711 Gr. 1013 API 5 L Gr. B, X42, X52						
Typical analysis of all-weld metal						
	C	Si	Mn			
wt.-%	0.08	0.4	0.5			
Mechanical properties of all-weld metal – typical values (min. values)						
Condition	Yield strength R _{e0.2}	Tensile strength R _m	Elongation A (L ₀ =5d ₀)	Impact work ISO-V KV J		
	MPa	MPa	%	+20°C	±0°C	
u	440 (≥ 420)	540 (500 – 640)	22 (≥ 20)	80	55 (≥ 47)	
u untreated, as welded						
Operating data						
	Polarity DC (-) / AC	Redrying: not necessary	Electrode identification: BÖHLER AWS E6013 E 42 0 RC 1 1	ø mm	L mm	Amps A
				2.0	300	40 – 60
				2.5	350	60 – 100
				3.2	350	90 – 140
				4.0	350	150 – 190
5.0	450	190 – 240				
Approvals						
TÜV (12680.), ABS, DNV GL, CE						

All information provided is based upon careful investigation and intensive research. However, we do not assume any liability for correctness and information is subject to change without notice.

09/2016
www.voestalpine.com/welding

Figura Apéndice - 7 Datasheet completo soldadura Bohler E6013 AWS A5.1 .

Datasheet Soldadura Lincoln E6010

ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)

E 6010

Acero Dulce, Celulósico - AWS E6010

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Revestimiento celulósico que genera alta energía en el arco.
- Sus depósitos están libres de poros e inclusiones de escoria, lo cual proporciona seguridad en la inspección radiográfica.
- Presenta arco estable con moderada densidad de salpicaduras, de fácil encendido y reencendido.

POSICIONES DE SOLDADURA

Todas.

APLICACIONES TÍPICAS

- Adecuado para los cordones de raíz en estructuras, tanques, soldaduras de planchas pesadas y láminas gruesas.
- Tipos de tuberías tales como API 5LX Gr. X42, X46, X52, X56, y ASTM: A53 Gr. A, B; A105; A106 Gr. A, B; A134; A 135 Gr. A, ; A 139 Gr. A, B, C y D.
- Combinando pase de raíz con GRICON 29 más relleno con GRICON 15.

NORMAS

AWS A5.1:	E6010
ASME SFA 5.1:	E6010

DIÁMETROS/ EMPAQUE

Diámetro		Longitud (mm)	Caja Auto Armable 5 kg. Caja Master 20 kg.
(mm)	(pulg)		
2,50	3/32	350	E6010-33220
3,25	1/8	350	E6010-180020
4,00	5/32	350	E6010-53220
5,00	3/16	350	E6010-31620

PROPIEDADES MECÁNICAS. (VALORES TÍPICOS)

	Esfuerzo de Fluencia	Resistencia a la Tracción	Alargamiento	Impacto
Requerimientos AWS E6010	455 N/mm ² [63 ksi]	590 N/mm ² [84 ksi]	27%	70 J a - 30°C

COMPOSICIÓN QUÍMICA. (VALORES TÍPICOS)

	%C	%Mn	%Si	%S
Requerimientos AWS E6010	0,09%	0,44%	0,18%	0,02%

PROCEDIMIENTOS TÍPICOS DE OPERACIÓN

Polaridad	Corriente (Amps)			
	2,50 mm	3,25 mm	4,00 mm	5,00 mm
C.C (+)	50-80	75-120	110-160	140-200

Figura Apéndice - 8 Datasheet Soldadura Lincoln E6010 AWS A5.1.

Detalle de proceso de manufactura de tanque

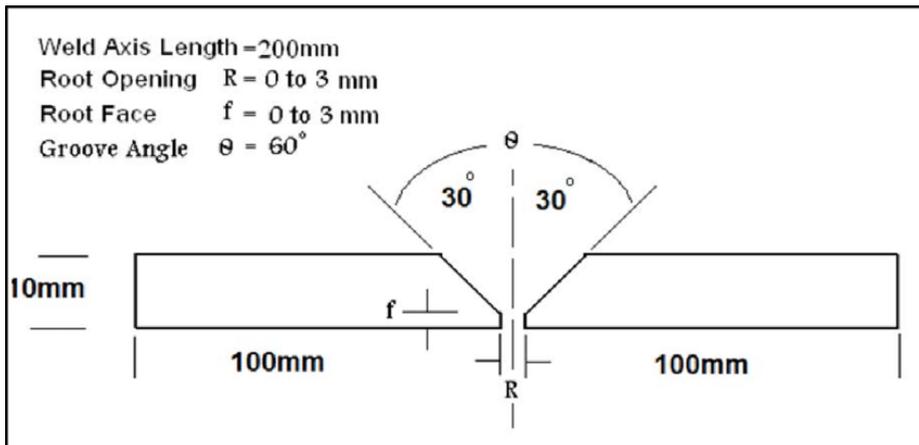


Figura Apéndice - 9 Detalle de preparación de materia base para unión a tope usando proceso SMAW según código AWS.(American Welding Society. Structural Welding Committee et al., 2020)



Figura Apéndice - 10 Preparación de material base previo a soldadura con raíz 3.00mm y ángulo de 60 grados.

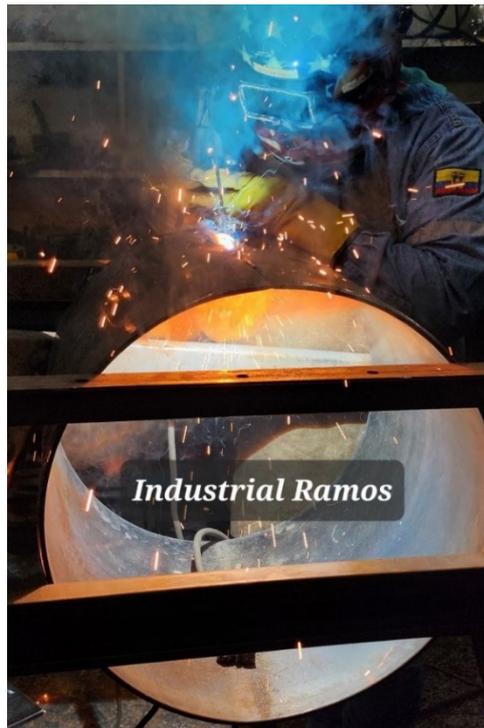


Figura Apéndice - 11 Proceso de soldadura paso raíz.

Reparación de motoreductor.



Figura Apéndice - 12 Relleno con soldadura de aluminio para recuperación de diámetro previo mecanizando a medida de rodamiento nuevo.



Figura Apéndice -13 Cambio de rodamientos NTN 3232007X y reparacion de engranajes planetarios.

Proceso de manufactura de eje con gusano.



Figura Apéndice -14 Pre-calentamiento de eje a 250°C.



Figura Apéndice -15 Fresado de eje según planos.

Proformas de trabajo.

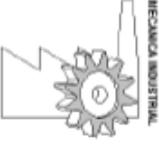
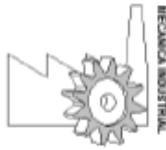
	<p>MECANICA INDUSTRIAL Taller Ramos R.U.C. 0924156193001</p> <p style="font-size: small;">Se realiza trabajos de mecanización , cálculo diseño y construcción de piezas y maquinaria industrial. Inspecciones y Peritajes para compañías aseguradoras , evaluaciones de equipos Dirección: Portete 1118 y Villavicencio Teléfonos: 2580449 2581557 0999484036 E mail : f_ramos@gje.satnet.net - Flaviooramos96@gmail.com Guayaquil - Ecuador</p>																																									
PROFORMA No. A009029																																										
EMPRESA:	S/N	ATTN.: Flavio Arturo Ramos																																								
FECHA:	20 de Enero de 2023																																									
DIRECC.:																																										
<p>* Construcción tanque según planos aplicando medidas , tolerancias requeridas y procesos de soldadura</p> <p>Incluye: Rolado de plancha según diámetros específicos Ø500.00 mm Cortado de plancha redonda para base de cilindro Ø500.00 mm Soldado de plancha según proceso requerido incluye soldadura E6010 & E7018 Soldado de base de cilindro según proceso requerido incluye soldadura E6010 & E7018 Mecanizado de diámetro interior para cilindrar área longitud 300mm Perfilado de caras según medidas</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Costo Material</td> <td style="width: 10%;">US \$</td> <td style="width: 10%;">230.00</td> <td style="width: 10%;">US \$</td> <td style="width: 10%;">230.00</td> </tr> <tr> <td>Costo Mano de Obra</td> <td>US \$</td> <td>320.00</td> <td>US \$</td> <td>320.00</td> </tr> </table> <p>* Fabricación de eje según planos, espiral lado derecho en exterior y lado izquierdo interior</p> <p>Incluye: Maquinado de Eje según medida de chumacera Maquinado de Eje según medida de polea Fresado de canales para Canal de polea Corte y proceso de soldadura de anillos según requerimientos</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Costo Material</td> <td style="width: 10%;">US \$</td> <td style="width: 10%;">180.00</td> <td style="width: 10%;">US \$</td> <td style="width: 10%;">180.00</td> </tr> <tr> <td>Costo Mano de Obra</td> <td>US \$</td> <td>270.00</td> <td>US \$</td> <td>270.00</td> </tr> </table> <p>* Reparación de motoreductor</p> <p>Incluye: Relleno y mecanizado según medidas y tolerancias de asientos para rodamientos Fabricación de engranaje recto según paso diametral Cambio de o-rings // incluye silicona alta temperatura para sello</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Costo Material</td> <td style="width: 10%;">US \$</td> <td style="width: 10%;">120.00</td> <td style="width: 10%;">US \$</td> <td style="width: 10%;">120.00</td> </tr> <tr> <td>Costo Mano de Obra</td> <td>US \$</td> <td>140.00</td> <td>US \$</td> <td>140.00</td> </tr> </table> <p>* Fabricación de poleas a la medida (polea conducida)</p> <p>Incluye: Mecanizado de canales según bandas seleccionadas Bandas tipo A 152 pulgadas Mecanizado de diámetros interiores según ejes Fresado de canal interior según canal de eje</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Costo Material</td> <td style="width: 10%;">US \$</td> <td style="width: 10%;">215.00</td> <td style="width: 10%;">US \$</td> <td style="width: 10%;">215.00</td> </tr> <tr> <td>Costo Mano de Obra</td> <td>US \$</td> <td>160.00</td> <td>US \$</td> <td>160.00</td> </tr> </table>			Costo Material	US \$	230.00	US \$	230.00	Costo Mano de Obra	US \$	320.00	US \$	320.00	Costo Material	US \$	180.00	US \$	180.00	Costo Mano de Obra	US \$	270.00	US \$	270.00	Costo Material	US \$	120.00	US \$	120.00	Costo Mano de Obra	US \$	140.00	US \$	140.00	Costo Material	US \$	215.00	US \$	215.00	Costo Mano de Obra	US \$	160.00	US \$	160.00
Costo Material	US \$	230.00	US \$	230.00																																						
Costo Mano de Obra	US \$	320.00	US \$	320.00																																						
Costo Material	US \$	180.00	US \$	180.00																																						
Costo Mano de Obra	US \$	270.00	US \$	270.00																																						
Costo Material	US \$	120.00	US \$	120.00																																						
Costo Mano de Obra	US \$	140.00	US \$	140.00																																						
Costo Material	US \$	215.00	US \$	215.00																																						
Costo Mano de Obra	US \$	160.00	US \$	160.00																																						
Tiempo de entrega : 15 días																																										
Forma de pago : Cheque/Efectivo																																										
Son: Un mil seiscientos Treinta y cinco , 00/100 dólares																																										
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Sub total</td> <td style="border: 1px solid black;">US \$</td> <td style="border: 1px solid black;">1,635.00</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">i.v.a. 0%</td> <td style="border: 1px solid black;">US \$</td> <td style="border: 1px solid black;">-</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">TOTAL</td> <td style="border: 1px solid black;">US \$</td> <td style="border: 1px solid black;">1,635.00</td> </tr> </table>	Sub total	US \$	1,635.00	i.v.a. 0%	US \$	-	TOTAL	US \$	1,635.00																															
Sub total	US \$	1,635.00																																								
i.v.a. 0%	US \$	-																																								
TOTAL	US \$	1,635.00																																								

Figura Apéndice -16 Proforma parte A según planos mecánicos incluye procesos de soldadura y tolerancias necesarias para proceso de construcción.



MECANICA INDUSTRIAL
Taller Ramos
 R.U.C. 0924156193001

Se realiza trabajos de mecanización , cálculo diseño y construcción de piezas y maquinaria industrial.
 Inspecciones y Peritajes para compañías aseguradoras , evaluaciones de equipos
 Dirección: Portete 1118 y Villavicencio Teléfonos: 2580449 2581557 0999484036
 E mail : f_ramos@gye.satnet.net - Flaviooramos96@gmail.com
 Guayaquil - Ecuador

PROFORMA No. A009029

EMPRESA:	S/N
FECHA:	20 de Enero de 2023
DIRECC.:	

ATTN.: Flavio Arturo Ramos

* Fabricacion de caja con circuito estrella delta para arranque de motor

Incluye: Fabricacion de caja de metal
 Conexion de puntos electricos
 Circuito delta
 Corte y proceso de soldadura de anillos segun requerimientos

Costo Material	US \$	190.00	US \$	190.00
Costo Mano de Obra	US \$	100.00	US \$	100.00

* Construccion de quemador GLP a medida

Incluye: Corte de planchas a medida Acero ASTM A36
 Perforado de huecos segun diametros de quemador
 Mecanizado de asiento para tapa superior de quemador

Costo Material	US \$	45.00	US \$	45.00
Costo Mano de Obra	US \$	80.00	US \$	80.00

* Chumaceras SKF (dos unidades)

Incluye: Segun requerimientos

Costo Material	US \$	30.00	US \$	60.00
----------------	-------	-------	-------	-------

Tiempo de entrega : 15 dias
 Forma de pago : Cheque/Efectivo
 Son: Cuatrocientos setenta y cinco , 00/100 dólares

Sub total	US \$	475.00
i.v.a. 0%	US \$	-
TOTAL	US \$	475.00

Figura Apéndice -17 Proforma parte B según planos mecánicos incluye procesos de soldadura y tolerancias necesarias para proceso de construcción.

Cálculo de GLP teórico a usar en proceso.

Se realizan las siguientes asunciones para aproximar el calor requerido por el equipo para operar un lote de aproximadamente 25 kg:

- Sistema estacionario
- Capacidad calorífica permanece constante a pesar de las variaciones de temperatura y fase
- Se asume una temperatura ambiente inicial de 27 °C
- Se aproxima una temperatura final de 200°C de la mezcla
- Se desprecian las pérdidas de calor con el medio ambiente
- Se desprecia el efecto de la energía cinética y potencial
- Temperatura uniforme a través de todo el volumen de control

Para fundir un sólido se requiere una gran cantidad de energía, específicamente la cantidad de energía absorbida durante la fusión se denomina calor latente de fusión (cL_i) y la temperatura de fusión de los plásticos (T_{f_i}) para determinar la cantidad de energía que necesita cada sólido para cambiar de fase sólida a líquida se utiliza la siguiente relación, donde m_i representa la masa del componente sólido, exceptuando el PET puesto que no alcanza su temperatura de fusión

$$Q_{\text{latente}} = \sum cL_i * m_i$$

i= componentes de la fase sólida

Para determinar la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de la mezcla de 27°C a 200°C

$$Q_{\text{sensible}} = \left(\sum m_i * c_{p_i} + m_{\text{aceite}} * c_{p_{\text{aceite}}} \right) * \Delta T$$

Donde el c_{p_i} representa el calor sensible de cada uno de los componentes de la fase sólida

i	Componentes fase sólida	Fracción másica (del 75%)	m_i (kg)	Temperatura de fusión (°C)	c_{p_i} (kJ/kg°C)	cL_i (kJ/kg)
1	PET	0.05	0.9375	265	1.5	40600
2	PP	0.25	4.6875	169	1.9	41100
3	HDPE	0.25	4.6875	122.5	2.3	42800
4	HDEP&LDEP	0.45	8.4375	122.5	2.3	42800

Fuente: (Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation, 2001)

Se aproxima la cantidad de calor requerido para llevar a cabo el proceso de aproximadamente 763929.9 kJ, al utilizar GLP como combustible con un poder calorífico

de 49115.97 kJ/kg (OSINERGMIN, 2011), de manera que se necesitarían aproximadamente 15.55 kg de GLP para llevar a cabo la operación.