

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECÁNICA**

TÍTULO

Diseño de horno mezclador para residuos termoplásticos, como proyecto de emprendimiento para Micros, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES)

AUTORES

Br. Ricardo Manuel Aburto Pérez
Br. Lester Antonio Arévalo Ampié
Br. Roger Tupac Lacayo Delgado

TUTOR

MSc. Mary Triny Gutiérrez Mendoza

Managua, 28 de octubre de 2021

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres quienes me han apoyado a lo largo de esta etapa de mi vida.

Ricardo Manuel Aburto Pérez

Dedico este trabajo primeramente a Dios, a Jesús y Espíritu Santo por haberme permitido llegar hasta este punto de mi carrera, por haber sido fiel en todo este tiempo y por mostrar su amor y misericordia en todo este proceso de culminación de estudio.

Se lo dedico a mi mamá **María Auxiliadora Delgado Castillo** y a mi papa **Roger Alberto Lacayo Gómez**, por ser pilares fuertes de mi educación a lo largo de mi vida quienes incondicionalmente me han demostrado su amor y apoyo en todo momento.

Roger Tupac Lacayo Delgado

Dedico este trabajo a mis padres Luby Ampié y José Arévalo. Una vez más me siento orgulloso de haber crecido bajo su sombra y sus enseñanzas, cada vez que pienso como un ingeniero siento que su pensamiento y su visión están en mí, el haberme enseñado a siempre mirar más allá del horizonte donde seguramente algún día enseñaré a mis hijos y con mucho orgullo les diré que lo aprendí de ustedes. Pensar en todo el amor y la dedicación que me han brindado; sobre todo sus sabios y prudentes consejos con los cuales me ha hecho crecer y ahora forman parte de mí.

Padres míos les agradezco por formar lo que ahora soy, por incluir en mi vida lo mejor de cada uno de ustedes y a Dios por permitirme ser padre y tener una nueva familia en el nombre de mis hijos que vendrán en este año 2021 y a mi futura esposa María Machado.

Lester Antonio Arévalo Ampié

Agradecimientos

Agradezco Primeramente a Dios por darme la oportunidad de culminar mis estudios superiores, también a mis padres por apoyarme moral y económicamente en este proceso y a todas las personas que conocí en la universidad que aportaron a mi desarrollo académico y personal.

Ricardo Manuel Aburto Pérez

Agradezco principalmente a Dios por darme la oportunidad de haber llegado hasta este momento y a mi familia por el apoyo incondicional encada etapa de este proceso. A mis compañeros de clases ***Raúl Ruiz y Jhossua Ugarte*** que sumaron sus aportes a lo largo de esta aventura universitaria y en mi formación profesional.

A todas y cada una de las personas que directa e indirectamente han contribuido en pequeña o gran manera a este trabajo monográfico.

Roger Tupac Lacayo Delgado

Señor Dios mío te doy gracias por permitirme culminar una etapa más de mi vida, por haberme puesto y llevado de la mano en este camino que ahora finaliza, te pido me llenes de fortaleza y convicción para afrontar y vencer los nuevos retos y las nuevas metas a alcanzar.

Lester Antonio Arévalo Ampié

Resumen

El objetivo de este proyecto es realizar el trabajo fin de grado para culminación de estudios superiores. Se parte de la idea de realizar el diseño de un horno para residuos termoplásticos. El proceso de diseño de un proyecto mecánico trae una serie de fases para poder llevarlo adelante. El planteamiento inicial del proyecto consta de la búsqueda de información, creatividad y alternativas de diseño, para ello se analizarán varios factores.

Se toma como base de diseño la máquina creada por la empresa asiática **FSK Builders** llamada Plastic Melter Densifier (Densificador de plástico fundido). Basado en lo antes mencionado se determinan los parámetros de diseño del horno de acuerdo al sistema de funcionamiento y capacidad del mismo, todos se ve detallado en el primer capítulo del presente trabajo.

En el capítulo dos se eligen los materiales para el diseño del horno. Para la selección de materiales se toman en cuenta factores importantes como: las propiedades de los materiales los cuales satisfacen las necesidades del diseño, el costo, y cuan accesibles son de encontrar en el mercado nacional.

En el capítulo tres se presentan todos los planos del horno, desde cada una de las partes del horno de manera individual hasta el acoplamiento total del horno; estos planos se diseñaron usando el programa de diseño computarizado SolidWorks.

Interesa que el proyecto sea también accesible en cuanto a costos, ya que va dirigido para Micros, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) que se dediquen al reciclaje del plástico, por ende, en el capítulo cuatro se estiman lo costos de construcción del horno mezclador, para el conocimiento de su inversión por parte de las MIPYMES.

En el capítulo cinco se propone un plan de mantenimiento para el óptimo funcionamiento del horno. Por último, se darán las conclusiones pertinentes y las recomendaciones necesarias del proyecto.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
MARCO TEÓRICO	6
PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL HORNO MEZCLADOR	6
PLÁSTICOS	6
<i>Clasificación de los plásticos</i>	6
TERMOPLÁSTICOS.....	7
<i>Características generales de los termoplásticos</i>	7
ADITIVOS.....	7
<i>Variables que caracterizan el principio de funcionamiento del horno</i>	8
PESO DE LA CARGA	8
TEMPERATURA	8
TIEMPO	9
CALOR NECESARIO PARA LA FUNDICIÓN DEL PLÁSTICO	9
CALOR ÚTIL QUE HA ENTREGARSE A LA CARGA	9
TRANSFERENCIA DE CALOR	9
CONDUCCIÓN	9
CONVECCIÓN.....	10
RADIACIÓN	11
MECANISMO DE MEZCLADO.....	11
MATERIALES	12
<i>Propiedades de los materiales</i>	12
MANTENIMIENTO.....	13
<i>Objetivos del mantenimiento</i>	13
TIPOS DE MANTENIMIENTOS	13
<i>Mantenimiento correctivo</i>	13
<i>Mantenimiento Preventivo</i>	14
<i>Mantenimiento Predictivo</i>	14
PROCESO DE PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	14
EVALUACIÓN DE COSTOS	14
COSTOS	15
COSTOS DE PRODUCCIÓN	15
COSTO DIRECTO.....	15
COSTOS INDIRECTOS	16
COSTOS POR ACTIVIDADES	16
MATERIALES	16
<i>Materiales directos</i>	16
<i>Materiales indirectos</i>	16
MANO DE OBRA	17
<i>Mano de obra directa</i>	17

<i>Mano de obra indirecta</i>	17
CAPÍTULO 1. DETERMINAR PARÁMETROS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DE SU SISTEMA DE FUNCIONAMIENTO Y CAPACIDAD	18
1.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO	18
1.2. PARÁMETRO DE DISEÑO	18
1.3. MEZCLA A FUNDIR DE LAS SUSTANCIAS	19
1.4. LAS PROPIEDADES DEL ACEITE.....	19
1.5. PROPIEDADES DEL POLIETILENO EXPANDIDO	20
1.6. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL HORNO.....	20
<i>1.6.1. Cálculo del volumen para el tanque</i>	21
<i>1.6.2. Espesor de la lámina del tanque</i>	24
1.7. SISTEMA DE AGITACIÓN	26
<i>1.7.2. Diseño del rotor</i>	27
1.13. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL ROTOR	34
1.14. CONSUMO DE POTENCIA PARA N° DE RE < 300 CON O SIN PLACAS DEFLECTORAS	35
1.16. CÁLCULO DEL MOMENTO TORSOR	37
1.17. CÁLCULO DEL MOMENTO FLECTOR	40
1.18. DISEÑO DEL EJE	41
1.19. FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO	41
1.20. SELECCIÓN DEL MOTORREDUCTOR	42
<i>1.20.1. Selección de unidad motriz</i>	42
<i>1.20.2. Acoplamiento superior</i>	46
1.21. DISEÑO ESTRUCTURA DEL BASTIDOR	47
<i>1.21.1. Bastidor</i>	47
<i>1.21.2. Información de modelo</i>	48
1.22. CÁLCULOS TÉRMICOS DE HORNO MEZCLADOR.....	50
<i>1.22.1. Cálculo de pérdidas de calor al ambiente</i>	50
<i>1.22.2. Cálculos por Conducción</i>	51
<i>1.22.3. Cálculos por convección</i>	53
<i>1.22.4. Cálculos por Radiación</i>	55
<i>1.22.5. Cálculo de calor útil</i>	57
CAPÍTULO 2. SELECCIÓN DE MATERIALES PARA ELABORAR HORNO MEZCLADOR	58
2.1. SELECCIÓN DE LÁMINA DE ACERO PARA ELABORACIÓN DE TANQUE	58
2.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL AISLANTE PARA TANQUE DEL HORNO	58
2.3. SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL BASTIDOR	59
2.4. SELECCIÓN DE ACCESORIOS Y EQUIPOS	60
<i>2.4.1. Selección de reductor de velocidad</i>	60
<i>2.4.2. Selección de la válvula de descarga</i>	61
<i>2.4.3. Selección de ruedas del bastidor</i>	62
<i>2.4.4. Selección de termómetro</i>	63
<i>2.4.5. Selección del motor</i>	64
<i>2.4.6. Selección del quemador</i>	64
CAPÍTULO 3. PRESENTACIÓN DE PLANOS DEL HORNO MEZCLADOR	66

3.1. PLANO GENERAL.....	66
3.2. PLANO DEL TANQUE.....	67
3.2.1 Dimensiones del tanque.....	67
3.3. PLANO DE LA TAPA DEL HORNO	68
3.3.1. Dimensiones de la tapa	69
3.4. PLANO DEL BASTIDOR.....	70
3.4.1. Medidas generales del bastidor.....	70
3.5. PLANO DEL ROTOR (MEZCLADOR).....	71
3.6. PLANO BASE DEL MOTOR	72
3.7. PLANO DE AISLANTE	73
3.7.1. Medidas	73
CAPÍTULO 4. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DEL HORNO MEZCLADOR.....	74
4.1. COSTOS DIRECTOS	74
4.2. COSTOS DE EQUIPOS Y ACCESORIOS DEL HORNO.....	75
4.3. COSTOS INDIRECTOS.....	76
4.4. PRESUPUESTO COMPLETO HORNO MEZCLADOR.....	77
4.5. BENEFICIOS ECONÓMICOS DEL HORNO MEZCLADOR	77
CAPÍTULO 5. PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA HORNO MEZCLADOR.....	78
5.1. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	78
5.2. MANTENIMIENTO DIARIO.....	80
5.2.1. Mantenimiento general:	80
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS.....	85

Introducción

El creciente y desmedido uso del plástico, ha provocado un aumento significativo de residuos en las calles, vertederos y diferentes ecosistemas, lo cual está afectando considerable al medio ambiente. Dada esta problemática se han implementado diferentes tecnologías que permiten un mejor manejo de estos desechos. Dentro de las tecnologías implementadas se encuentra el proceso de obtención de “madera plástica”, este proceso ha crecido considerablemente en la región, siendo una alternativa viable para el manejo eficiente de la basura plástica.

A continuación, se presenta la propuesta de diseño de un horno mezclador para residuos termoplásticos con la finalidad de obtener madera plástica. Para llevarlo a cabo se determinan parámetros de diseños en relación a su capacidad y funcionamiento, luego se procede a definir los materiales en base a sus propiedades y según los requerimientos de diseño, posteriormente se presentan los planos del horno con ayuda del software SolidWorks. También se estiman los costos de construcción de acuerdo al precio de los materiales en el mercado nacional de lo cual se conoce la inversión del horno.

Por último, se elaborará una propuesta de plan de mantenimiento y se brindaran las recomendaciones necesarias para su adecuado uso y óptimo funcionamiento.

Esta idea de manufactura es una alternativa de emprendimiento, que ofrecerá una mayor utilidad a los residuos plásticos, ya que sus características físicas se adaptan a múltiples necesidades a bajo precio.

Antecedentes

Los desechos plásticos son considerados basura, y lo son, pero también se han convertido en materia prima para empresas que se dedican a la reutilización de polímeros, creando objetos que sirven para diferentes fines, y ha generado trabajo informal para muchas personas. Según RedNica (Red de emprendedores nicaragüenses del reciclaje): “se estima que se recicla a diario entre 800 y 900 toneladas de plástico, de todos los tipos”. (Tórrez , 2017).

A través de la recolección y reutilización de los polímeros se han formado muchos negocios formales e informales que se dedican a la reutilización y recolección de los residuos plásticos. Una las empresas que ha llegado a cubrir esta necesidad de reutilizar el desperdicio de polímeros, que no solo ocupa lugar sino a la vez contamina el ambiente es TABLECO, S.A. García (2019), afirma:

El tema de reciclado del plástico resulta sumamente económico, rentable y sostenible, en otros países ya se está haciendo. El plástico que es desechado y que para la mayoría de las personas es basura, es un recurso como cualquier otro que puede aprovecharse y si a ese recurso se le agrega valor, transformándolo, se vuelve rentable.

Se debe tener presente que uno de los procesos de transformación del plástico más utilizados por empresas que se dedican al reciclaje es la extrusión. En Nicaragua, por ejemplo, las empresas recicladoras y transformadoras de desechos plástico utilizan máquinas extrusoras en sus procesos de manufactura. Que en términos sencillos es una máquina que derrite el plástico y lo transporta a un molde donde toma la forma, posteriormente se enfría y una vez que este frío, se obtiene el producto final.

Existen diversas tecnologías empleadas para el aprovechamiento de la basura plástica. No obstante, son pocos los procesos que se ajustan a las necesidades económicas de los medianos y pequeños empresarios que quieren incursionar en el negocio.

En el año 2016 la empresa asiática FSK Builders, desarrolló una maquina llamada Plastic Melter Densifier (Densificador de plástico fundido) la cual tenía como objetivo principal convertir los

desechos plásticos en ladrillos de “madera plástica” para la construcción de viviendas de bajo presupuesto.

El “densificador de plástico fundido” fabricado en filipinas es una excelente opción para el aprovechamiento de los residuos plásticos; además es una alternativa económica, debido a su compacto diseño y sencilla construcción.

La presente propuesta de diseño ha tomado como referencia el principio de funcionamiento del “densificador de plástico fundido”, sin embargo, se han ajustado los parámetros de diseño de acuerdo a las condiciones técnicas y económicas del país.

Justificación

En la actualidad la contaminación del ambiente por los desechos plásticos en Nicaragua ha sido un gran problema que muy poco se ha podido controlar. Esto debido a razones multifactoriales que hay que tener en cuenta, como: la falta de responsabilidad ambiental, la no industrialización en torno a la industria del reciclaje, la falta de mercado para la venta y salida del material reciclado que se acopia en el país.

En otras palabras, la población ve el plástico como basura y no como una oportunidad de generar ingresos. Sin tomar consciencia que muchos de estos residuos plásticos pueden ser reutilizados como materia prima para madera plástica, que puede ser transformada para la construcción de viviendas ecológicas y la creación de mobiliarios urbanos, como: bancas de parques, mesas, postes para zonas agrícolas, etc.

La recolección de basura en el primer semestre del año 2019 ha costado 56.4 millones de córdobas, según cifras de la alcaldía de Managua. (Lara, 2019).

De acuerdo al presidente de jóvenes ambientalistas, Raomir Manzanares, en Managua se generan 1500 toneladas de residuos como aluminio, cartón y basura en general y de esto el 12% son bolsas de basura. (Chávez, 2018).

El diseño del horno mezclador propuesto en este documento pretende contribuir al fortalecimiento de las MIPYMES (en Managua) que se dediquen al reciclaje del plástico y a su vez favorecerá a personas individuales que quieran incursionar en este modelo de negocio. Tomando en cuenta otros beneficios para este rubro, como: iniciación de industrialización en este sector y generación de nuevas fuentes de empleo.

Es importante destacar que este proyecto pretende impactar positivamente en los estudiantes, docentes y personas externas que deseen conocer y adentrarse en el diseño, y cálculo para la creación de un horno mezclador de residuos plásticos, y es conveniente proponer un referente de diseño para su posterior construcción, operación y mantenimiento de estas tecnologías.

Objetivo General

Diseñar horno mezclador para residuos termoplásticos con la finalidad de obtener materia prima para madera plástica.

Objetivos específicos

1. Determinar parámetros de diseños en función de su sistema de funcionamiento y capacidad.
2. Definir los materiales en base a sus propiedades según los requerimientos de diseño.
3. Elaborar los planos para la construcción del horno mezclador, con apoyo de software SolidWorks.
4. Estimar costos de construcción del horno mezclador, para el conocimiento de su inversión por parte de las MIPYMES.
5. Proponer plan de mantenimiento para su óptimo funcionamiento.

Marco Teórico

Principio de funcionamiento del Horno mezclador

El principio de funcionamiento del horno mezclador de plástico, se basa en emular el trabajo de los hornos de fundición de metales. Si bien es cierto el plástico y el metal tienen propiedades disímiles, el principio de fusión es el mismo, Giuliano Salvi(1975) expresa lo siguiente:

La fusión es un proceso físico que consiste en el cambio de estado de la materia del estado sólido al estado líquido por la acción del calor. Cuando se calienta un sólido, se transfiere calor a los átomos que vibran con más rapidez a medida que gana energía. (P. 144).

Además, sumado a este proceso de fusión del material, no podemos pasar por desapercibido la operación de mezclado que ejecuta el horno, la cual desempeña un papel muy importante en la labor de obtención del producto final.

El proceso de fundición del plástico consiste en derretir los residuos plásticos previamente triturados en aceite de cocina precalentado, el aceite de cocina es de vital importancia en el proceso de fundido, porque actúa como fundente del plástico, evitando que el polímero se quemara y emane demasiados gases tóxicos al ambiente, además aporta mejor lubricación en la fase de mezclado de los materiales. Para poder llevar a cabo este proceso es necesario conocer las propiedades de los plásticos, así como las propiedades específicas de los termoplásticos y los demás aditivos implicados en el proceso de funcionamiento del horno.

Plásticos

“Materiales basados en polímeros de consistencia rígida comparados con los elastómeros (su denominación se refiere al estado plástico que la mayoría de ellos presentan durante el proceso de conformado)”. (Riba Romeva, 2008, p. 169).

Clasificación de los plásticos

Los plásticos se clasifican de diferentes maneras, según Riba Romeva (2008) “Se agrupan en dos grandes familias: plásticos termoplásticos (los más numerosos). Plásticos termoestables, no

dúctiles, de comportamiento elástico que, una vez polimerizados, mantienen fundamentalmente su consistencia y no se deforman en caliente”. (p. 169)

Sin embargo, en este texto se da prioridad a la agrupación según criterios orientados a las aplicaciones.

Termoplásticos

El término termoplástico se usa para indicar cualquier plástico que fluye o que se puede moldear cuando se le aplica calor; algunas veces también se aplica a los que se moldean bajo presión y que se pueden volver a moldear de nuevo cuando se calientan. (Budynas & Keith Nisbett, 2008, p. 54).

Características generales de los termoplásticos

Los termoplásticos se fabrican y emplean en cantidades muy grandes y entre ellos los más frecuentes son, polietileno (PE), polipropileno (PP), poli estireno (PS), poli (cloruro de vinilo), polietileno tereftalato, etc.

Para que un polímero tenga aplicación como termoplástico debe tener una temperatura de transición vítrea T_g , superior a la temperatura ambiente. Por lo general, los materiales termoplásticos presentan un buen conjunto de propiedades mecánicas son fáciles de procesar y bastante económicos. (Beltrán & Marcilla).

La temperatura de transición vítrea la densidad, son características muy importantes a tomar en cuenta para el proceso de fundición del plástico.

Aditivos

La industria del plástico conoce desde siempre la obtención de productos verdaderamente útiles es posible si la matriz polimérica se añaden ciertos aditivos. En general se consideran aditivos aquellos materiales que van dispersos físicamente en una matriz polimérica, sin afectar a su estructura molecular, por tanto quedan excluidas aquellas sustancias tales como catalizadores, re circulantes, etc. (Crawford & Butterworth-Heinemann, 1999).

Los aditivos se clasifican según su función y no en relación con su constitución química, por su especial importancia, en la tabla 1.2 se presentan los siguientes aditivos con sus funciones.

Variables que caracterizan el principio de funcionamiento del horno

Las consideraciones de fusión dadas a continuación permiten establecer las características necesarias para obtener un proceso de fundición de calidad minimizando recursos y tiempo:

-) El control de la temperatura de fusión, y el mezclado debe ser adecuado.
-) La fusión del material debe realizarse en el menor tiempo posible.

Por lo tanto de acuerdo con las condiciones iniciales del horno, y según los requerimientos del proceso de fundición del plástico se caracterizan algunas variables, debido a que se debe tomar en cuenta algunos parámetros, los que dependen de la forma del horno, los mismos que se describen en el diseño, de la cantidad de materia a fundir, de la temperatura y tiempo necesario para fundir el plástico, la eficiencia del horno la misma que se basa en la cantidad de calor útil y la cantidad de pérdida de calor.

Peso de la carga

El peso de la carga, el volumen o capacidad de trabajo mantiene relación directa con los Kg/hora de producto y el mercado al cual se dirige la industria, por lo tanto, se determina un volumen inferior y adecuado para satisfacer la demanda de los pequeños acopios de plásticos de la ciudad de Managua.

Temperatura

La fundición del material debe realizarse a mayor temperatura de fusión, la misma que debe ser uniforme y controlada de la mejor forma posible. Por consiguiente, es necesario tomar en cuenta los siguientes datos de temperatura:

-) Temperatura ambiente. 20°C
-) Temperatura de fusión del plástico 100°C
-) Temperatura del material fundido, para que pueda estar en condiciones óptimas y ser puesto en moldes adecuados.
-) Temperatura de la cámara de combustión.

Tiempo

El tiempo del proceso de fusión es de 60 minutos que equivale a 1 hora; este es el tiempo necesario para que la cámara de combustión llegue a 150°C y la temperatura de plastificación sea la óptima.

Calor necesario para la fundición del plástico

Es importante que la cantidad de calor que pasa a la carga sea de gran magnitud; para de esta manera economizar en lo que ha combustible se refiere, y se puede conseguirlo analizando las pérdidas de calor que se producen. Por consiguiente, el calor necesario será igual a la sumatoria de la cantidad útil de calor más el calor perdido por transferencia de calor.

Calor Útil que ha entregarse a la carga

El calor útil que se entrega a la carga será igual:

Al producto del peso de la carga, por el calor específico, y por la variación de la temperatura durante el tiempo de fusión.

Transferencia de calor

Con frecuencia en el área de ingeniería se encuentra las llamadas ciencias térmicas que incluyen la termodinámica y la transferencia de calor, siendo esta última la complementaria de la termodinámica. La termodinámica considera fundamentalmente el sistema en equilibrio, basadas en leyes adicionales que permiten la predicción en relación al tiempo de la transferencia de energía, estas leyes complementarias están relacionadas con tres modos fundamentales de transferencia de calor como son: conducción, convección y radiación. (Cengel, 2007, p. 2).

Conducción

La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una red y al transporte de energía por parte de los electrones libres.

La rapidez o razón de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que esté hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él (Figura 2-1).

La razón de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de ésta y al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa. (Cengel, 2007, pp. 17-18).

Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. La presencia de movimiento masivo del fluido acrecienta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las razones de esa transferencia.

La convección recibe el nombre de **convección forzada**, si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento. Como contraste, se dice que es **convección natural** (o **libre**) si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en ese fluido.

A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la *transferencia de calor por convección* es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la **ley de Newton del enfriamiento**. (Cengel, 2007, pp. 25-26).

El coeficiente de transferencia de calor por convección h no es una propiedad del fluido. Es un parámetro que se determina en forma experimental y cuyo valor depende de todas las variables

que influyen sobre la convección, como la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades de éste y la velocidad masiva del mismo.

Radiación

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra. La razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T_s (en K o R) es expresada por la **ley de Stefan- Boltzmann**. (Cengel, 2007, pp. 27-28)

Mecanismo de mezclado

El tipo de equipamiento requerido para producir las mezclas de polímeros y aditivo depende de su estado físico: los polímeros se sirven en formas muy diferentes, que van desde gránulos (granzas), polvos, planchas (en el caso del caucho natural), resinas líquidas de peso molecular bajo (en el caso de los termoestables), etc. Además, el tipo de mezclador depende del grado de dispersión se desee alcanzar en el polímero y los aditivos. Según esto se distinguen dos tipos de mezclado:

-) Mezclado extensivo, distributivo, o simple mezclado (blending)
-) Mezclado intensivo o dispersivo (compounding)

El mezclado extensivo consiste en mezclar los componentes de una formulación mediante la agitación de los mismos de este modo se obtiene una mezcla que en principio pudiera ser separada (aunque obviamente en la práctica resultaría difícil). El equipo requerido es un sencillo mezclador en el que todos los ingredientes se añaden a la vez y está provisto de palas que giran a una velocidad moderada y no es necesario aplicar calor durante el proceso. (Morton-Jones, 1989, p. 80)

El mezclado intensivo implica una dispersión de los diferentes componentes mucho más íntima. Este tipo de mezclado por lo general implica un cambio en estado físico de los componentes; el polímero debe estar en estado fundido durante el mezclado, por lo que se debe de alcanzar altas temperaturas, para conseguir la fusión del polímero y en algunos casos de otros componentes de la mezcla y por lo general se requieren cizallas muy elevadas. Comúnmente la mezcla debe ser granulada o troceada antes de introducirla al proceso de transformación. Los mezcladores de este tipo son lógicamente más complejos que los de tipo extensivo. (Morton-Jones, 1989, p. 82)

Materiales

La selección de un material para construir una parte de máquina o elemento estructural es una de las más importantes decisiones que debe tomar el diseñador. Por lo general, la decisión se toma antes de establecer las dimensiones de la parte. Después de seleccionar el proceso para crear la geometría deseada y el material (éstos no pueden estar separados), el diseñador puede proporcionar elementos de manera que se evite la pérdida de funcionalidad o que la probabilidad de dicha pérdida de funcionalidad se mantenga a un nivel de riesgo aceptable. Estas estimaciones se basan en las propiedades del material del que se harán los elementos. (Budynas & Keith Nisbett, 2008, p. 28)

Propiedades de los materiales

En general, se puede establecer la siguiente clasificación de los materiales atendiendo a sus cualidades técnicas.

-) Materiales resistentes.
-) Materiales resistentes a la temperatura.
-) Materiales elásticos.
-) Materiales transparentes a la luz.
-) Materiales cuyo comportamiento varía en
-) sus dos dimensiones.

Estas cualidades quedan bien diferenciadas debido a las distintas propiedades físicas:

-) Densidad.
-) Dilatación térmica.

-) Transparencia.
-) Puntos de fusión y de ebullición, etcétera.

La resistencia a los esfuerzos queda establecida por sus propiedades mecánicas: Es cada vez más importante la posibilidad de que una vez finalizada la vida útil del producto exista la opción de reciclaje, y por lo tanto también lo es conocer su poder contaminante, carácter tóxico, posibilidad de uso reciclado, etcétera. Finalmente, existen unas características económicas que son fundamentales en el proceso de diseño del producto. (Félez & Martínez, 2008, p. 334).

Mantenimiento

“El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas”. (Sierra Álvarez, 2004, p.24)

Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento industrial en una organización que tiene como propósitos fundamentales el cumplir con los siguientes objetivos como el disminuir los paros imprevistos del equipo, conservar la capacidad a la máxima eficiencia de trabajo de las máquinas, contribuir al aumento de la productividad, garantizar la seguridad industrial, mejorar la calidad de los productos o servicios realizados, depreciación de costos y optimizar recursos. Cansino Flores, E. (2015). Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa (proyecto previo para la obtención de título de ingeniero mecánico). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Tipos de mantenimientos

Existen diversos tipos de mantenimiento, según Cansino Flores (2015) “los señalados a continuación son los más importantes y aceptados con mayor frecuencia”. (p.24).

Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento no requiere de una planificación sistemática y se pone en práctica en el momento en que los equipos presentan un fallo, es decir el mantenimiento se reduce a la reparación del equipo o maquinaria produciendo un paro en el proceso de fabricación y

disminuyendo la producción, por lo que su aplicación corresponde a equipos de bajo nivel de criticidad y que no estén directamente relacionados con la producción. (Casio Flores, 2015, p.24)

Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento procura reducir el número de intervenciones correctivas mediante la aplicación de un sistema donde se ejecute rutinas de inspección y la renovación de elementos en mal estado, siendo un mantenimiento planificado en el tiempo a diferencia del anterior, impidiendo afectar de forma directa en la productividad y a la calidad del producto o servicio. (Casio Flores, 2015, p.25).

Mantenimiento Predictivo

Conocido también como “Mantenimiento Basado en Condición”, de la misma forma que el mantenimiento preventivo de anteponerse a la avería, esta estrategia de mantenimiento pretende además tener el conocimiento del estado del equipo por medio del monitoreo de parámetros del sistema, considerando que de esta forma se puede sustituir los elementos cuando han cumplido con su vida útil, eliminando los paros imprevistos por intervención innecesaria y, y también prevenir los fallos no esperados, mediante herramientas o técnicas de detección de los elementos medibles de anticipación al fallo realizando un mantenimiento justo en el tiempo preciso. (Casio Flores, 2015, p.26)

Proceso de Planificación del Mantenimiento

Para el proceso de planificación del mantenimiento se debe seguir los siguientes pasos: implantar metas, establecer los recursos necesarios, establecer los periodos en los que se van a realizar los trabajos de mantenimiento, formular acciones de mantenimiento que admitan el uso de los capitales, realizar una debida planificación con el fin de llevar un registro de todos los capitales que se han utilizado. (Casio Flores, 2015, p.21). La Figura 4-1 muestra las operaciones necesarias para la realización correcta de la planificación de mantenimiento.

Evaluación de Costos

La estimación de costos asociados a las actividades, proyectos y programas que realizan, es fundamental para conocer los requerimientos presupuestarios que se requiere para su ejecución.

Es relevante mencionar que el concepto de costo se entiende como la suma de erogaciones en que se incurre para la adquisición de un bien o de un servicio, con la intención de que genere ingresos o valor social en el futuro. La teoría general del costo brinda una estructura lógica para organizar y analizar los elementos que intervienen en cualquier proceso productivo, además, permite ordenar las observaciones de los hechos económicos y explicar la manera en que se relacionan.

El costeo basado en actividades es un sistema que primero acumula los costos indirectos para cada una de las actividades realizadas en una organización, y luego asigna los costos de esas actividades a los productos, servicios u otros objetos de costos que causaron la actividad. En el proceso del cálculo de los costos, al determinar la vinculación entre factores necesarios y resultados, se debe definir cuál es la cualidad que debe reunir un factor para ser considerado de sacrificio necesario en la obtención del objetivo y expresar cual es la cantidad necesaria que a su vez debe referirse tanto al componente físico como al precio o valor sacrificado para obtenerlo. (Universidad de Costa Rica; Vicerectoría de información, 2012, p. 6)

Costos

Es el valor de los bienes o servicios los costos clasificados por función se acumulan según la actividad realizada. Todos los costos de una organización pueden dividirse en costos de producción, de mercadeo, administrativos y financieros. Aunque en este apartado solo se hará referencias a los costos de producción.

Costos de producción

Estos se relacionan con la producción de un artículo. Además, son la suma de los costos directos y costos indirectos de la producción de un bien o servicio.

Costo directo

Son aquellos que se pueden asociar con la producción del bien o servicio. Por lo tanto, los materiales directos y los costos de mano de obra directa de un bien o servicio, son los ejemplos más representativos.

Costos indirectos

Se les puede llamar también costos generales de producción del bien o servicio, y corresponden a todos los costos de producción, con excepción de los materiales directos y la mano de obra directa. En esta clasificación se pueden clasificar los siguientes costos: materiales indirectos, mano de obra indirecta, servicios públicos, seguros, depreciación y mantenimiento de equipo e infraestructura entre otros. (Universidad de Costa Rica; Vicerectoria de informacion , 2012, p. 10)

Costos por actividades

Costeo por procesos es el sistema de acumulación de costos por productos o servicios de acuerdo con el departamento, centro de costos o proceso, utilizado cuando un producto o servicio se lleva a cabo mediante un proceso productivo masivo o continuo. (Polimeni R, Fabozzi, & Adelberg, 1994, p. 61)

Materiales

Son los principales recursos que se usan en la producción; éstos se transforman en bienes terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación. El costo de los materiales puede dividirse en materiales directos e indirectos, como se muestra a continuación:

Materiales directos

Son todos aquellos que pueden identificarse en la fabricación de un producto terminado, fácilmente se asocian con éste y representan el principal costo de materiales en la elaboración del producto. Un ejemplo de material directo es la madera aserrada que se utiliza en la fabricación de una litera.

Materiales indirectos

Son aquellos involucrados en la elaboración de un producto, pero no son materiales directos. Estos se incluyen como parte de los costos indirectos de fabricación. Un ejemplo es el pegante usado para construir una litera. (Polimeni R, Fabozzi, & Adelberg, 1994, p. 12)

Mano de obra

Es el esfuerzo físico o mental de los empleados en la fabricación de un producto o servicio. Los costos de mano de obra pueden dividirse en:

Mano de obra directa

Es aquella directamente involucrada en la fabricación de un producto o servicio terminado que puede asociarse con éste con facilidad y que representa un importante costo de mano de obra en la elaboración del producto o servicio. El trabajo de los operadores de una máquina en una empresa de manufactura se considera mano de obra directa. (Polimeni R, Fabozzi, & Adelberg, 1994, p. 12)

Mano de obra indirecta

Es aquella involucrada en la fabricación de un producto o servicio que no se considera mano de obra directa. Es decir, se incluye como parte de los costos indirectos de fabricación. El trabajo de un supervisor de planta es un ejemplo de este tipo de mano de obra. (Polimeni R, Fabozzi, & Adelberg, 1994, p. 13)

Capítulo 1. Determinar parámetros de diseño en función de su sistema de funcionamiento y capacidad

En este capítulo se procederá a determinar los cálculos, parámetros de diseño del horno mezclador, basándose en la capacidad y funcionamiento del mismo.

1.1 Consideraciones de diseño

-) Se consideró como un criterio la capacidad del horno en base al diseño FSK builders filipina.
-) Se propone una sustancia como el PET y aditivos como complemento del diseño para tanque.
-) El horno debe ser dimensionado de acuerdo a la capacidad de las sustancias que se va emplear.
-) El horno mezclador debe ser realizado de forma cilíndrica y con un rotor para homogenizar la mezcla.
-) Para diseñar el horno mezclador se tomaron en cuenta ciertas consideraciones para que opere de manera óptima.
-) El volumen total estará compuesto por una mezcla formada por:
 - 40% de aceite vegetal.
 - 50% de polietileno tereftalato (plástico).
 - 10% de polietileno expandido (poroplast).

1.2. Parámetro de diseño

Se tomó como referencia los parámetros de diseño del “densificador de plástico fundido”, de la empresa FSK Builders. Los porcentajes para la mezcla total serán la base para el desarrollo del horno mezclador.

Para el horno se establecieron los siguientes parámetros:

-) Mezcla a fundir de la sustancia.
-) Cálculo de diseño del tanque.
-) Espesor de la lámina.

) Cálculo de la viscosidad mezcla.

1.3. Mezcla a fundir de las sustancias

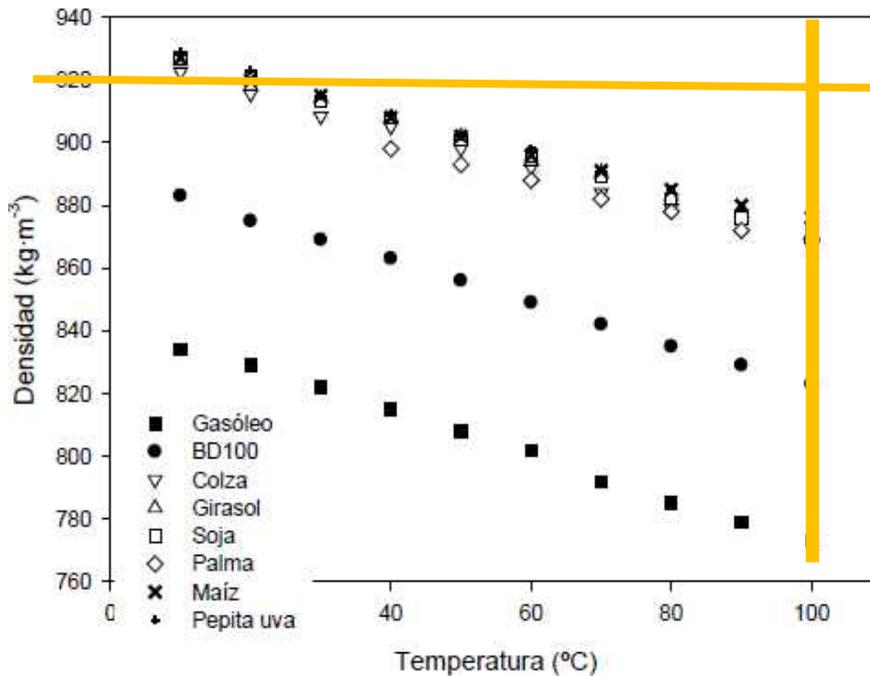
Tomando los 20kg de masa y su porcentaje $m_{mezcla}:20\text{kg}$, Porcentajes de masa de la sustancia serán los siguientes:

-) $m_{plast}: 50\%$
-) $m_{aceite}: 40\%$
-) $m_{poliets}: 10\%$

1.4. Las propiedades del aceite

En la Fig.1. Se muestran los valores promedio de la densidad de las muestras analizadas obtenidos experimentalmente dentro del rango de temperaturas comprendido entre 10°C y 100°C . Para una temperatura de trabajo a 100°C su densidad será la intersectada.

Fig. 1. Valores promedios del aceite, diagrama Densidad / Temperatura



Fuente. (Riba, Bernat, Puig, Ruiz, & Grau, 2010.pag4)

1.5. Propiedades del polietileno expandido

Al ser expuestos a temperaturas superiores a 100°C, los productos de EPS empiezan a reblandecerse lentamente y se contraen, si aumenta la temperatura se funden. Si continúa expuesto al calor durante un cierto tiempo el material fundido emite productos de descomposición gaseosos inflamables

Tabla 1. Propiedades del polietileno expandido

- DENSIDAD ≥ 19 kg/m³
- CONDUCTIVIDAD TERMICA 10°C ≥ 35 mW/m.K
- RESISTENCIA A COMPRESIÓN 10% ≥ 100 kPa
- TRACCIÓN > 150 kPa
- FLEXION > 150 kPa
- CLASIFICACION AL FUEGO M1 – UNE 23727
- CLASIFICACION AL FUEGO E - EUROCLASE

Fuente. (Knauf, 2005.pag3)

1.6. Cálculo de la capacidad del horno

En este punto se procederá a encontrar las masas y la selección de propiedades química de las sustancias una vez obtenido el valor desarrollaremos los cálculos para el volumen del tanque y su espesor.

Se procede a calcular las masas de las sustancias:

M: masa (capacidad máxima) = 20kg

Donde las sustancias son:

Polietileno tereftalato (plástico) 50 %	$M_{\text{plas}} = 0.5 * 20\text{kg} = 10\text{kg}$
Aceite vegetal 40 %	$M_{\text{aceit}} = 0.4 * 20\text{kg} = 8\text{kg}$
Polietileno expandido 10 %	$M_{\text{poropla}} = 0.2 * 20 \text{ kg} = 2\text{gk}$

Para conocer los valores de las sustancias utilizaremos la tabla 2

Tabla 2. Propiedades de la sustancia que conforma la mezcla

PARAMETRO	ITEN	VALOR	UNIDAD
Mescla			
Aceite vegetal	Temperatura de operación	de 0-100	°C
	Densidad	920	Kg/m ³
Polietileno terestolato (plástico)	temperatura de operación	de 100-150	°C
	Densidad	960	Kg/m ³
Polietileno expandido (poroplas)	temperatura de operación	de 100-150	°C
	Densidad	19	Kg/m ³

Fuente propia

1.6.1. Cálculo del volumen para el tanque

Procedemos a calcular los volúmenes de cada uno de los elementos para la capacidad del tanque tomando en cuenta las masas y sus densidades

Donde:

Ecuacion.1. Volumen de la sustancia

$$V = m/\rho$$

$m: M$ (C)

$\rho: D$ (sustancia)

$V: V_t$ de la sustancia

A través de la ecuación de volumen, se calcula la suma de los volúmenes de cada sustancia de la mezcla, se obtiene:

Ecuacion.2. Volumen para el tanque

$$V = V_{plast} + V_{aceite} + V_{poroplas}$$

$$V_{totalmix} = \frac{m_{plas}}{\rho_{plas}} + \frac{m_{styr}}{\rho_{styr}} + \frac{m_{oil}}{\rho_{oil}}$$

$$V_{totalmix} = \frac{10kg}{960 \frac{kg}{m^3}} + \frac{2kg}{19 \frac{kg}{m^3}} + \frac{8kg}{920 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_{totalmix} \cong 0.12m^3$$

A partir del volumen total de la mezcla definimos el valor del volumen del tanque que contendrá a la mezcla se procede a aumentar en 20%, a través del cálculo con el factor adicional se procede a sobredimensionar el volumen para evitar derrames de sustancia y aprovechar una buen mescla.

Ecuacion.3. Volumen de la mescla de sobre diseño

$$V = V_{totalmax} + factor$$

$$V_{totalmax} = 0.12 m^3$$

F:Factor adicional 20%

$$V = 0.12m^3 + 0.2 = 0.32 m^3$$

Tabla 3. Se muestra los parámetros de las sustancias y las cargas total

INGREDIENTES	MASA (Kg)	DENSIDAD (Kg/m3)	VOLUMEN (m3)	
ACEITE	8.00	920.00	0.0087	
PLÁSTICO	10.00	960.00	0.0104	
POROPLAST	2.00	19.00	0.1053	FACTOR

CARGA TOTAL	20.00	0.12	ADICIONAL
DENSIDAD PROMEDIO	633.00	0.32	+20%

Fuente propia

Haciendo los cálculos y teniendo en cuenta el factor adicional que se propuso para el tanque, como criterio de FSK builders solo se debe usar la capacidad de 20 kg, por recomendación, para evitar averías por sobrecarga, la masa máxima que se le puede introducir al tanque.

Teniendo esto en cuenta se propone un diámetro D:0.80 m, procedemos a encontrar la altura total del tanque.

$$D_{tanque} = 0.80 m$$

$$H = 0.80m - 0.11m$$

$$H_{total} = 0.69m$$

**Tabla 4. Estos resultados se obtuvieron de los cálculos
Capacidad propuesta**

DIÁMETRO (m)	0.8
	0
F.F.	0.1
	1%
ALTURA (m)	0.6
	9
VOLUMEN (m ³)	0.3
	2

Fuente propia

1.6.2. Espesor de la lámina del tanque

En el espesor de la lámina se tomarán en cuenta las ecuaciones siguientes que se muestran en la tabla 5

Tabla 5. El espesor (t) según su forma geométrica

Según su forma geométrica	Ecuación
Cilíndrico	$t = \frac{\gamma \cdot h \cdot r}{\sigma_t \cdot E_s}$
Cono	$t = \frac{\gamma h^2 \tan \alpha}{4\sigma_t E_s \cos \alpha}$
Cilíndrico + semi-esfera	$t = \frac{P D_e}{2\sigma_t E_s + 1.8 * P}$

Fuente. (Diseño de almacenamiento de tanque.pag.3)

Donde:

) γ : peso específico del producto almacenado, N/m^3 .

) h : nivel máximo de producto almacenado, m.

) r : radio del cilindro, cono y cabeza elipsoidal, m.

) σ_t : tensión máxima admisible del material, Pa.

) E_s = eficiencia de soldadura según tipo de soldadura. Para junta soldada a tope en doble V y no examinada, toma valor de 0.6.

) P : presión externa, Kg/cm^2 .

) D_e : Diámetro externo, cm.

) α : semiángulo de la abertura del cono, $^\circ$.

El tanque diseñado en este trabajo es de forma cilíndrica, por lo tanto, se calculará el espesor cilíndrico:

Ecuación .4. Espesor cilíndrico

$$t = \frac{(\gamma \cdot h \cdot r)}{(\sigma_t \cdot E_s)} =$$

El esfuerzo admisible se selección del acero ASTM A-36, y el peso específico se tomó el de mayor densidad de los elementos (plástico)¹.

$$t = \frac{\gamma \cdot h \cdot r}{\sigma_t \cdot E_s} = \frac{(960 \text{ Kg/m}^3 * 9.8 \text{ m/seg}^2) * 0.65 \text{ m} * 0.40 \text{ m}}{250 \text{ MPa} * 0.6} = 0.000016 \text{ m}$$

$$t = 0.016 \text{ mm}$$

El espesor seleccionado es de $\frac{3}{16}$ in, de la tabla 6 este espesor se encuentra en el mercado nacional estandarizado y además se toma en cuenta que tendrá que soportar la estructura del motor eléctrico, eje, aspa.

¹ Disenio_Tanques_Almacenamiento.pdf, página 3

Tabla 6. Esta tabla se muestran los espesores

ESPEORES DE LAMINA			
NOMBRE	ANCHO	LARGO	ESPESOR
4'x8'x1/16"	4	8	0.0625
4'x10'x1/16"	4	10	0.0625
4'x8'x3/32"	4	8	0.09375
4'x10'x3/32"	4	10	0.09375
4'x8'x1/8"	4	8	0.125
4'x10'x1/8"	4	10	0.125
4'x8'x3/16"	4	8	0.1875
4'x10'x3/16"	4	10	0.1875
4'x8'x1/4"	4	8	0.25
4'x10'x1/4"	4	10	0.25
4'x8'x3/8"	4	8	0.375
4'x10'x3/8"	4	10	0.375

Fuente propia

1.7. Sistema de agitación

El mezclado o agitación de los fluidos es una disciplina de la mecánica de fluidos. La agitación de los fluidos se utiliza para acelerar los procesos y lograr una mayor uniformidad de la concentración y temperatura, facilitar las reacciones químicas y llevar a cabo el contacto con múltiples fases. (Ulloa, 2017, pág. 85)

El sistema de agitación del horno mezclador estará compuesto por tres elementos; los cuales son: el motor, el moto reductora y el rotor que tienen como objetivo principal homogenizar la mezcla. Estos componentes serán diseñados en base a los siguientes parámetros:

Tipo de rotor

La viscosidad

La potencia mecánica

La potencia eléctrica (motor)

1.7.2. Diseño del rotor

Para el diseño de rotor se deben tomar en cuenta la viscosidad de cada una de los elementos que conforman la mezcla, el número de Reynolds y otros cálculos que se presentan a continuación.

1.7.2.1. Cálculo de la viscosidad.

Para la determinación de la viscosidad de la mezcla se determinará por medio de la ecuación siguiente:

Ecuación.5. Cálculo de la viscosidad de la mezcla.

$$\mu_m = \frac{\mu_1}{V_1} \left(\frac{1 + 1.5 \mu_2 V_2}{\mu_1 + \mu_2} \right)$$

Primero mezclaremos el PET con el aceite y luego el resultado de esta combinación con el polietileno expandido (POROPLAST). La ecuación expuesta anteriormente corresponde a la viscosidad de una mezcla.

Donde:

μ_i = Viscosidad del líquido i

v_i = Volumen del líquido i

Para las viscosidades del polietileno tereftalato de polietileno (PET) y el polietileno expandido (POROPLAST o EPS) se tomó la viscosidad de polímeros fundidos a temperatura ambiente (el valor es de 1000 Pa*s), ya que estos plásticos pertenecen a los polímeros sintéticos.

Se determinará la viscosidad a la temperatura de 100 °C, que es la temperatura a la cual comenzara agitarse los elementos.

La mayoría de los materiales disminuyen la viscosidad con la temperatura la dependencia es exponencial y puede haber un 10% por cada °C modificado.

Nota. La viscosidad y el dato de variación de la misma según la temperatura

Tomaremos como variación un 2% por cada grado Celsius modificado, como la viscosidad de obtenida es a temperatura ambiente, es decir un promedio de 28 °C en la capital.

Ejemplificaremos la variación de la viscosidad para los tres primeros grados Celsius modificados.

$$(1000Pa \cdot s)(0.98) = 980Pa \cdot s$$

$$(980Pa \cdot s)(0.98) = 960.4Pa \cdot s$$

$$(960.4Pa \cdot s)(0.98) = 941.192Pa \cdot s$$

Se observa que al calcular la variación de la viscosidad se obtienen una sucesión geométrica en la cual la razón es 0.98 y el primer término es , así podremos obtener el valor de la viscosidad a los 100 °C, tomando en cuenta que la temperatura ambiente es de 28 °C el término "n" de la sucesión a la temperatura de 100°C es 72.

Con lo antes mencionado se determinará con la ecuación para una sucesión geométrica

Ecuación.6. Cálculo de la sucesión geométrica

$$a_n = a_1 r^{n-1}$$

Donde:

a_n : viscosidad a la temperatura modificada.

a_1 : viscosidad a la temperatura ambiente.

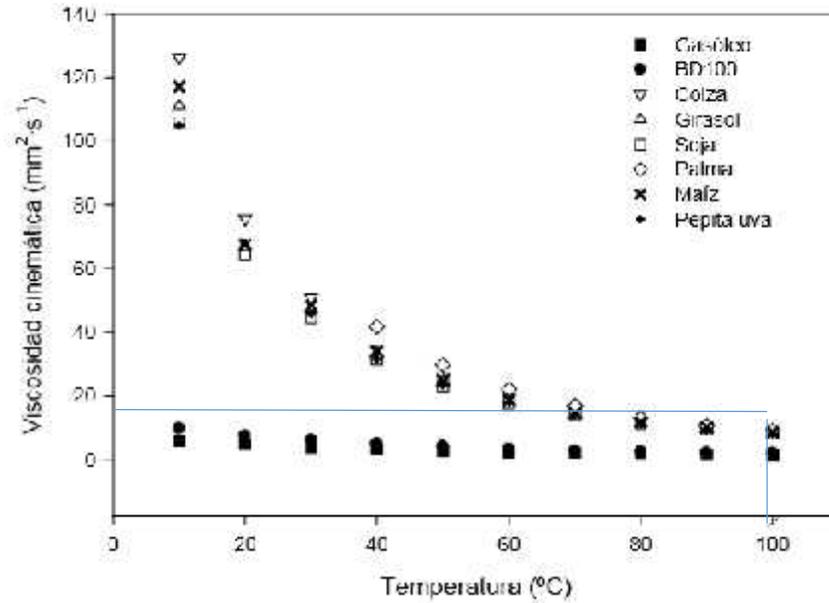
r : razón de variación.

n : grados modificados

$$a_{72} = (1000 \text{ Pa} \cdot \text{s})(0.98)^{72-1} = 238.260 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

Para la determinación de la viscosidad del aceite, se tomó de la siguiente imagen.

Figura. 2. Valores promedios del aceite, diagrama viscosidad / temperatura



Fuente (Jordi Roger Riba & Puig, 2010.pag5)

$$v = 15 \text{ mm}^2/\text{s} = 15 \text{ mm}^2/\text{s} \cdot \frac{(1\text{m})^2}{(1000\text{mm})^2} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

La viscosidad encontrada es cinemática, por lo cual se tiene que determinar la viscosidad dinámica, mediante la ecuación:

Ecucion.7. Calculo de viscosidad dinámica

$$v = \mu/\rho \quad \rightarrow \quad \mu = v\rho$$

Donde:

μ : *viscosidad dinámica.*

ν : viscosidad cinemática.

ρ : densidad.

$$\mu = \left(15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}\right) \left(920 \text{ Kg}/\text{m}^3\right) = 0.0138 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

Ahora determinaremos la viscosidad de la combinación de dos elementos:

Ecuacion.8. Viscosidad de dos elementos

$$\mu_{\text{Aceite+PET}} = \frac{0.0138 \text{ Pa} \cdot \text{s}}{0.0652 \text{ m}^3} \left(\frac{1 + 1.5 (238.260 \text{ Pa} \cdot \text{s}) (0.0781 \text{ m}^3)}{238.260 \text{ Pa} \cdot \text{s} + 0.0138 \text{ Pa} \cdot \text{s}} \right) = 0.026 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

Con la combinación de estos dos elementos (Aceite y PET), procedemos a determinar la viscosidad de la mezcla (final), con el tercer elemento (EPS) y la combinación anterior.

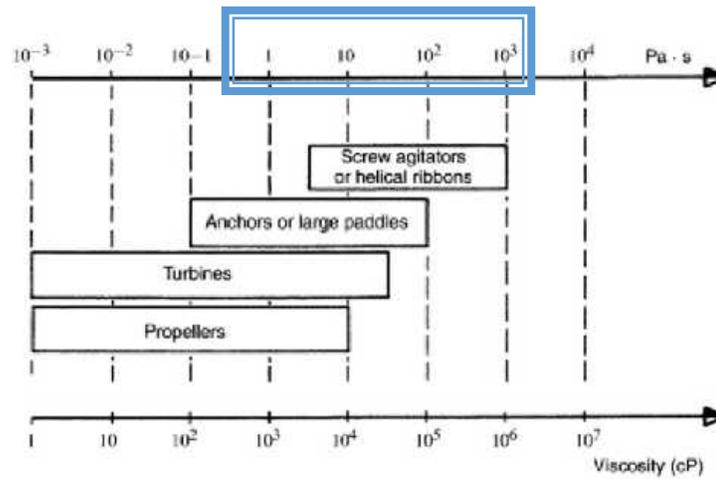
Ecuacion.9. Viscosidad de tres elementos

$$\mu_m = \frac{0.026 \text{ Pa} \cdot \text{s}}{0.1433 \text{ m}^3} \left(\frac{1 + 1.5 (238.160 \text{ Pa} \cdot \text{s}) (0.7894 \text{ m}^3)}{238.160 \text{ Pa} \cdot \text{s} + 0.026 \text{ Pa} \cdot \text{s}} \right) = 0.213 \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

1.7.2.2. Selección del tipo de aspa del rotor.

La selección del tipo de rotor a usar mantiene relación directa con la viscosidad. Como punto de partida para resolver los problemas de agitación, generalmente se suelen utilizar rotores de tipo de cinta helicoidal, en la Figura 3, se observan el tipo de rotor a usar con la siguiente gráfica.

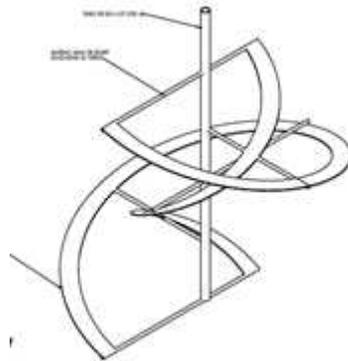
Fig. 3. Rango de viscosidad para diferentes tipos de rotor



Fuente (Solis, 2017.pag68)

Seleccionamos una agitador del tipo cinta helicoidal el cual abarca un intervalo de viscosidad desde 10 Pa * S -10000 Pa * S.

Figura.4. Rotor de cinta helicoidal



Fuente propia

1.7.2.3. *Calculo para las dimensiones del rotor*

Para el cálculo de las dimensiones del rotor tipo cinta helicoidal se utilizaron las siguientes relaciones mostradas.

Ecuacion.10. Calculo de la dimensión de las cintas helicoidales

$$D_a = D_t * 98\% \quad j = \frac{D_a}{12} - 0.02$$

$$H = D_a - 0.03 \quad L = \frac{D_a}{4}$$

Donde:

D_a = Diámetro del agitador (m)

D_t = Diámetro del tanque (m)

J = Ancho de las cintas (m)

H =Alto de las cintas (m)

L =Longitud de la cinta

De acuerdo a los cálculos realizados con respecto al volumen del tanque, se tiene un Diámetro igual a 0.80 m, por lo tanto, en base a las relaciones de la Figura 5, se realiza el diseño del agitador.

El diámetro del agitador se obtiene “ D_a ” de esta manera:

$$D_a = D_t * 98\%$$

$$D_a = 0.80 \text{ m} * 0.98 = 0.78 \text{ m}$$

Calculamos H: La altura del rotor

$$H = D_a - 0.03$$

$$H = 0.78m - 0.03 = 0.75m$$

Calculamos J: Ancho de la cinta helicoidal

$$J = \frac{D_a}{12} - 0.02$$

$$J = \frac{0.78m}{12} - 0.02 = 0.05m$$

Calculamos L: la longitud de la cinta helicoidal

$$L = \frac{0.78}{4} = 0.2m$$

Tabla 7. Parámetros del rotor

CALCULO DEL ROTOR			
DIÁMETRO DEL ROTOR	D_a	0.78	m
ALTURA DEL ROTOR	H	0.75	m
ANCHO DE LA CINTA	J	0.05	m
LONGITUD DE LA CINTA	L	0.20	m

Fuente propia

1.7.2.4. Calculo del número de Reynolds (Re)

El número de Reynolds (Re), se relaciona las fuerzas de inercias y viscosas de los fluidos y es necesario para el cálculo de la potencia requerida. El número de Reynolds (Re) se calcula mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 11. Numero de Reynolds

$$R_e = \frac{D^2 N \rho}{\mu}$$

Donde:

D=Diámetro del agitador (m)

N=Velocidad rotacional de la agitación (rpm)

=Densidad del fluido (Kg/m³)

μ =Viscosidad del fluido (Pa-s)

En la tabla siguiente se muestran los valores necesarios para determinar el número de Reynolds Re.

Tabla 8. Parámetros para el numero de Reynolds

PARAMETROS	MEZCLA	
DENSIDAD	633	Kg/m ³
VISCOSIDAD	0.213	pa*s
VELOCIDAD ROTACIONAL	0.333333333	RPS
DIAMETRO DEL AGITADOR	0.78	m

Fuente. Propia

$$Re = \frac{0.78^2 * 0.3333RPS * 633 \text{ Kg/m}^2}{0.213 \text{ pu * s}} = 608.88$$

1.13. Cálculo de la potencia del rotor

Un parámetro importante en el diseño de agitadores es la potencia necesaria para poder accionar el mecanismo de agitación. Dicho parámetro nos es posible determinarlo teóricamente, sin embargo, es posible determinarlo mediante correlaciones que involucran números adimensionales como el Np (Numero de potencia) y el número de Reynolds (Re), el cual relaciona las fuerzas de inercias y viscosas de los fluidos. Para el cálculo de la potencia requerida, en primera instancia es necesario determinar el número de Reynolds mediante la siguiente ecuación.

Cálculo y estimación de la potencia requerida. P' es el requerimiento de potencia del rotor, es decir, representa la tasa de energía de disipación dentro del líquido. La potencia transmitida depende de la carga de mezcla en el agitador. Como esta carga se aumenta, la potencia a suministrar por el motor se aumenta. La potencia entregada al agitador se calcula a partir de la ecuación 6. Sin embargo, la potencia nominal del motor P' es la que tiene que entregar la potencia P al agitador más la consideración de las pérdidas en la caja de engranajes, cojinetes y sellos. En la determinación de P' , P es calculado y un motor adecuado estándar comercial más grande se selecciona para permitir que asuma estas pérdidas. Típicamente, un motor eléctrico asíncrono se utiliza como unidad.

Una característica de estos motores es que el par de torsión en el arranque puede ser 2,5 veces el par nominal del motor. También se puede terminar de la siguiente manera para el cálculo de la potencia se emplea la siguiente ecuación:

Esto debe tenerse en cuenta en el dimensionamiento de la unidad de eje. Del mismo modo, si la carga de mezcla en el agitador aumenta en servicio aumenta el par motor y el motor se bloquea o se retira cuando se dispara la protección. Aunque la operación continua en esta condición nunca sería considerada, el eje debe ser diseñado para acomodar este par de torsión más grande. En general, se puede considerar que el par de torsión extraíble para fines de diseño esta entre 1,5 y 2,5 veces el par nominal del motor en función de la naturaleza de la mezcla (es decir Factor de potencia = 1,5 para mezcla simple y 2,5 para alta viscosidad o sólidos más rigurosos).

1.14. Consumo de potencia para n° de $Re < 300$ con o sin placas deflectoras

Para este caso con $Re < 300$, las líneas de N_p v/s Re coinciden para un estanque con o sin placas deflectoras. En este intervalo el flujo es laminar y la densidad no influye. La ecuación de potencia queda de la siguiente manera:

Ecuacion.12. Calculo de la potencia del rotor sin deflectores

$$P = K_1 * N^2 D_a^3 * \mu_{Mezcla}$$

Se propuso la ecuación de la potencia sin placa deflectora tomando en cuenta el diseño del rotor de cinta helicoidal

$$P' = K_L * N^2 * D_a^3 * \mu$$

Donde:

-) P' : Potencia de arrastre consumida por el rotor: watts = J/s = Nm/s.
-) K_L o K_1 = Es una constante para el cálculo de potencia .
-) N : Velocidad angular en rpm
-) D_a : Diámetro del rotor en m.
-) μ : La viscosidad de la mezcla.

$$P' = 52 * (20)^2 * (0.78)^3 * 0.213 = 2,134.97 \text{ watts} = 2.13 \text{ KWatts} = 3 \text{ HP}$$

Tabla 9. Parámetros de diseño del Horno Mezclador
CÁLCULO DE POTENCIA

VELOCIDAD ANGULAR	20.0	RPM
VELOCIDAD TANGENCIAL	41057.05	N
VISCOSIDAD	0.213	Pa*s
Kt/KL	52	
FACTOR DE SEGURIDAD	1.15	
DIÁMETRO DEL TANQUE	0.80	m
DIÁMETRO DEL ROTOR	0.78	m
DENSIDAD DEL MAT.	633.00	Kg/m ²
VELOCIDAD	0.3333	RPS
REYNOLDS	608.88	LAMINAR
POTENCIA	2,134.97	W
	2.13	KW
	3.29	HP
POTENCIA DEL MOTOR	4.11	HP
MOMENTO TORSOR	6,404.90	N.M
	16,012.25	N.M
MOMENTO FLECTOR	39004.2012	N.M

Fuente propia

1.16. Cálculo del momento torsor

Cálculo del momento torsor en aplicaciones prácticas son frecuentes los casos en que un momento torsor actúa simultáneamente, siendo este constante a lo largo del eje ya que este es producido por una fuerza tangencial ubicada a una distancia r (radio del rotor).

Se considera que una fuerza constante F que actúa en la dirección tangencial sobre la superficie exterior de una flecha de radio “ r ” que gira a una velocidad angular (rpm). Note que el trabajo W es la fuerza multiplicada por la distancia y que la potencia P es el trabajo realizado por unidad de tiempo y, por lo tanto, la fuerza multiplicada por la velocidad

Fig. 5. Fuerzas aplicadas sobre el eje

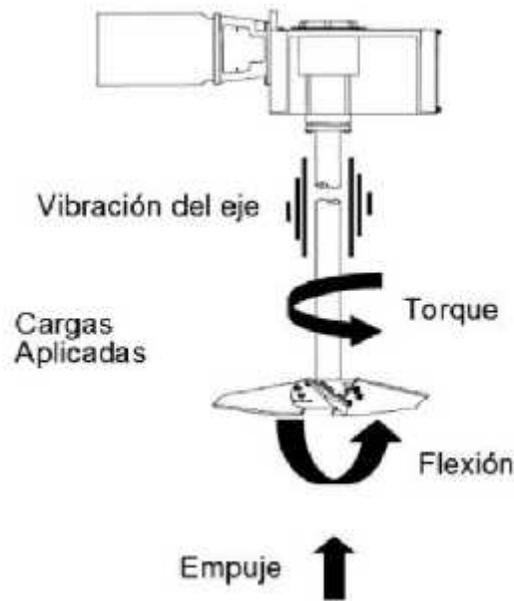
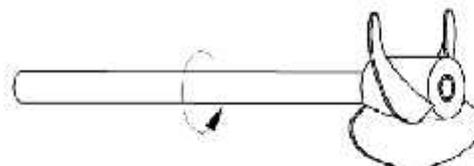


Fig. 6. La fuerza de trabajo que es sometido al eje



Por lo tanto, la potencia transmitida por una flecha que gira a rpm (N) bajo la influencia de un momento aplicada de torsión M_t es:

Ecuación .13. Momento torsor

$$M_t = \frac{P'}{\omega}$$

Donde:

) P' : potencia en watts.

) M_t : momento torsor en Nm.

) ω : velocidad angular en rps.

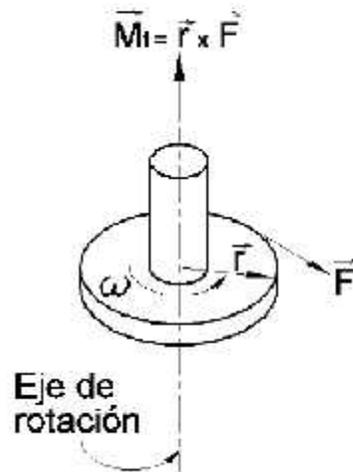
$$M_t = \frac{2134.97 \text{ watts}}{0.3333 \text{ rps}} = 6404.90 \text{ Nm}$$

Se debe seleccionar un factor conveniente para el para el torque de 1,5 para trabajo liviano y 2,5 para trabajo severo, ya que si se encuentra las cuchillas con una obstrucción sólida se experimentará un estancamiento al lado de la carga F., representada en un punto a lo largo de tres cuartos de la longitud de unas cuchillas. Por ende, se debe aumentar la carga torsional que resista esta masa que reacciona frente al torque, y asegurando que falle por la parte más débil y menos costosa, siempre protegiendo el eje.

$$M_t = 2.5 * 6404.90 \text{ Nm} = 16012.25 \text{ Nm}$$

Figura.7. Se muestra momento torsor y fuerza tangencial

Momento torsor y fuerza tangencial



Ecuación. 14. Fuerza tangencial

$$F = \frac{M_t}{r}$$

Donde:

) M_t : momento torsor en Nm.

) F : fuerza tangencial N.

) r : radio del rotor.

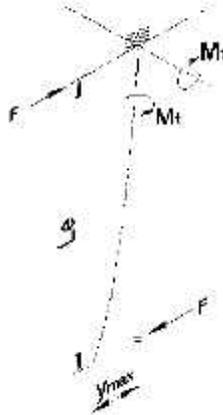
$$F = \frac{16012.25Nm}{0.39m} = 41057.05N$$

1.17. Cálculo del momento Flector

Con el diagrama de cuerpo libre de la figura siguiente y el eje como condición de viga en voladizo, se encuentran por sumatoria de momentos y de fuerzas los correspondientes valores.

Fig. 8. Diagrama de cuerpo libre de la fuerza del eje

Fuerzas en el eje



Ecuación 15. Momento flector

$$M_f = F * l_e$$

(Budynas & Keith Nisbett, 2008)

Donde:

) M_f : momento flector en Nm.

) F : fuerza en N.

) l_e : longitud del eje en m.

$$M_f = (41057.05 \text{ N}) * (0.95 \text{ m}) = 39004.201 \text{ Nm}$$

1.18. Diseño del eje

Los esfuerzos sobre el eje se evalúan en los sitios potencialmente críticos. Por lo general, estas ubicaciones se localizan en la superficie exterior, en ubicaciones axiales donde el momento flexionante es grande, donde el par de torsión está presente, y donde existen concentraciones de esfuerzos. Aplicando el teorema de Distorsión von Mises para materiales dúctiles en este caso acero se resuelve:

Ecuacion.16. Cálculo del diámetro del eje

$$d = \left(\frac{16N_f}{\pi S_y} \{4M_f^2 + 3M_t^2\}^{1/2} \right)^{1/3}$$

(Budynas & Keith Nisbett, 2008)

Donde:

-) *d*, diámetro de eje m.
-) *N_f*, factor de seguridad estimado para el cálculo del diámetro.
-) *M_f*, momento flector (flexión) Nm.
-) *M_t*, momento torsor (o torque) Nm.
-) *S_y*, Esfuerzo de fluencia MPa

$$d = \left(\frac{16N_f}{\pi S_y} \{4M_f^2 + 3M_t^2\}^{1/2} \right)^{1/3}$$

(Budynas & Keith Nisbett, 2008)

1.19. Factor de seguridad estático

De acuerdo a la norma AISC (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, INC.) ver anexo E, se considera que el esfuerzo permisible para compresión, tensión y a flexión, debe ser el 60% del límite de fluencia ($\sigma_y = 310 \text{ MPa}$), para el material seleccionado como inoxidable 4110:

$$\sigma_{perm} = \sigma_y * 0.60 = (310 \text{ Mpa}) * 0.6 = 186 \text{ Mpa}$$

Denotando así el siguiente como condición inicial del factor de seguridad mínimo

$$N_f = \frac{\sigma_y}{\sigma_{perm}} = \frac{310 \text{ Mpa}}{186 \text{ Mpa}} = 1.66$$

$$d = \left(\frac{16 * (1.66)}{\pi(186,000,000 \text{ Pa})} \{4(184.450 \text{ Nm})^2 + 3(31.84 \text{ Nm})^2\}^{1/2} \right)^{1/3} = 0.02167 \text{ m}$$

$$= 21.67 \text{ mm}$$

El diámetro del eje se debe ajustar a un valor estandarizado definido según la selección del motor. Para este caso se fija el diámetro a 25mm.

1.20. Selección del motorreductor

1.20.1. Selección de unidad motriz

El arreglo más práctico para este sistema consiste en colocar un motorreductor directamente acoplado al rotor del mezclador, sin embargo, esta condición implica el uso de un equipo especial, estos se pueden encontrar en la marca SUMITOMO y son del tipo cicloidal

Fig. 14. Motorreductores alcanzan relaciones de transmisión hasta de 804:1



Fig. 15. Motorreductores alcanzan relaciones de transmisión hasta de 804:1



Cyclo® (Motor Integrado)

La clave del éxito de la tecnología Cyclo® es su funcionamiento por compresión en lugar de corte.

Vista General	Datos Técnicos
Eje de salida	Eje sólido
Direcciones de eje de salida	Montaje en cualquier dirección (horizontal, vertical descendente, vertical ascendente)
Estilo de montaje	Patax (paredera), brida y caja
Tamaño de carcasa	22 tamaños (etapas de salida)
Rango de reducción	2.3:1 a 119:1 (simple) 104:1 a 7569:1 (doble) 8041:1 a 658,883:1 (triple)
Torque nominal	de 55 a 603,620 lb-in (6.2 a 68,200 N-m)
Potencia del motor	1/8 HP - 235 HP (0.1 kW - 175 kW)
Tipos de motor	eficiencia estándar, eficiencia premium

Fig. 16. Motor integrado

Sin embargo, para este proyecto se recomienda la utilización de un motorreductor compuesto por unidades separadas, por cuestión de costos, estos reductores pueden costar hasta 50% menos que el costo de una unidad cicloidal.

Tomando como base el dato obtenido anteriormente para la potencia requerida en el equipo, se considera como punto de partida para la unidad motriz la potencia de 3 HP. Tomaremos como punto de partida la marca World Wide debido a la facilidad de adquisición en el país de estos elementos, dentro de esta marca encontramos motores y reductores, los cuales se seleccionan por aplicación, potencia, velocidad de salida y Frame. En este caso, el reductor buscado debe contar con una relación de reducción igual a:

$$\text{ratio} = \frac{1,750 \text{ RPM (velocidad nominal del motor)}}{20 \text{ RPM (velocidad de salida del rotor)}} = 87.5$$

(Budynas & Keith Nisbett, 2008)

Dentro de los reductores convencionales no se encuentra uno con esta relación, por lo menos no uno para una aplicación sencilla y de bajo costo como es el fin de esta, por tanto, se deberá utilizar un variador de frecuencia para reducir la velocidad de salida del motor.

Hasta este punto contamos con 2 variantes: la primera consiste en utilizar un motor de 1750 RPM con un variador de frecuencia para reducir la velocidad de salida del reductor hasta las 20 RPM o seleccionar un motor que entregue 1200 RPM, estos son de mayor costo por poseer un arreglo distinto en el estator para poder entregar esta velocidad poco usual de salida. En la siguiente imagen se muestra un motor seleccionado, adjunto se encuentra el catálogo.

Se tomó la primera decisión en utilizar la las RPM de 1750 y un variador de frecuencia para obtener una salida de 20 rpm.

Tabla 10. Opciones de las revoluciones entrada y salida del motorreductor
SELECCIÓN DE MOTORREDUCTOR

	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4
RPM MOTOR	1750	1750	1200	1750
RATIO TRANSMISIÓN POR BANDAS (ALTERNATIVA)	0.75			
RATIO REDUCTOR	1312.5			
RPM SALIDA	60	60	60	80
	21.88	29.17	20.00	21.88

Fuente propia

Fig. 17. Selección del motor

General Purpose Motors
TEFC Enclosure • Rigid Base and C-Face • Three-Phase • 208-230/460 Volt

Product Specifications

- Rigid Base: 1/2 - 2 HP, 1800 RPM
- C-Face: 1/3 - 3 HP, 3600 and 1800 RPM
- 208-230/460 Volt
- Totally Enclosed Fan-Cooled (TEFC) Enclosure
- IP43 Protection
- 1.15 SF
- Class F Insulation
- Premium Efficiency (1-3 HP)

- Vacuum Pressure Impregnation (VPI) System
- Anti-Rust Film Applied to Motor
- Improved Shaft Seal on Drive-End
- Protects Drive-End Bearing from Moisture and Contaminants
- Inverter Rated, 4:1 CT / 10:1 VT
- Suitable for 50 Hz with 1.0 SF



HP	RPM	Voltage	Frame	Model Number	List Price	FL Amps (A)	FL Eff. (%)	Approx. Wt. (lbs.)	Notes
Rigid Base									
1/2	1800	208-230/460	56	NAT12-18-56	\$279.88	0.95	70.0	10	
3/4	1800	208-230/460	56	NAT34-18-56	\$299.47	1.3	73.0	22	
1	1800	208-230/460	56	NATE1-18-56	\$370.97	1.61	85.5	35	P
1.5	1800	208-230/460	56	NATE1.5-18-56	\$437.99	2.26	86.5	43	P
2	1800	208-230/460	56	NAT7-18-56	\$521.89	2.96	86.5	49	P
C-Face • Removable Base									
1/3	3600	208-230/460	56C	NAT13-36-56CB	\$248.67	0.65	60.0	10	
	1800	208-230/460	56C	NAT13-18-56CB	\$270.72	0.72	67.0	18	
1/2	3600	208-230/460	56C	NAT12-36-56CB	\$259.54	0.85	67.5	19	
	1800	208-230/460	56C	NAT12-18-56CB	\$287.50	0.95	70.0	15	
3/4	3600	208-230/460	56C	NAT34-36-56CB	\$270.32	1.2	71.5	21	
	1800	208-230/460	56C	NAT34-18-56CB	\$311.75	1.3	73.0	22	
1	3600	208-230/460	56C	NATE1-36-56CB	\$377.70	1.5	77.0	23	P
	1800	208-230/460	56C	NATE1-18-56CB	\$409.23	1.61	85.5	30	P
1.5	3600	208-230/460	56C	NATE1.5-36-56CB	\$427.67	1.98	84.0	31	P
	1800	208-230/460	56C	NATE1.5-18-56CB	\$518.68	2.26	86.5	43	P
2	3600	208-230/460	56C	NAT7-36-56CB	\$477.64	2.61	85.5	34	P
	1800	208-230/460	56C	NATE2-18-56CB	\$578.12	2.96	86.5	59	P
3	3600	208-230/460	56C	NATE3-36-56CB	\$546.73	3.69	86.5	52	P

(Knauf, 2005)

Como se puede observar, el frame del motor es 56C, este dato es importante para proceder a seleccionar el reductor. El reductor idóneo para esta aplicación es un reductor del tipo sinfín corona debido a que estos poseen relaciones convencionales de 60:1, son compactos, de bajo mantenimiento y peso, por estos motivos funcionan bien en maquinaria pequeña.

1.20.2. Acoplamiento superior

Selección del machón: Para el acoplamiento que une el eje del motor con el extremo superior del eje del agitador, se utilizará un acoplamiento rígido de platillo, con dimensiones normalizadas. En la tabla siguiente se indican las longitudes máximas del cubo en relación al diámetro del eje calculado: 25mm

Otro beneficio observable es el hecho de contar con eje hueco para la salida, esto permite acoplar ejes conformados por tubos o barras huecas, tal es el caso de este proyecto.

Aluminum Worm Gear Reducers: Product Overview

Product Specifications

- ⌘ 7.5:1 - 100:1 ratios
- ⌘ Box sizes (Center distances 30 mm - 90 mm)
- ⌘ Aluminum alloy housing for light weight design
- ⌘ Hardened worm shaft for increased durability
- ⌘ Two bearings on input and output shafts
- ⌘ NEMA motor input for easy
- ⌘ All units filled with synthetic oil (Mobil SHC634) for an "M1" position mounting
- ⌘ Adjustable level for alternative mounting positions
- ⌘ Double lip oil seals prevent leakage
- ⌘ Multiple mounting holes for all angle mounts
- ⌘ Powder coat paint plan on external housing to resist corrosion
- ⌘ Hollow output bores with plug-in output shafts
- ⌘ 1 year warranty



	30	0.12	56C	3	CALM30-63/1-56C	\$158.14
	40	0.25	56C	5	CALM40-63/1-56C	\$206.52
	50	0.47	56C	8	CALM50-63/1-56C	\$285.15
63	63	0.82	56C	13	CALM63-63/1-56C	\$358.26
	75	1.22	56C	13	CALM75-63/1-56C	\$534.26
	90	1.93	56C	25	CALM90-63/1-56C	\$611.24

Fig. 19. Selección de especificación de reductores de engranaje helicoidales²

En la imagen anterior se muestra el reductor seleccionado, este coincide en frame con el motor, por ende, se acoplan sin problemas. Adicionalmente, se recomienda la utilización de un acople para sujetar el conjunto motor – reductor en el bastidor de la máquina, para este fin se puede utilizar un acople ofrecido por el mismo fabricante o se puede diseñar uno específicamente para este diseño. En la imagen siguiente se muestra el acople mencionado.

² worldwidelectri, 2020-2021, pág. 36

Al tubo del rotor se le abren 2 agujeros separados longitudinalmente y girados 90 grados entre sí, estos mismos agujeros en el eje sólido esto permitirá una unión efectiva para transmitir el torque requerido, soportar el peso del rotor y la facilidad de montaje y mantenimiento de los componentes. El material del eje puede ser de Acero 4140.

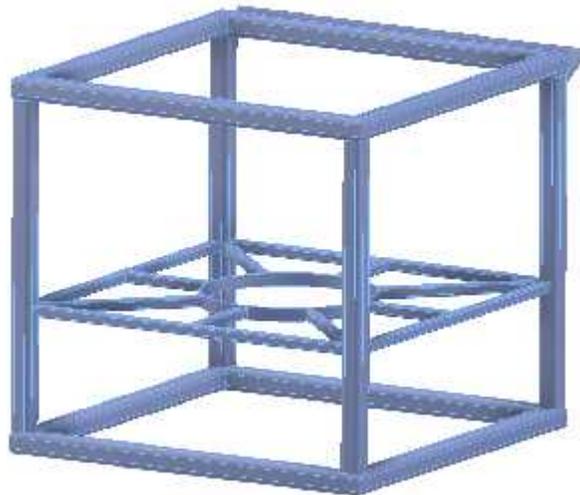
1.21. Diseño estructura del bastidor

Este equipo contará con un bastidor conformado por tubo cuadrado de 2" para facilitar el armado y manipulación Tomando como referencia la capacidad del tanque de la empresa SFK, el cual está diseñado para una carga de 20 Kg, se estimó el volumen del recipiente, tomando en cuenta que el equipo está pensado para ser manipulado por una persona, por lo cual se debe pensar en la ergonomía del operario al realizar la suma del peso de la máquina debido a que el peso total del objeto a manipular no se trata solamente del volumen de plástico que se va a procesar, sino también el volumen de acero que conforma la máquina.

1.21.1. Bastidor

Este equipo contará con un bastidor conformado por tubo cuadrado de para facilitar el armado y manipulación de las piezas, no se considera la utilización de perfiles abiertos como angulares para evitar la acumulación de residuos en las caras de estos. A continuación, un modelo simplificado del bastidor donde se presenta una plataforma para la sujeción del tanque.

Fig. 22. Bastidor



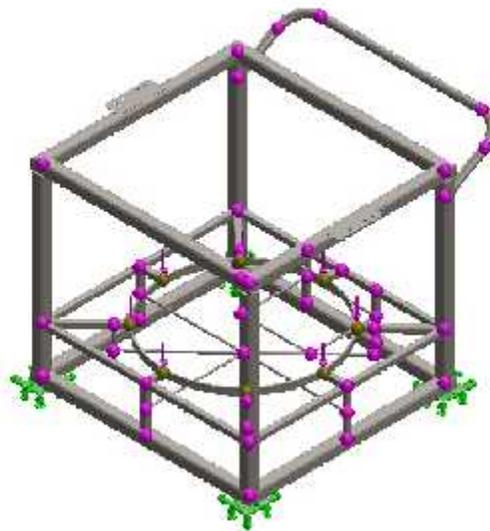
Fuente propia

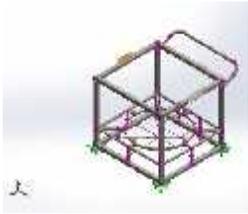
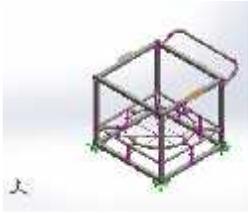
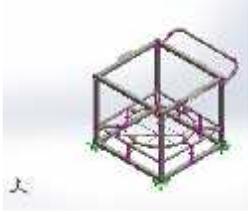
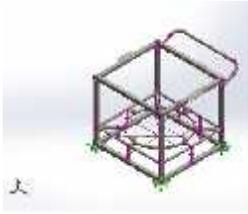
La forma geométrica del bastidor depende del tamaño del tanque, el bastidor debe contener, además del tanque, los demás componentes del equipo como el sistema eléctrico, el sistema motriz, accesorios de trabajo y debe poseer la rigidez suficiente para soportar los esfuerzos que genera la operación del equipo a plena carga. Debe contar, además con soporte para la parte que transmite calor, es decir, con el quemador de gas, de esta forma el bastidor contará con una recámara para la combustión del gas. En equipos más grandes se puede considerar la posibilidad de que el cilindro de gas quepa dentro del bastidor, o en un caso diferente, que en lugar de un quemador de gas se trate de una resistencia eléctrica alimentada por un sistema que controle tanto la resistencia como el funcionamiento del mecanismo de mezclado.

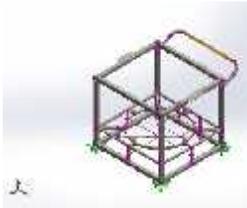
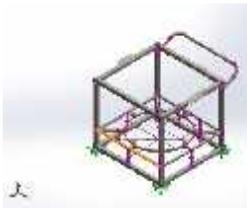
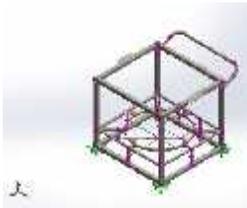
1.21.2. Información de modelo

Se usaron las herramientas de Software SolidWorks 3D para realizar el diseño, se procedió al primer paso de la extrudir y cortar con los chaflanes para darle un mejor diseño, se muestran los valores de la estructura que soportara el tanque la carga de la mezcla y sus componente y accesorio el análisis nos facilita a mostrar las características del sólido masa volumen densidad y peso del bastidor.

Sólidos



Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar.Extruir1[2] 	Sólido	Masa:0.360418 kg Volumen:4.59132e-05 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:3.5321 N	C:\Users\hp15\Desktop\HORNOMEZCLADOR\MODELOS 3D\BASTIDOR.SLDPRT Aug 4 21:46:13 2021
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:3.25878 kg Volumen:0.000415131 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:31.936 N	C:\Users\hp15\Desktop\HORNOMEZCLADOR\MODELOS 3D\BASTIDOR.SLDPRT Aug 4 21:46:13 2021
Cortar-Extruir1[1] 	Sólido	Masa:0.360418 kg Volumen:4.59132e-05 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:3.5321 N	C:\Users\hp15\Desktop\HORNOMEZCLADOR\MODELOS 3D\BASTIDOR.SLDPRT Aug 4 21:46:13 2021
Chaflán3 	Sólido	Masa:0.222599 kg Volumen:2.83566e-05 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:2.18147 N	C:\Users\hp15\Desktop\HORNOMEZCLADOR\MODELOS 3D\BASTIDOR.SLDPRT Aug 4 21:46:13 2021

<p>Chaflán4</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.222599 kg Volumen:2.83566e-05 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:2.18147 N</p>	<p>C:\Users\hp15\Desktop\HORNO MEZCLADOR\MODELO S 3D\BASTIDOR.SLDPRT Aug 4 21:46:13 2021</p>
<p>Chaflán5</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.222599 kg Volumen:2.83566e-05 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:2.18147 N</p>	<p>C:\Users\hp15\Desktop\HORNO MEZCLADOR\MODELO S 3D\BASTIDOR.SLDPRT Aug 4 21:46:13 2021</p>
<p>Chaflán2</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:0.222599 kg Volumen:2.83566e-05 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:2.18147 N</p>	<p>C:\Users\hp15\Desktop\HORNO MEZCLADOR\MODELO S 3D\BASTIDOR.SLDPRT Aug 4 21:46:13 2021</p>

Sólidos de viga:

Nombre de documento y referencia	Formulación	Propiedades	Ruta al documento/Fecha de modificación
----------------------------------	-------------	-------------	---

1.22. Cálculos térmicos de horno mezclador

Los cálculos térmicos de transferencia de calor realizados para este diseño son de suma importancia para poder desarrollar la funcionalidad del equipo. A continuación, presentamos partes de los análisis y cálculos realizados.

1.22.1. Cálculo de pérdidas de calor al ambiente

Se considera las pérdidas de calor por conducción, convección y radiación de:

) Paredes planas del horno mezclador.

Tapa superior del horno mezclador.

1.22.2. Cálculos por Conducción

1.22.2.1. Cálculos por pérdidas de las paredes planas del horno mezclador

La ecuación para determinar las pérdidas de calor en las paredes del horno es la siguiente:

$$Q_{pp} = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta X_a}{K_a A_a} + \frac{\Delta X_{SW}}{K_{SW} A_{SW}}}$$

(Cengel, 2007)

Donde:

) ΔQ_{pp} : Pérdida de calor por contorno del cilindro.

) ΔX_a : Espesor del acero; 0.003175 m.

) K_a : Coeficiente térmico del acero; $54 \frac{W}{m^{\circ}K}$.

) A_a : Área del acero; 0.503 m^2 .

) ΔX_{SW} : Espesor de la manta de super wool; 0.0315 m

) K_{SW} : Coeficiente térmico del polietileno expandido; $0.06 \frac{W}{m^{\circ}K}$.

) A_{SW} : Área de la manta de super wool; 1.623 m^2 .

$$Q_{pp} = \frac{302^{\circ}K - 82.4^{\circ}K}{\frac{0.003175 \text{ m}}{\left(54 \frac{W}{m^{\circ}K}\right) (0.503 \text{ m}^2)} + \frac{0.0315 \text{ m}}{\left(0.06 \frac{W}{m^{\circ}K}\right) (1.623 \text{ m}^2)}} = 678.19 \text{ W}$$

Dando como resultado **678.19 W**

1.22.2.2. Cálculos por pérdidas de calor de la tapa del horno mezclador

La ecuación para determinar las pérdidas de calor en la tapa del horno mezclador es la siguiente:

$$Q_{TM} = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta X_a}{K_a A_a} + \frac{\Delta X_{SW}}{K_{SW} A_{SW}}}$$

(Cengel, 2007)

) ΔQ_{TM} : Pérdida de calor por la tapa del cilindro.

) ΔX_a : Espesor del acero; 0.003175 m.

) K_a : Coeficiente térmico del acero; $54 \frac{W}{m^{\circ}K}$.

) A_a : Área del acero; 0.723 m².

) ΔX_{SW} : Espesor de la manta de super wool; 0.0315 m

) K_{SW} : Coeficiente térmico del polietileno expandido; $0.06 \frac{W}{m^{\circ}K}$.

) A_{SW} : Área de la manta de super wool; 1.623 m².

$$Q_{TM} = \frac{302^{\circ}K - 82.4^{\circ}K}{\frac{0.003175 \text{ m}}{\left(54 \frac{W}{m^{\circ}K}\right) (0.723 \text{ m}^2)} + \frac{0.0315 \text{ m}}{\left(0.06 \frac{W}{m^{\circ}K}\right) (1.623 \text{ m}^2)}} = 678.40 \text{ W}$$

Dando como resultado **678.40 W**

1.22.3. Cálculos por convección

1.22.3.1. Cálculos por pérdidas de calor del tanque del horno mezclador

La ecuación para determinar las pérdidas por convección es la siguiente:

$$Q_{conv} = h * A_s * (T_s - T_{\infty})$$

Ecuación principal

(Cengel, 2007)

Es importante mencionar que para poder encontrar el valor total de pérdidas por convección necesitamos calcular adicionalmente el número de Nusselt, y una vez realizado dichos cálculos, podemos encontrar el coeficiente de transferencia de calor por convección. Para que posteriormente solo agreguemos el valor final en la ecuación principal.

Donde:

) h : Coeficiente de transferencia de calor por convección.

) A_s : Área de la superficie = 0.5026 m^2

) T_s : Temperatura de la superficie = 150°C

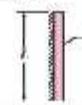
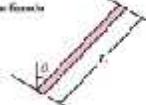
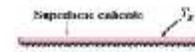
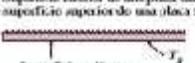
) T_{∞} : Temperatura ambiente = 28°C

1.22.3.2. Cálculo de Número de Nusselt

Entre mayor sea el número de Nusselt más eficaz va ser la convección.

A continuación, hacemos el cálculo correspondiente para encontrar este valor.

Fig. 23. Correlaciones empíricas del número promedio de Nusselt para la convección natural de superficies

Configuración geométrica	Longitud característica L_c	Intervalo de Ra	Nu
<p>Placa vertical</p> 	L	$10^4 - 10^9$ $10^9 - 10^{10}$ Todo el intervalo	$Nu = 0.59 Ra^{1/4}$ (9-19) $Nu = 0.1 Ra^{1/3}$ (9-20) $Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra^{1/4}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{1/4}} \right\}^2$ (9-21) (compleja pero más exacta)
<p>Placa inclinada</p> 	L		Utilízanse las ecuaciones de la placa vertical para la superficie superior de una placa fría y la superficie inferior de una placa caliente. Reemplázase g por $g \cos \theta$ para $Ra < 10^9$
<p>Placa horizontal</p> <p>A) Superficie superior de una placa caliente o superficie inferior de una placa fría</p>  <p>B) Superficie inferior de una placa caliente o superficie superior de una placa fría</p> 	A_c/D	$10^4 - 10^7$ $10^7 - 10^{10}$	$Nu = 0.54 Ra^{1/4}$ (9-22) $Nu = 0.15 Ra^{1/3}$ (9-23)
<p>Cilindro vertical</p> 	L		Un cilindro vertical puede tratarse como una placa vertical cuando $Pr > \frac{35L}{Gr^{0.48}}$
<p>Cilindro horizontal</p> 	D	$Ra_D = 10^4$	$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{1/4}} \right\}^2$ (9-25)
<p>Esfera</p> 	D	$Ra_D < 10^{11}$ ($Pr > 0.7$)	$Nu = 2 + \frac{0.589 Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.463/Pr)^{9/16}]^{1/4}}$ (9-26)

(Cengel, 2007)

El resultado es adimensional Nu

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 * (4.44 \times 10^9)^{1/6}}{[1 + (0.492/0.7192)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 = 195.72$$

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

Dando como resultado **195.72**

1.22.3.3. Cálculo de coeficiente de transferencia de calor

A continuación, hacemos el cálculo correspondiente para encontrar este valor de coeficiente de transferencia de calor.

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L}$$

(Cengel, 2007)

$$h = \frac{(195.72)(0.02837 \text{ W/m} \cdot \text{K})}{0.693 \text{ m}} = 7.98 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

Dando como resultado $7.98 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, luego de haber encontrado los valores, procedemos a realizar el cálculo de pérdida de calor por convección.

$$Q_{\text{conv}} = Q_{\text{conv}} = (7.98 \text{ W/m} \cdot \text{K})(0.5026 \text{ m}^2)(302 \text{ K} - 82.4 \text{ K}) = 880.76 \text{ W}$$

Dando como resultado **880.76 W**

1.22.4. Cálculos por Radiación

1.22.4.1 Perdidas por radiación de la carcasa al ambiente

La ecuación para determinar las pérdidas por radiación es la siguiente:

$$Q_{\text{rad}} = \epsilon \cdot A_s \cdot \sigma (T_s^4 - T_\infty^4)$$

(Cengel, 2007)

Donde:

) ϵ : *Emisividad de la carcasa*

) A_a : Área de la carcasa

) σ : Constante de Stefan Boltzman $5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 C^4}$

) T_s : Temperatura de la Superficie

) T_∞ : Temperatura del ambiente

A continuación, sustituimos valores y hacemos el cálculo correspondiente para encontrar las pérdidas por radiación.

$$Q_{rad} = (0.8)(2.57 \text{ m}^2) \left(5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 C^4} \right) ([302 \text{ }^\circ K]^4 - [82.4 \text{ }^\circ K]^4) \\ = 964.31 W$$

dando como resultado **964.31W**

1.22.4.2. Cálculos totales de pérdidas de calor al ambiente

A continuación, realizamos la suma total de los valores de pérdidas por conducción, convección y radiación para encontrar las pérdidas totales al ambiente.

$$Q_{Totalp} = Q_{Cod} + Q_{Conv} + Q_{Rad}$$

) Q_{Cod} : Calor perdido por conducción = 678.19 W + 678.40 W

) Q_{Conv} : Calor perdido por conveccion = 880.76 W

) Q_{Rad} : Calor perdido por radiacion = 964.31 W

$$Q_{Totalp} = 678.19 W + 678.40 W + 880.76 W + 964.31 = 3,201.66 W$$

Dando como resultado una pérdida de calor total de **3,201.66W**

1.22.5. Cálculo de calor útil

Este valor que vamos a calcular nos ayudara para seleccionar la capacidad del quemador que va necesitar el horno mezclador. Tomando en cuenta el calor necesario para llegar a la temperatura del vertido a 150 .

La ecuación para determinar el calor útil es la siguiente:

$$Q = m * C_p * (T_{deseada} - T_{ambiente})$$

(Cengel, 2007)

Donde:

) Q : Calor requerido para el vertido 150°C.

) m : masa del Mezcla; 20Kg.

) C_p : Calor especifico = $(0.47 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}) * \left(\frac{4184 \text{ J}}{1 \text{ kcal}}\right) = 1966.48 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

) T_f : Temperatura de fusión = 150°C

) T_{amb} : Temperatura ambiente = 28°C

A continuación, sustituimos valores y hacemos el cálculo correspondiente para encontrar el calor útil.

$$Q = (20 \text{ Kg}) (1966.48 \text{ J/kg}^\circ\text{C}) (150^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}) = 4,798,211.2 \text{ J}$$

Dando como resultado **4,798,211.2 J**

Capítulo 2. Selección de materiales para elaborar horno mezclador

La selección del material para construir el horno mezclador es una de las más importantes decisiones que se tomaron, ya que de ello depende la funcionalidad del equipo y la eficiencia en su aplicación de diseño.

2.1. Selección de lámina de acero para elaboración de tanque

El recipiente que contiene la mezcla, dentro del horno le denominaremos tanque del horno y existen diferentes materiales para su construcción.

Para la selección de la lámina de acero se tomaron en cuenta los siguientes factores:

-) El material a fundir
-) EL grosor de la lámina
-) El costo del material.

El acero seleccionado es el ASTM 36, este acero es uno de los aceros de carbono más utilizados, aunque el contenido de carbono del acero A36 es de un máximo de 0.29%, se considera acero suave (contenido de carbono $\leq 0.25\%$). La lámina de acero A36 goza de propiedades que interactúan de forma amigable con la mezcla de polímeros a fundir. El grosor de la lámina es de 3/16" esta chapa es fácil de encontrar en el mercado nacional.

2.2 Selección del material aislante para tanque del horno

Para el material aislante se seleccionó la manta cerámica Superwool Plus la cual está producida a base de fibras largas, estando disponibles en una amplia gama de espesores y densidades. Tiene unas excepcionales propiedades aislantes a temperaturas elevadas. La manta Superwool Plus posee una excelente estabilidad térmica además de conservar su estructura fibrosa original hasta la temperatura de clasificación.

La manta Superwool Plus no contiene aglomerantes ni lubricantes, y no desprende humos u olores durante su primer calentamiento. Las mantas son flexibles y fáciles de cortar, manipular e instalar Son perfectos para usos industriales a temperaturas hasta los 1100°C.

2.3. Selección de materiales para la elaboración del bastidor

El bastidor este hecho de tubos cuadrados, láminas y platinas de 1/8" para los soportes como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 11. Tubos cuadrados, laminas y platinas

N°	Cant	Descripción	Longitud (mm)
1	4	TUBE, SQUARE 50.80 X 50.80 X 6.35	900.8
2	4	TUBE, SQUARE 50.80 X 50.80 X 6.35	749.2
3	2	TUBO CUADRADO 1"x1"x1-1/8"	925.4
4	2	TUBO CUADRADO 1"x1"x1-1/8"	62.3
5	4	TUBO CUADRADO 1"x1"x1-1/8"	251.02
6	1	PLATINA 1/8"x2"	
7	2	LÁMINA 1/8"	
8	4	TUBE, SQUARE 50.80 X 50.80 X 6.35	950.8
9	2	TUBO CUADRADO 1"x1"x1-1/8"	875.4
10	2	TUBO CUADRADO 1"x1"x1-1/8"	87.3
11	4	LÁMINA 1/8"	
12	5	TUBO CUADRADO 1"x1"x1-1/8"	200
13	4	VARILLA LISA 1/2"	104.7
14	1	VARILLA LISA 1/2"	809.53
15	2	VARILLA LISA 1/2"	404.76
16	1	VARILLA LISA 1/2"	450

17	1	VARILLA LISA 1/2"	450
18	1	VARILLA LISA 1/2"	425
19	2	VARILLA LISA 1/2"	288.1
20	1	VARILLA LISA 1/2"	300
21	1	VARILLA LISA 1/2"	300
22	2	PIPE, SCH 40, 25.40 DIA.	200
23	2	PIPE, SCH 40, 25.40 DIA.	157.8
24	1	PIPE, SCH 40, 25.40 DIA.	700

2.4. Selección de accesorios y equipos

En este apartado se definirán cuáles son los accesorios y equipos que complementan el horno mezclador.

2.4.1. Selección de reductor de velocidad

El reductor idóneo para esta aplicación es un reductor del tipo sinfín corona debido a que estos poseen relaciones convencionales de 60:1, son compactos, de bajo mantenimiento y peso, por estos motivos funcionan bien en maquinaria pequeña.

**Aluminum Worm Gear Reducers:
Product Overview**

Product Specifications

- » 7.5:1 - 100:1 ratios
- » Exc sizes (Center distances 30 mm - 90 mm)
- » Aluminum alloy housing for light weight design
- » Hardened worm shaft for increased durability
- » Two bearings on input and output shafts
- » NEMA motor input flanges
- » All units filled with synthetic oil (Vobil SHCG34) for an "M1" position mounting
- » Adjust oil level for alternative mounting positions
- » Double lip oil seals prevent leakage
- » Multiple mounting holes for all angle mounts
- » Powder coat paint plan on external housing to resist corrosion
- » Hollow output bores with plug-in output shafts
- » 1 year warranty



Fig. 24. Reductor de engranajes helicoidales de aluminio

2.4.2. Selección de la válvula de descarga

La válvula para el vertido de la mezcla que hemos seleccionado para esta aplicación es la válvula de esfera paso total 2 piezas inoxidable marca Genebre.

Sus principales características son:

1. Válvula esfera paso total 2 piezas.
2. Extremos roscados según ASME B1.20.1 NPT.
3. Construcción en acero inoxidable 1.4408 (CF8M)
4. Asientos PTFE + 15 % F.V.
5. Vástago inexpulsable.
6. Tórica en el eje de FKM (Viton).
7. Juntas del eje PTFE .
8. Sistema de bloqueo.
9. Presión de trabajo máxima 63 bar (914 psi).
10. Temperatura de trabajo $-25\text{ }^{\circ}\text{C} + 210\text{ }^{\circ}\text{C}$.

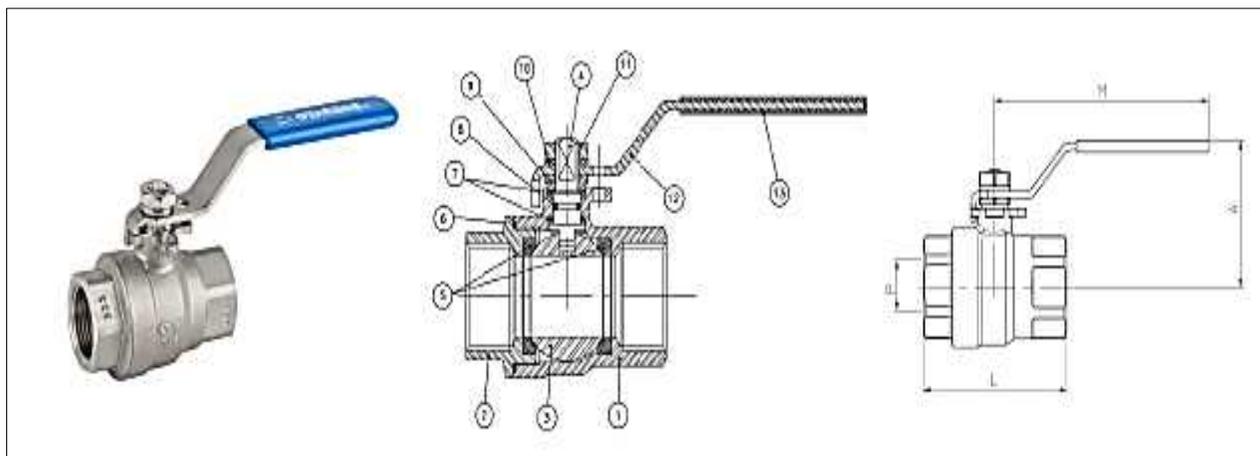


Fig. 25. Valvula de descarga

2.4.3. Selección de ruedas del bastidor

Las ruedas que hemos seleccionado para esta aplicación son las “Caster Wheels” debido a su capacidad de carga que la hace ideal para este diseño.

Las ruedas de poliuretano combinan la resistencia a la abrasión del plástico con las cualidades de amortiguación del caucho. Se pueden usar en pisos lisos o rugosos y en áreas con escombros. Su estructura de acero inoxidable 304 es resistente a la corrosión.

Rueda resistente a la corrosión
Eslabón giratorio con bloqueo total y rueda de poliuretano de 5" de diámetro



Rotatorio con total Lock

CAD Solidworks 3D Descargar

Tipo de montaje	Plato
Rueda	
Diámetro	5 "
Ancho	1 3/16 "
Número de	1
Altura de montaje	6 1/8 "
Capacidad por rueda	400 libras
Grado de dureza	Firma
Dureza	Durómetro 95A
Estilo de placa de montaje	1

Fig. 26. Ruedas del bastidor

2.4.4. Selección de termómetro.

El termómetro que hemos seleccionado para esta aplicación es un termómetro bimetalico en rango de 000/300°C CON CARATULA DE 3" 3RBM25 V.2.5" WEISS.

Weiss ofrece una línea completa de termómetros bimetalicos comerciales en tamaños de cuadrante de 2 ", 3" y 5 ". Todas las versiones están herméticamente selladas y humedecidas con silicona para un rendimiento óptimo en la mayoría de las aplicaciones industriales. Una característica de recalibración es estándar en el Vari-angle Otros tipos de marcación de 3 "y 5" están disponibles con o sin una función de reinicio para una mayor variedad de opciones y ahorros para el cliente.



Fig.
27.

Termómetro bimetalico WEISS

2.4.5. Selección del motor

El motor que hemos seleccionado para esta aplicación es de 3HP marca Worldwide.

Section 1: WORLDWIDE Fractional HP Motors



Jet Pump Motors
TEFC Enclosure • C-Face with Removable Base • Three-Phase • 208-230/460 Volt

Product Specifications

- 1/3 - 3 HP
- 3600 RPM
- 208-230/460 Volt
- Totally Enclosed Fan Cooled (TEFC) Enclosure
- IP43 Protection
- 1.15 SF
- Class F Insulation
- Premium Efficiency (* -3 HP)
- C-Face with Removable Base
- 5/8" - Threaded Shaft
- 5/8" - Keyed Shaft
- Vacuum Pressure Impregnation (VPI) System
- Anti-Frust Film Applied to Rotor
- Improved shaft Seal on Drive-End Protects Drive-End Bearing from Moisture and Contaminants
- Inverter Rated, 4:1 CT / 10:1 YT
- Suitable for 50 Hz with 1.0 SF



Fig. 28. Worldwide fractional HP Motors

2.4.6. Selección del quemador

El quemador que hemos seleccionado para esta aplicación debe rondar los 5 KW ($\approx 4,299.23$ Kcal/h) con el fin de mantener la temperatura del horno mientras se realiza el mezclado de los aditivos, cabe destacar que el quemador es regulable mediante su llave de pase, es decir, se debe regular una vez alcanzada la temperatura requerida de 150°C.

Consideramos que se pueden utilizar cualquiera de los siguientes modelos debido a que son quemadores de flama vertical y con diseño fácil de replicar localmente, en caso de no encontrarse proveedores locales para estos, se pueden buscar quemadores de dimensiones similares.

De la marca WAYLER el modelo R48:



Capacidades y presentaciones

Sistemas Atmosféricos

Modelo	Capacidad en kcal/h		ø M/M CUERPO	ENTRADA DE GAS
	Gas Natural	GPL		
R-40	5.000	4.000	120	1/2"
R-48	7.500	6.000	140	1/2"
R-63	12.000	8.500	180	1/2"
R-100	20.000	15.000	210	1/2"
R-130	28.000	21.000	240	1/2"
R-199	45.000	30.000	330	1/2"
R-130/73	65.000	45.000	370	3/4"
R-130/258	100.000	90.000	500	1"

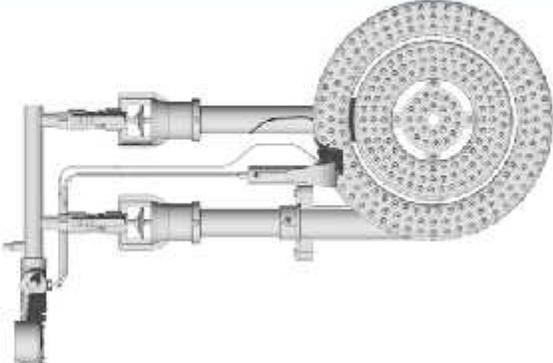


Fig. 29. Quemador WAYLER R – 48

De la marca BRULEUR AEM, el quemador vertical, modelo SP100:



Brûleurs SP à venturi vertical

Date : 10/07/2013
DOC : FP A 1 1 1

Caractéristiques techniques	SP80	SP100
Puissance nominale en gaz naturel 20 mbar/ propane 37mbar :	4.70 kW (Hi)	5.80 kW (Hi)
Puissance nominale en butane/propane 28mbar :	3.70 kW (Hi)	4.70 kW (Hi)
Type d'orifices de flamme	trous	trous
Diamètre de la plaque de flammes	80 mm	100 mm
Matière de la plaque de flammes	laiton	laiton

Fig. 30. Quemador vertical BRULEUR AEM SP100

En el modelo de quemador de mesa con cuerpo integrado, funciona muy bien el modelo 5000L:



Brûleurs de table à corps intégrant

Date : 10/07/2013
DOC : FP A-2-3-1

Caractéristiques techniques

	3000T	5000T	7000T	9000T
Puissance nominale en gaz naturel 20 mbar/ propane 37mbar	3.20 kW (Hi)	5.20 kW (Hi)	7.00 kW (Hi)	9.00 kW (Hi)

Fig. 31. Quemador de mesa BRULEUR AEM 5000L

Capítulo 3. Presentación De Planos Del Horno Mezclador

Para la realización del diseño geométrico del horno mezclador y la elaboración de los planos del mismo, se hizo uso del software de diseño 3D (asistido por computadora) SolidWorks, el cual facilita el modelado de piezas y ensamblajes en 3D y planos 2D.

En el presente capítulo se muestran los siguientes planos: general, tanque, base del motor, bastidor, mezclador, tapa del horno y soporte del motor.

3.1. Plano general

El plano general presenta una visión universal del horno de forma que se pueden apreciar las distintas piezas que lo componen, con relación y las concordancias que existen entre ellas. La función principal de este plano consiste en hacer posible el montaje. Esto implica que debe ser prioridad la visión de las distintas partes, sobre la representación del detalle.

A la hora de la realización del plano general, se tomaron en cuenta todas las cuestiones relativas de la normalización: formato de dibujo, grosores de líneas, escalas, disposición de vistas, cortes y secciones, etc.

Del conjunto del plano que se muestra en la figura 32, observamos las siguientes características:

Vistas principales: El plano consta de tres vistas principales, estas son vista de planta, vista frontal y vista lateral, las cuales nos muestran una perspectiva general del conjunto de piezas que forman el horno mezclador.

Montaje: Se muestra el conjunto de piezas acopladas en dos dibujos en 3D; aquí se puede apreciar el horno desde una perspectiva más real.

Acotaciones: Las acotaciones nos dan la información necesaria para conocer las medidas del dibujo de manera general.

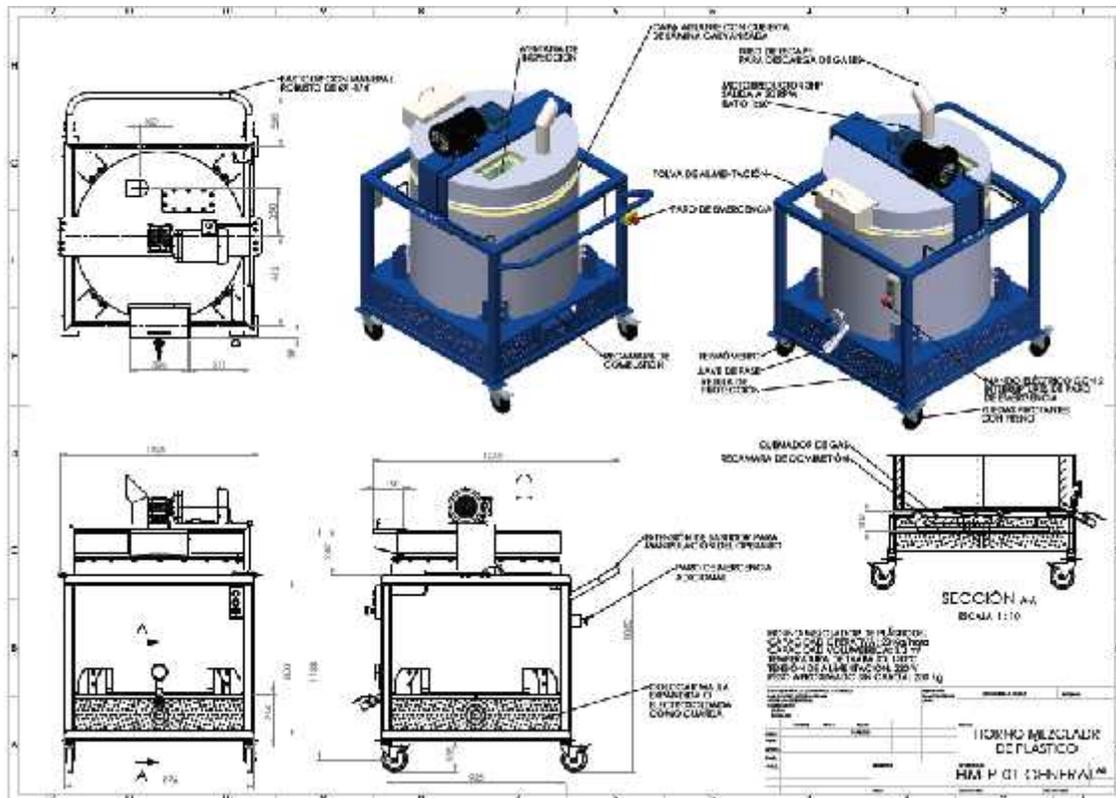


Fig. 32. Plano General

3.2. Plano del tanque

Este plano básicamente nos detalla las dimensiones del tanque, así como algunos accesorios que van acoplados al mismo.

Además, se pueden observar los soportes del tanque a detalle, así como el anillo superior con sus dimensiones, por todo se muestran cinco vistas para la correcta interpretación del conjunto de piezas.

3.2.1 Dimensiones del tanque

Se determinaron las siguientes dimensiones para el tanque:

-) Diámetro interior: 800 mm
-) Diámetro Exterior: 866 mm

-) Altura: 693 mm
-) Espesor: 3/16" ~ 4.75 mm

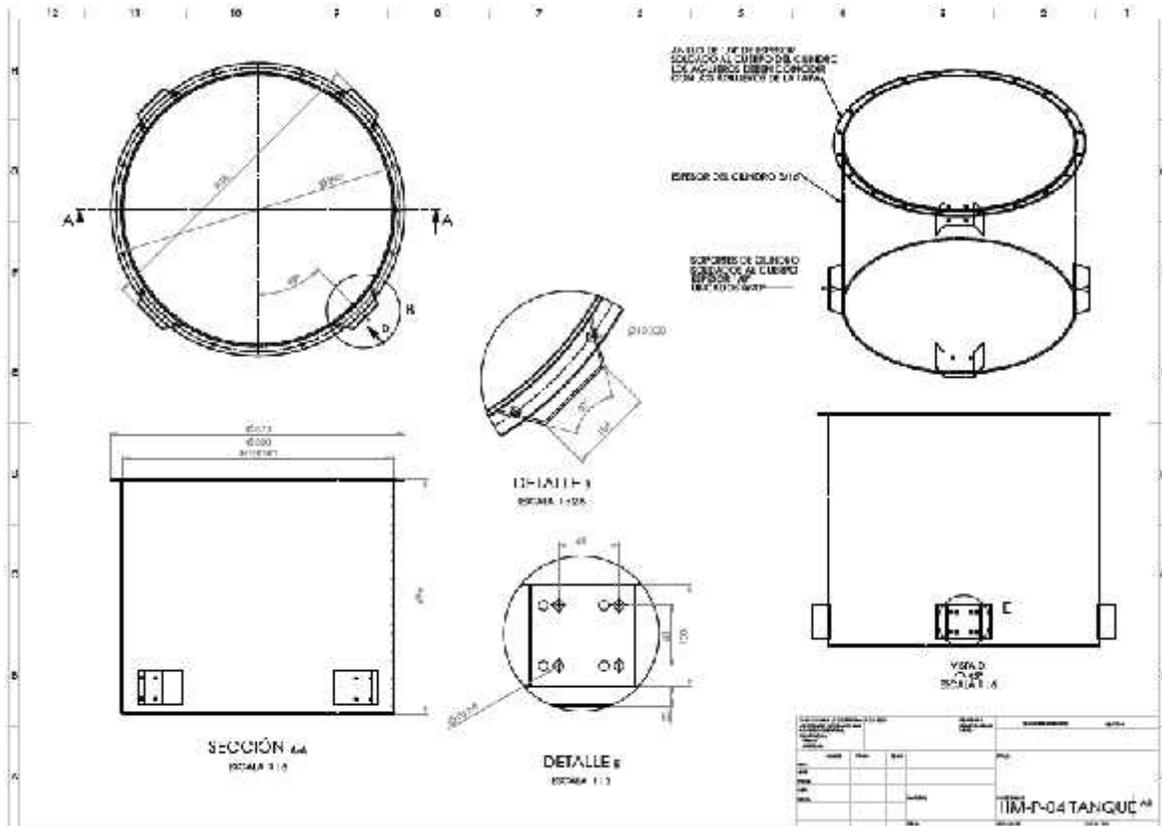


Fig. 33. Plano del tanque

3.3. Plano de la tapa del horno

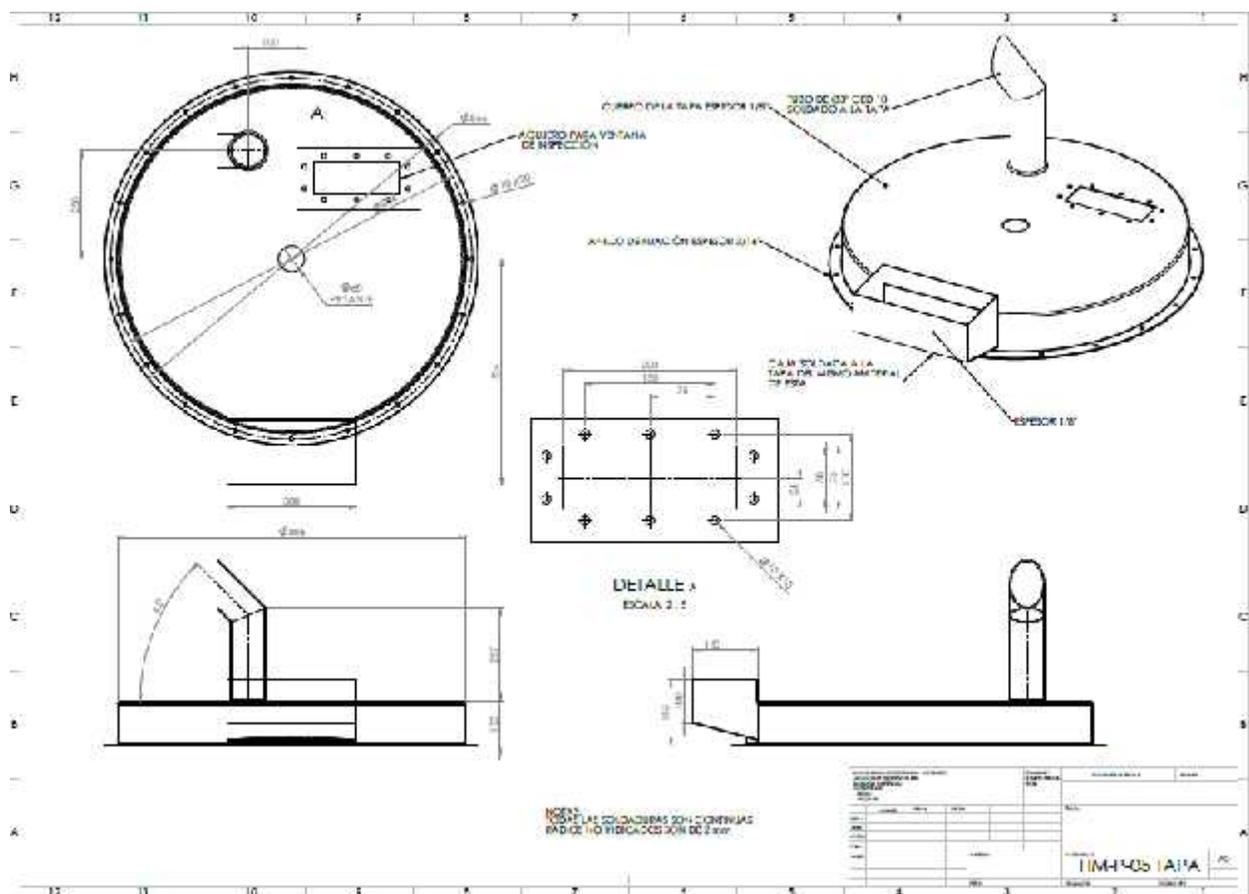
El horno cuenta con una tapa completamente cerrada por pernos de acero, dicha tapa está fabricada de lámina de acero 1/8" de espesor con el fin de que no se vean afectadas por el calor, también cuenta con un corte circular pasante de 60 mm de diámetro con el propósito de permitir el acceso del eje del rotor para la agitación de la mezcla. Además, posee una caja soldada del mismo material, la cual permitirá el vertido de la mezcla, asimismo consta de un visor que permite inspeccionar la operación interna del horno y por último tiene un tubo de escape que permite la salida de los gases del tanque; como se muestra en el plano, figura 34.

3.3.1. Dimensiones de la tapa

La tapa tiene las siguientes dimensiones:

- Diámetro de la tapa: 843 mm
- Espesor: 1/8" ~ 3.17 mm
- Diámetro del anillo de la tapa: 873 mm
- Perforación: \varnothing 60 mm
- Tubo de escape: \varnothing 3" ~ 73.5 mm.
- Angulo del codo de escape: 45°

Fig. 34. Plano de la tapa del horno



3.4. Plano del bastidor

Este elemento de material metálico en forma cubica es el encargado de soportar todos los elementos y componentes que conforman el horno, está conformado por cuatro tubos cuadrados de acero estructural de dimensiones 150.80 X 50.80 X 6.35 que forman los pilares de la estructura y ocho tubos cuadrados de acero que forman las base superior e inferior de la misma. Además, posee un aro de forma circular hecho de lámina de un 1/8” de espesor donde va asentado el tanque del horno. Todos estos elementos van acoplados por medio de uniones soldadas.

3.4.1. Medidas generales del bastidor

- Altura: 857 mm
- Ancho: 986 mm
- Diámetro del aro: 687 mm
- Alto de plataforma circular: 200 mm

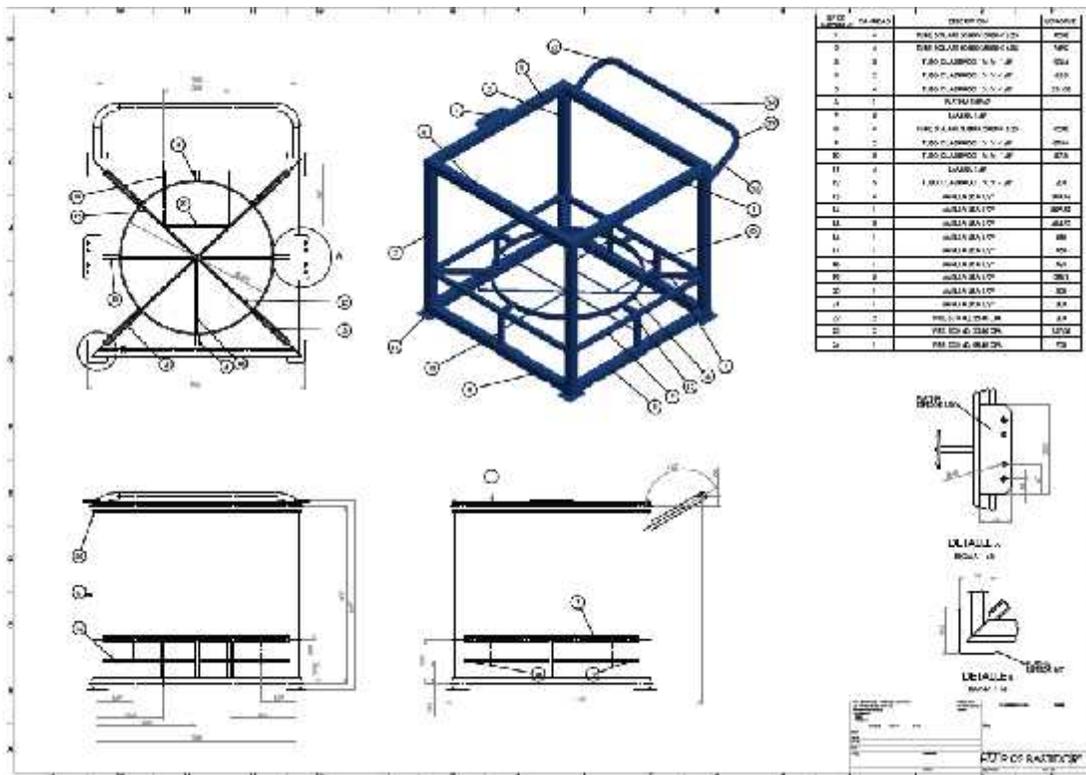


Fig. 35. Plano del bastidor

3.5. Plano del rotor (mezclador)

El rotor es el un grupo de piezas formados por un eje vertical y un conjunto de cintas (cuchillas) de forma helicoidal que sirve para lograr una mezcla homogénea.

Este elemento fabricado de acero encargado de realizar la agitación del material está compuesto por un tubo CED de 1-1/2" de diámetro y 950 mm de largo, con cinta helicoidal de espesor 1/8" x 50 mm de ancho y con barra estabilizadora de 3/8" de diámetro soldadas al tubo.

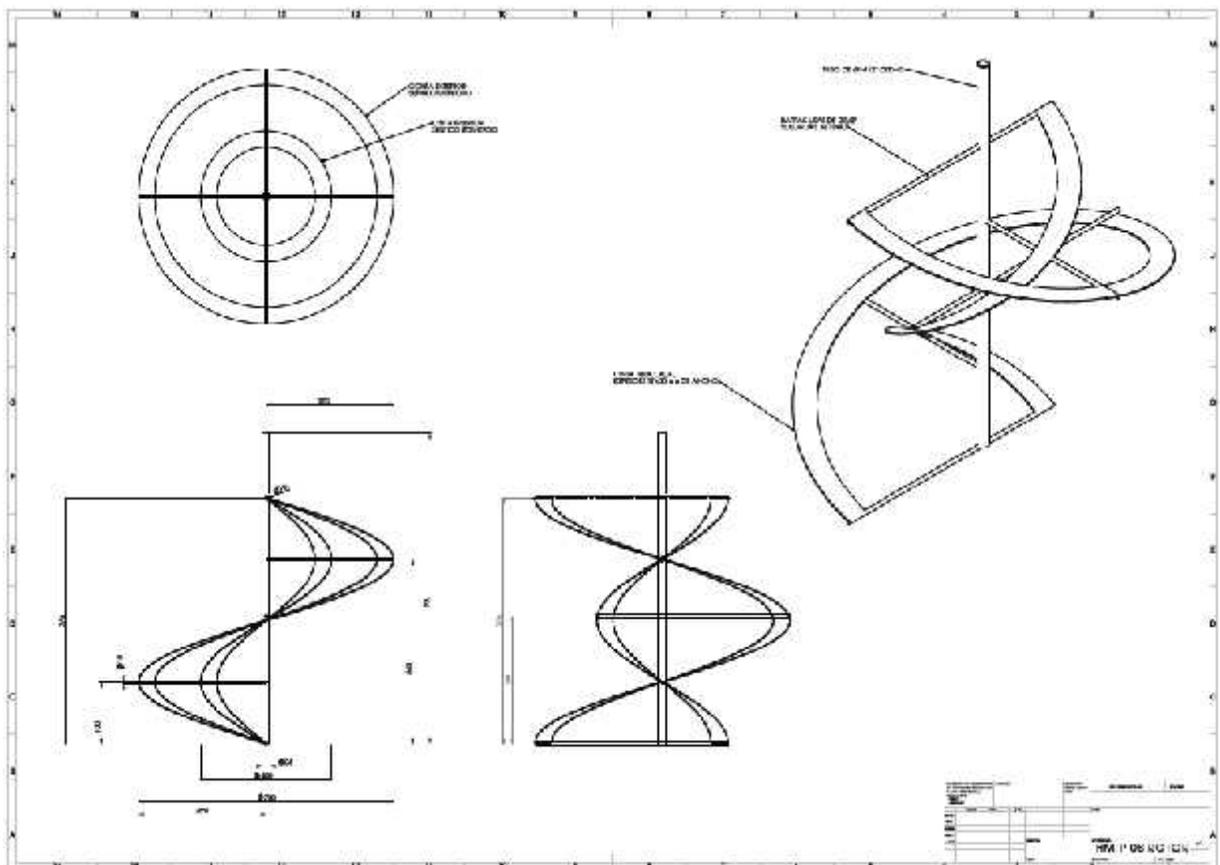


Fig. 36. Plano del rotor

3.6. Plano base del motor

Este elemento en forma rectangular, fabricado de lámina de acero con dobles a los extremos, es el encargado de fijar el motor que va acoplado al rotor (mezclador). El soporte cuenta con un orificio pasante en el centro que permite que el eje del rotor pueda girar libremente para el proceso de agitación de la mezcla. La base irá fijada al bastidor por medio de cuatros pernos en cada uno de los extremos del mismo.

Este elemento cuenta con unas medidas geométricas de:

- Alto: 230 mm
- Ancho: 200 mm
- Largo: 929 mm

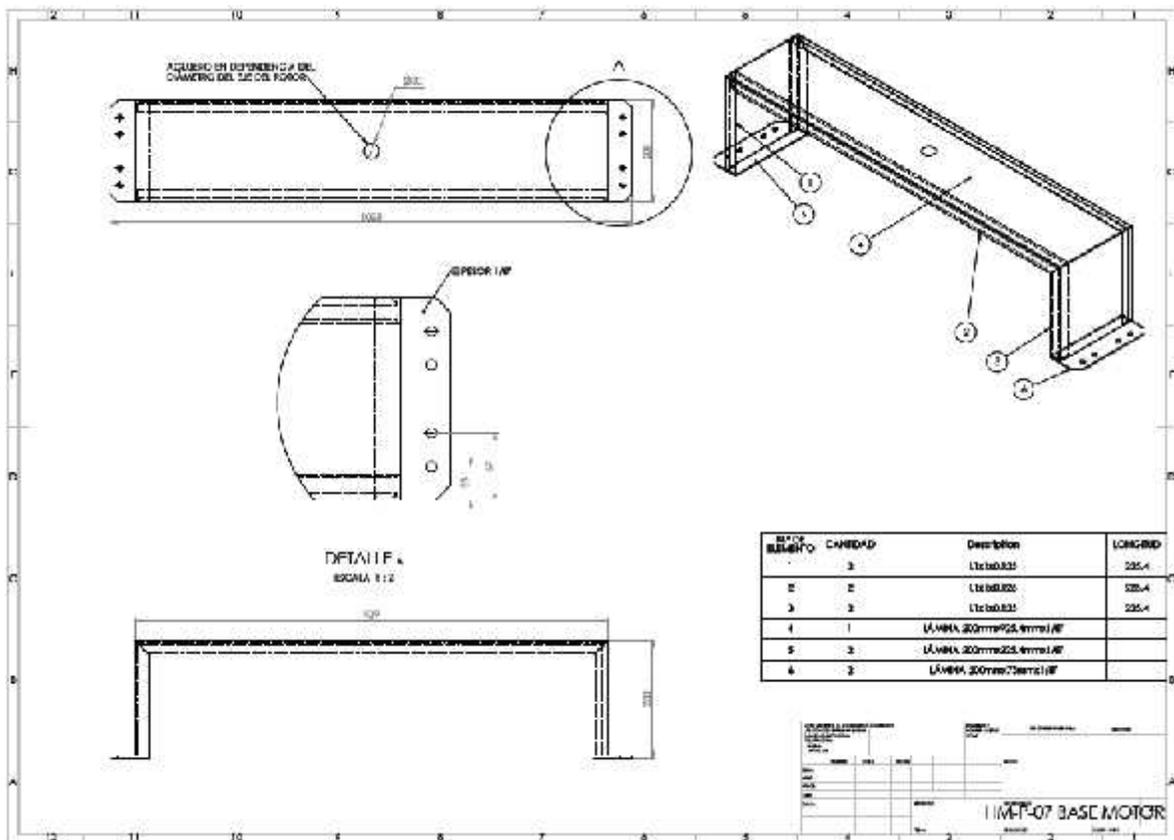


Fig. 37. Plano base del motor

3.7. Plano de aislante

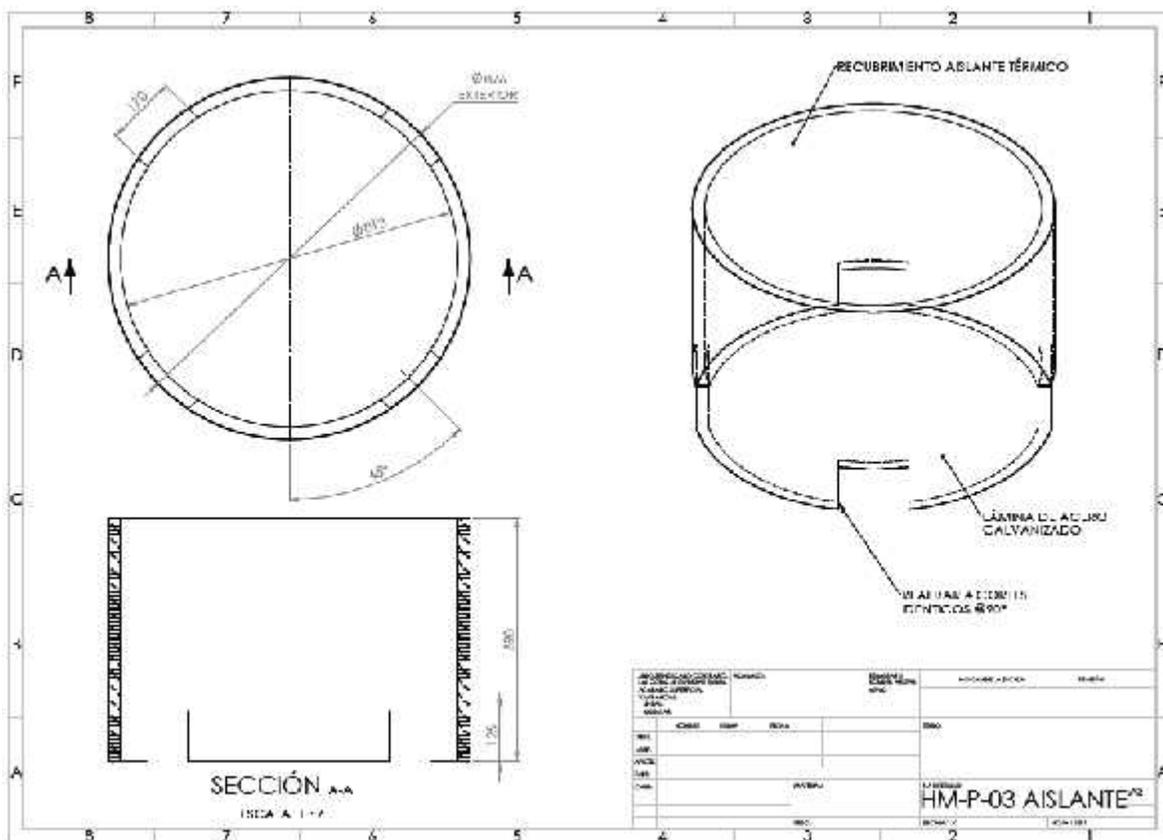
El tanque contiene un recubrimiento interno de manta cerámica la cual tiene como función el aislamiento térmico en el interior, sirve como protector para la disminución de altas temperaturas al exterior del horno. También cumple la función de mantener la temperatura dentro del horno para obtener la temperatura adecuada fusión del plástico.

3.7.1. Medidas

Las especificaciones geométricas de la manta cerámica son:

-) Diámetro interno: 813 mm
-) Diámetro externo: 876 mm
-) Altura: 590 mm
-) Espesor: 57 mm

Fig. 38. Plano aislante térmico



Capítulo 4. Estimación de costos de construcción del horno mezclador

En el presente capítulo se detallarán los costos en los que se incurrirá en la elaboración del horno mezclador, tanto costos directos como indirectos. Incluyendo estos los costos por materiales como los componentes eléctricos y el acero necesario para elaborar el horno.

4.1. Costos directos

Los costos directos son aquellos que intervienen de forma directa en la construcción del proyecto. Estos costos involucran los costos de materiales del horno, así como los costos de los accesorios y equipos por los cuales está conformado el horno.

Tabla 12. Costos de materia prima para construcción del horno

ÍTEM	CANT	U/M	DESCRIPCIÓN	C. UNITARIO	C.TOTAL
MATERIA PRIMA					
1	2	EA	TUBO CUADRADO DE 1"x1"x1/8"	540.16	1080.32
2	2	EA	TUBO CUADRADO DE 2"x2"x1/8"	1289.59	2579.18
3	1	EA	PLATINA DE ACERO 2"x1/4"x20'	91.86	91.86
4	3	EA	VARILLA LISA ACERO Ø3/8"	154.31	462.93
5	1	EA	LÁMINA ACERO 4'x8'x1/8"	3334.07	3334.07
6	1	EA	LÁMINA ACERO 4'x8'x1/4"	4501.82	4501.82
7	1	EA	LÁMINA ACERO 4'x8'x3/16"	5622.00	5622.00
8	1	EA	TUBO ACERO 1"-1/4" CED 10	1086.31	1086.31
9	1	EA	LÁMINA ACERO GALVANIZADO 1.5 mm	562.74	562.74
10	24	EA	PERNO HEX GR 5 3/8"x3/4" UNC	2.51	60.24
11	20	EA	PERNO HEX GR 5 3/8"x1" UNC	3.50	70.00
12	44	EA	TUERCA HEX GR 5 3/8" UNC	1.30	57.20
13	88	EA	ARANDELA LISA 3/8"	0.85	74.80
14	4	EA	RUEDA PIVOTANTE CON FRENO Ø5"	600.00	2400.00
15	1	EA	LAMNA DE GRAFOIL DE 1/16" GRH	6480.00	6480.00

16	1	EA	ANGULAR DE ACERO 1/8"X1"X1"X20'	338.89	338.89	
	1	EA	BARRA DE ACERO 4140 1-1/2" X 1M	1544.84	1544.84	
17	9	PIE	FIBRA CERAMICA SUPERWOOL PLUS	339.68	3057.12	
TOTAL					C\$ 33,404.32	
<i>Fuente propia</i>						

4.2. Costos de equipos y accesorios del horno

Los accesorios y equipos del horno son parte de los costos directos. A continuación, se presentan los costos de los equipos y accesorios por los cuales está constituido el horno.

Tabla 13. Costos de equipos y accesorios del horno

Item	Cant	U/M	EQUIPOS/ACCESORIOS	C. Unitario	C. Total
1	1	EA	MOTOR ELECTRICO 5HP 1750 RPM 220V	19244.90	19244.90
2	1	EA	REDUCTOR	21515.65	21515.65
3	1	EA	ACOPLE REDUCTOR	2381.28	2381.28
4	1	EA	PARO DE EMERGE PULSAR/GIRAR 1NC 22mm	608.70	608.70
5	1	EA	PULSADOR VERDE PARA ENCENDIDO	582.10	582.10
6	1	EA	VARIADOR DE FRECUENCIA 5HP/3PH/220V	15265.07	15265.07
7	1	EA	TERMOMETRO BIMETALICO 000/300°	1795.23	1795.23
8	1	EA	VALVULA ACERO INOX GENEBRE	2467.25	2467.25
9	1	EA	VISOR VIDRIO	6230.00	6230.00
10	1	EA	QUEMADOR ATMOSFERICO A GAS	10188.50	10188.50
11	1	EA	TANQUE DE GAS PROPANO 100LB	2995.00	2995.00

/C/ACCES

TOTAL

C\$ 83,273.68

Fuente propia

4.3. Costos Indirectos

Los costos indirectos son aquellos que no intervienen de forma directa en la construcción del horno. Estos costos se derivan de los materiales indirectos, mano de obra directa y otros costos producto del pago de servicios básicos, depreciación de los equipos, entre otros.

Tabla 14. Costos de Insumos

Item	Cant	U/M	INSUMOS	C. Unitario	C. Total
22	4	EA	DISCO DE CORTE 7"X1/16"X7/8"	90.26	361.04
23	2	EA	DISCO DESBASTE 4½"X¼"X7/8"	63.25	126.50
24	1	EA	CEPILLO DE COPA TRENZADO 4½"X7/8"	155.05	155.05
25	4	EA	BROCHA PARA PINTAR DE 2"	34.84	139.36
26	2	QT	PINTURA DE ACEITE AZUL (1/4)	273.51	547.02
27	1	GLN	DILUYENTE	247.48	247.48
28	3	LB	SOLDADURA LINCOLN 6013 1/8"	51.85	155.55
29	3	LB	SOLDADURA LINCOLN 6013 3/16"	69.91	209.73
30	5	EA	BROCA HSS P/ACERO 3/8"	42.73	213.65
31	5	m	CABLE DE SALIDA DE MOTOR #12 600V 125C	89.10	445.50
TOTAL					C\$ 2,600.88

Fuente Propia

4.4. Presupuesto completo horno mezclador

Una vez obtenidos los costos directos y los costos indirectos se proceden a sumar los totales; agregado a esto el costo por mano de obra. El horno mezclador tendrá un costo estimado de \$ 4,568.62.

Tabla 15. Presupuesto del horno mezclador

Tipo de cambio	
C\$ 35.6	
Costos Materia prima	C\$ 33,404.32
Costos Insumos	C\$ 2,600.88
Costos Equipos/Accesorios	C\$ 83,273.68
Costos Mano de obra	C\$ 22,897.50
Imprevisto 15%	C\$ 20,466.47
Total	C\$ 162,642.85
	\$ 4,568.62

4.5. Beneficios económicos del horno mezclador

Para poder evaluar el costo del horno mezclador se tomó como referencia el costo de una maquina extrusora de plástico la cual tiene un valor aproximado de \$ 11,999.00.

Tabla 16. Beneficios económicos del horno mezclador

Beneficios económicos del Horno Mezclador			
Costo aprox. Horno	Costo. Aprox. Maq. Cotizada	Diferencia	% ahorro
\$ 4,568.62	\$ 11,999.00	\$ 9,253.24	% 61.92

Como se puede observar en la tabla anterior es posible afirmar que existe una diferencia notable de costos con respecto a una maquina disponible en el mercado con especificaciones similares a la diseñada, 77.12% de ahorro es una cifra más que suficiente para tomar en cuenta el diseño como una solución válida para las MIPYMES y perfectamente viable

Capítulo 5. Propuesta de Plan de Mantenimiento para Horno Mezclador

5.1. Elaboración del plan de mantenimiento

Para la elaboración de este plan, tomamos en cuenta las técnicas del mantenimiento preventivo, con la finalidad de encontrar y corregir los problemas menores que se puedan presentar antes que estos provoquen fallas en el equipo. Analizamos sus componentes y definimos una lista de alcances que contiene actividades para realizar mantenimientos tipo mensuales y mantenimiento mayor, que se describen a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 17. Alcances de mantenimiento mensual

PLAN DE MANTENIMIENTO DE HORNO MEZCLADOR	
ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO MENSUAL	
N°	<u>DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</u>
1	Limpieza general externa de cada componente del horno mezclador.
2	Pruebas de operación y ajuste en horno mezclador.
3	Tomas de lectura de temperatura durante la operación del horno mezclador.
4	Verificar por ventana de inspeccion funcionamiento interno del sistema de mezcla (rotor).
5	Verificación y funcionamiento de variador de frecuencia.
6	Verificación y funcionamiento de motor eléctrico.
7	Verificación y funcionamiento de reductor de velocidad.
8	Verificar si existen fugas de aceite en reductor.
9	Verificar el nivel de aceite del reductor, y si es necesario reponerlo.
10	Verificación y funcionamiento del quemador, tamaño y color de la llama.
11	Verificar si existen fugas en el sistema de gas.
12	Verificación y funcionamiento de valvula de vertido.
13	Verificar e informar sobre cualquier discrepancia en general y ejecutar reparación o remplazo de algún componente del horno mezclador en caso que lo amerite.
14	Tomar lecturas de voltaje y corriente en sistema eléctrico del horno mezclador.
15	Realizar reporte y registrar en bitácora del Horno Mezclador.

Fuente propia

Tabla 18. Alcances de Mantenimiento Mayor

ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO MAYOR	
N°	<u>DESCRIPCION DE ACTIVIDADES</u>
1	Realizar desconexiones eléctricas.
2	Desmontar motor y reductor de velocidad.
3	Desmontar tapa superior del horno y rotor de cinta helicoidal.
4	Limpieza de cámara de mezcla del horno mezclador.
5	Limpieza de rotor de cinta helicoidal.
6	Limpieza de tubo de escape descarga de gases.
7	Desmontaje de sistema de combustión.
8	Limpieza de quemador.
9	Limpieza de recamara de combustión.
10	Limpieza general en bastidor y cuerpo del horno.
11	Montaje de sistema de combustión.
12	Cambio de empaque de grafoil de 1/16". Entre la tapa superior y el tanque.
13	Montaje de rotor-cinta helicoidal y tapa superior del horno mezclador.
14	Desarme y mantenimiento general en motor eléctrico.
15	Armado y montaje de motor eléctrico en horno mezclador.
16	Desarme y mantenimiento general en reductor de velocidad.
17	Armado y montaje de reductor de velocidad en horno mezclador.
18	Revisar la alineación del grupo motor-reductor.
19	Realizar conexiones eléctricas.
20	Puesta en marcha.
21	Tomar lecturas de voltaje y corriente en sistema eléctrico del horno mezclador.
22	Prueba de operación y ajuste en horno mezclador.
23	Realizar reporte y registrar en bitácora del horno mezclador.

Fuente propia

Como observación final, se recomienda hacer una programación de 10 mantenimientos mensuales y 2 mantenimientos mayores al año.

Tabla 19. Resumen

Resumen de programación:	Recomendación
Mantenimientos Mensuales	10 5 periodos continuos
Mantenimientos Mayores	2 1 cada 6 meses
Totales	12

5.2. Mantenimiento diario

Para este horno mezclador hemos creado un mantenimiento preventivo rutinario por día, con el objetivo que este equipo presente las mejores condiciones durante su operación de trabajo y al finalizar su proceso de funcionamiento. A continuación, presentamos los alcances de rutina:

5.2.1. Mantenimiento general:

- 1.** Limpie el polvo o material extraño que tenga el equipo.
- 2.** Inspeccione el equipo durante y luego de cada ciclo de operación, detecte mediante los sentidos, usando el equipo de protección adecuado, cualquier ruido anormal, elemento flojo a la vista, generación inapropiada de calor en las partes móviles, olores extraños, etc.
- 3.** Reajuste cualquier elemento flojo. Especialmente los pernos que sujetan el rotor, ya que las vibraciones de la máquina tienden a aflojarlos.
- 4.** Reemplace cualquier parte móvil, o sujeta a desgaste que lo amerite.
- 5.** Mantenga el acabado de pintura anticorrosivo, a fin de prolongar la vida del equipo.
- 6.** Limpie e inspeccione las partes y sistemas eléctricos.
- 7.** Para el mantenimiento de agregados (motores, reductores, quemadores, dispositivos, etc.) consulte sus respectivos manuales.
- 8.** Lave completamente la parte interna del tanque con agua a presión y abra la válvula de vertido para que drene el agua. (esta acción se realizará una vez que haya termino de operar el equipo completamente)

7.2 Lubricación

Este equipo no cuenta con partes lubricadas expuestas, es decir, las partes lubricadas vienen selladas de fábrica y se deben ajustar a los planes de mantenimiento dispuestos por el fabricante, en este caso del reductor.

Conclusiones

El horno está diseñado para procesar 20kg de residuos termoplásticos y es capaz de producir un aproximado de 150 kg/día de mezcla fundida en 7.5 turnos por día; con lo que se pretende cumplir con la demanda de producción de los pequeños acopios de residuos termoplásticos.

El tipo de materiales se seleccionó de acuerdo a los requerimientos y parámetros que se establecieron en el diseño de ingeniería **FSK Builders**, para fundir 50kg de residuos termoplásticos. El Cuerpo del tanque está construido con lámina acero A-36 **4'x8'x3/16"**, se seleccionó como material aislante fibra cerámica Superwool plus con espesor de 2". El bastidor está elaborado de tubos cuadrados de calibre 50.80x50.8x6.35, tubos cuadrados de 1"x1"x1-1/8", varilla lisa 1/2", y platina de espesor 1/8. Para la tapa del horno y la tolva se eligió lámina de acero A-36 calibre 4'x8'x3/16", para el tubo de escape de los gases optó por usar tubo CED 10 de 3" de diámetro. El mezclador está hecho de un tubo CED 40 de 1 1/2" de diámetro, para las cuchillas del mezclador se usó barras lisas de 3/8" de diámetro. Por último, se escogió un motor eléctrico 5hp 1750 rpm 220v.

Los planos constructivos del horno fueron diseñados usando el programa SolidWorks. Se presentan los siguientes planos: general, tanque, base del motor, bastidor, mezclador, tapa del horno y soporte del motor.

El diseño del horno mezclador realizado puede ser elaborado de manera física, utilizando productos de venta en el país, los cuales poseen bajos costos, siempre y cuando se disponga de mano de obra calificada para la instalación. Se estimó un costo de inversión de aproximadamente \$ 2,745.76.

La programación del mantenimiento preventivo para el horno mezclador es muy importante porque nos garantiza reducir fallas y tiempos muertos, incrementa la vida útil del equipo, mejora la administración de recursos, reduce los niveles de inventarios y genera mayor utilidad para la empresa o persona natural que desee incursionar en este emprendimiento.

Recomendaciones

El horno está diseñado para procesar 20 kg de residuos termoplásticos; se recomienda no exceder esta cantidad, en caso de excederse podría provocar graves daños al mezclador del horno.

Los residuos termoplásticos deben pasar por el proceso de trituración antes de ser introducidos en el horno, para garantizar el óptimo funcionamiento del mismo.

Realizar mantenimiento al horno según lo establecido en el plan de mantenimiento propuesto para asegurar una vida útil larga y evitar incurrir en gastos debido a desperfectos mecánicos.

Proteger las conexiones eléctricas de la maquina con paneles eléctricos apropiadamente equipados con protectores térmicos, brakers y mantener organizados los cables de las conexiones eléctricas.

Bibliografía

- Alcantará. (10 de Septiembre de 2015). *Mercado Mexicano de WPC empieza a crecer*. Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/Mercado-mexicano-de-WPC-empieza-a-crecer+107462>
- Beltrán, M., & Marcilla, A. (s.f.). *Universidad de Alicante*. Obtenido de <https://diq.ua.es/es/materiales.html>
- Budynas, R. G., & Keith Nisbett, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México, D.F: Mcgraw-Hill/Interamericana.
- Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa*. México, D.F: Mcgraw-Hill/Interamericana.
- Chávez, G. (22 de Agosto de 2018). *1500 toneladas de basura genera Managua a diario, de los cuales 12% son plásticos*. Obtenido de <http://www.vostv.com.ni/nacionales/8218-1-500-toneladas-de-basura-genera-managua-a-diario/>
- Crawford, R. J., & Butterworth-Heinemann. (1999). *Plastics Engineering*. Oxford.
- Félez, J., & Martínez, L. (2008). *Ingeniería Gráfica y Diseño*. Madrid, España: Síntesis. S.A.
- Giuliano, S. (1975). En *La combustión teórica y aplicaciones* (pág. 440). Madrid, España: Tamburini.
- Gonzales, M. (08 de Junio de 2019). *Caen exportaciones para exportaciones del plástico*. Obtenido de <https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/494028-reciclaje-plastico-nicaragua-precios/%3fview=amp>

Lara, R. (29 de Septiembre de 2019). *56 millones de córdobas gastados en recoger basura de Managua en un semestre.* Obtenido de <http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/502025-gasto-recoleccion-basura-managua/%3fview=amp>

Morton-Jones, D. H. (1989). *Polymer processing*. London: Chapman & Hall.

Polimeni R, R., Fabozzi, F., & Adelberg, A. (1994). *Contabilidad de costos. Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales* 3era ed. Colombia , Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A.

Riba Romeva, C. (2008). *Selección de materiales en el diseño de Máquinas*. En C. Riba Romeva, *Selección de materiales en el diseño de maquinas* (pág. 169). España, Barcelona: UPC.

Tórrez , C. (15 de Noviembre de 2017). *Reciclar plástico evitaria mayor contaminación en Nicaragua*. Obtenido de <https://www.laprensa.com.ni/2017/11/15/nacionales/2331037-reciclar-plastico-evitaria-mayor-contaminacion-en-nicaragua>

Universidad de Costa Rica; Vicerectoría de información . (10 de marzo de 2012). *Manual de estimación de costos*. Obtenido de <http://www.ucr.ac.cr>

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriot, P. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.

Knauf. (03 de Mayo de 2005). Obtenido de <http://live-place.com>

Anexos

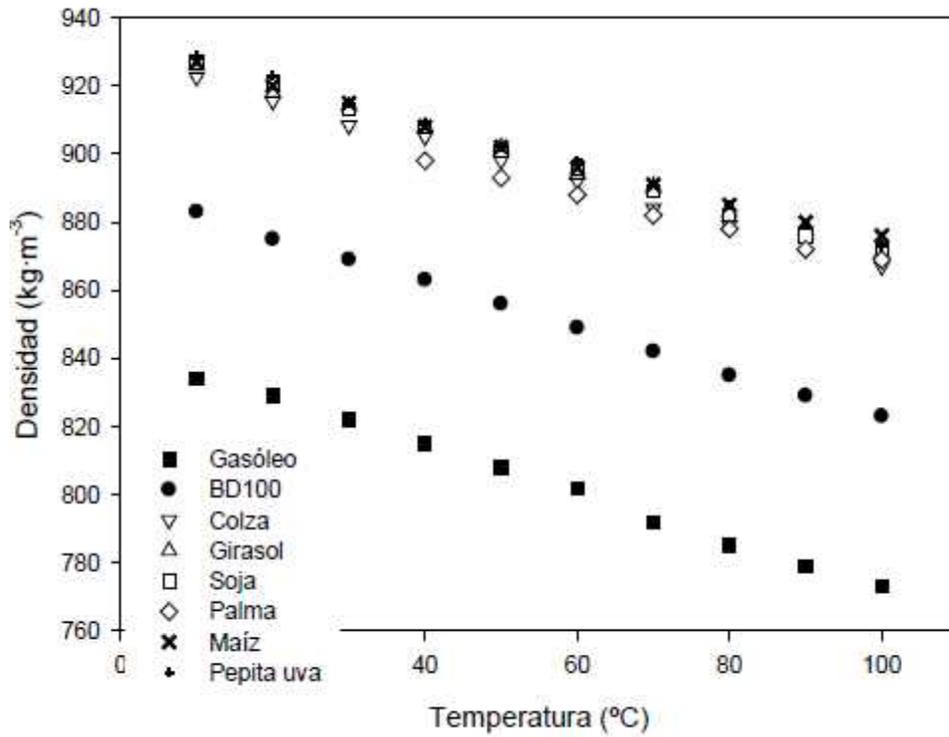


Fig. 1. Valores promedios del aceite, diagrama Densidad / Temperatur

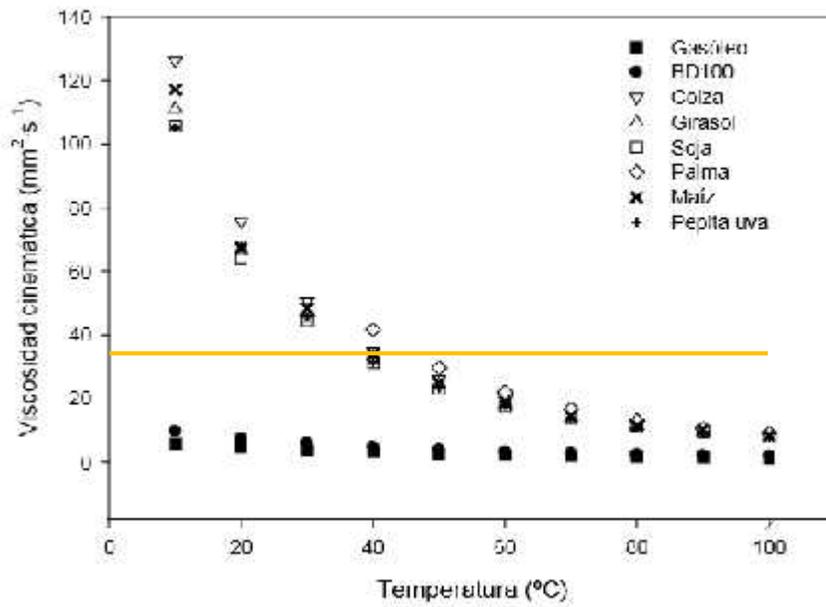


Fig.

2. Valores promedios del

aceite, diagrama viscosidad / temperatura

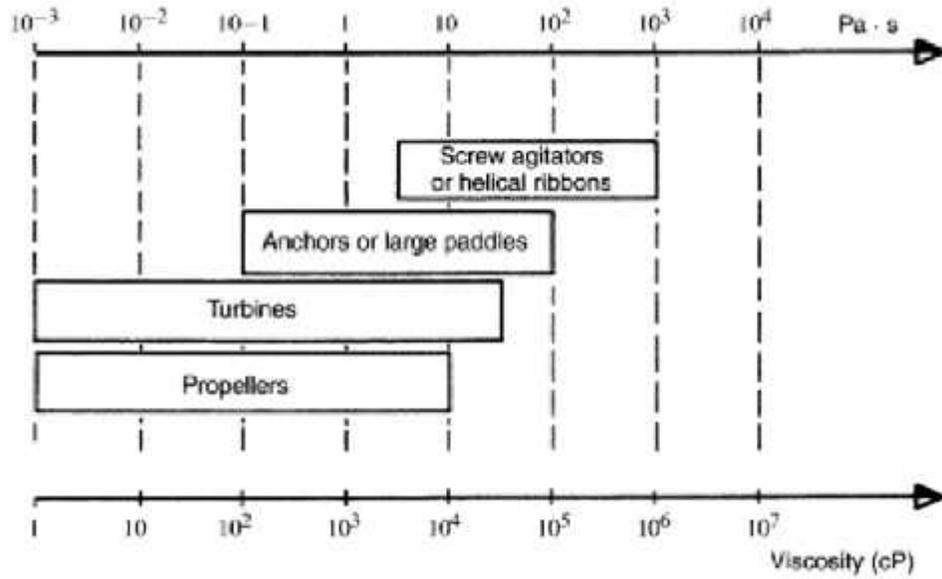


Fig.3.T

tipos de agitadores

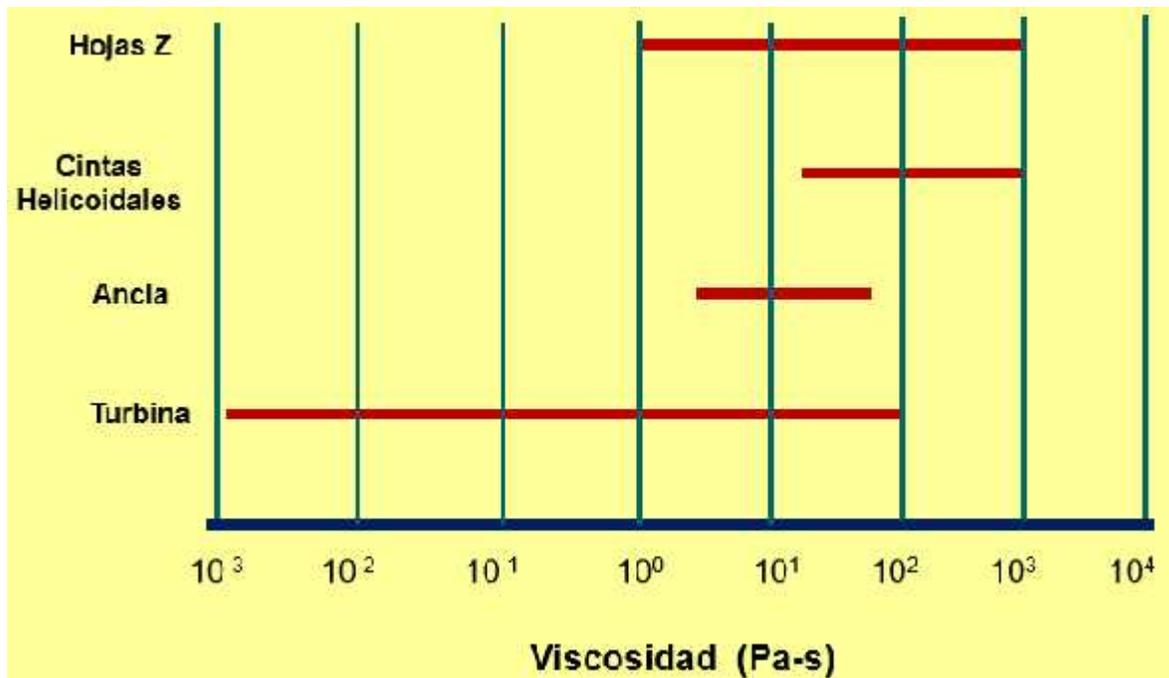


Figura 4. Rango de viscosidades para varios tipos de agitadores

3. Tipos de impulsores; a) paleta, b) Hélice marina, c) Ancla, d) Turbina, e) Cinta

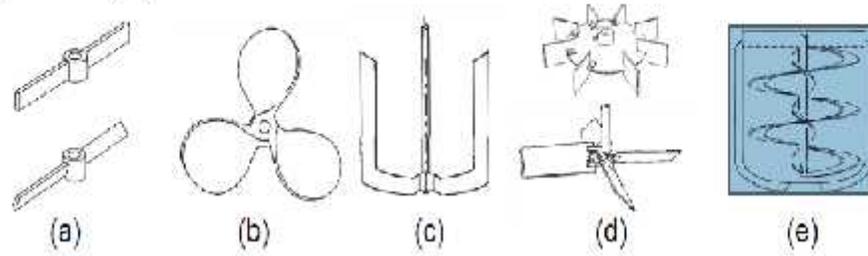


Fig. 5. Tipos de impulsores

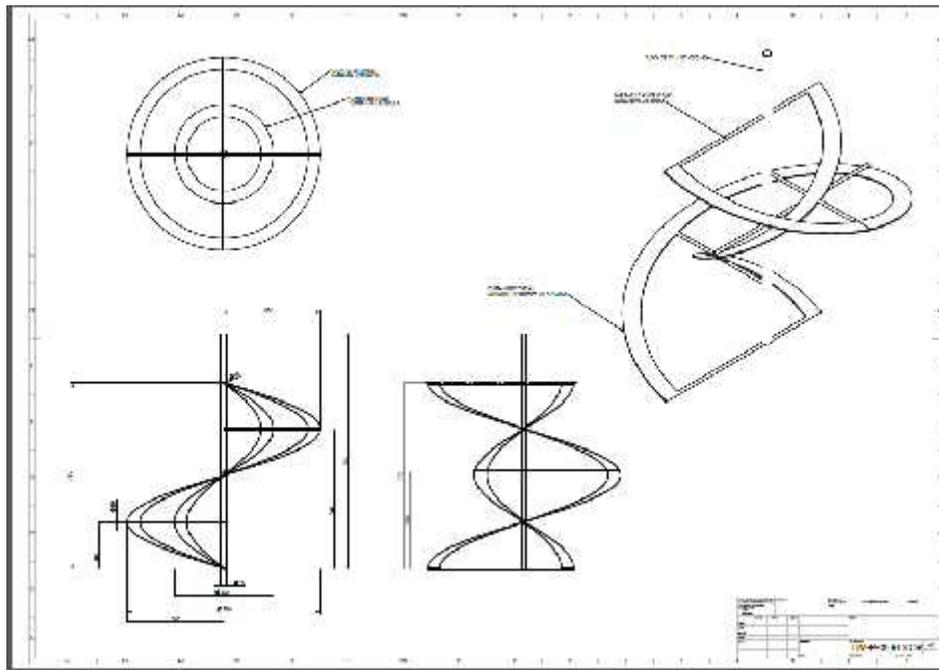


Fig. 6. Vista del rotor en forma de cinta helicoidal con medianas. Fuente propia.

Fuerzas en el eje

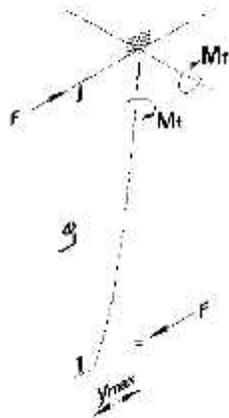


Fig. 13. Diagrama de cuerpo libre de la fuerza del eje



Fig. 14. Motorreductores alcanzan relaciones de transmisión hasta de 804:1



Fig. 15. Motorreductores alcanzan relaciones de transmisión hasta de 804:1

Cyclo® (Motor Integrado)

La clave del éxito de la tecnología Cyclo® es su funcionamiento por compresión en lugar de corte.

Vista General	Datos Técnicos
Eje de salida	Eje sólido
Direcciones de eje de salida	Montaje en cualquier dirección (horizontal, vertical descendente, vertical ascendente)
Estilo de montaje	Patas (precisa), brida y caja
Tamaño de carcasa	20 tamaños (etapas de salida)
Rango de reducción	2,3:1 a 119:1 (simple) 104:1 a 7569:1 (doble) 8001:1 a 638,503:1 (triple)
Torque nominal	de 55 a 605,620 lb-in (6,2 a 68,200 N-m)
Potencia del motor	1/8 HP - 255 HP (0,1 kW - 175 kW)
Tipos de motor	eficiencia estándar, eficiencia premium

Fig. 16. Motor integrado

General Purpose Motors

TEFC Enclosure • Rigid Base and C-Face • Three-Phase • 208-230/460 Volt

Product Specifications

- Rigid Base: 1/2 - 2 HP, 1800 RPM
- C-Face: 1/3 - 3 HP, 3600 and 1800 RPM
- 208-230/460 Volt
- Totally Enclosed Fan-Cooled (TEFC) Enclosure
- IP43 Protection
- 1.15 SF
- Class F Insulation
- Premium Efficiency (1-3 HP)
- Vacuum Pressure Impregnation (VPI) System
- Anti-Rust Film Applied to Motor
- Improved Shaft Seal on Drive-End
- Protects Drive-End Bearing from Moisture and Contaminants
- Inverter Rated, 4:1 CT / 10:1 VT
- Suitable for 50 Hz with 1.0 SF



HP	RPM	Voltage	Frame	Model Number	List Price	FL Amps (A)	FL Eff. (%)	Approx. Wt. (lbs.)	Notes
Rigid Base									
1/2	1800	208-230/460	56	NAT12-18-56	\$276.88	0.95	70.0	19	
3/4	1800	208-230/460	56	NAT34-18-56	\$299.47	1.3	73.0	22	
1	1800	208-230/460	56	NAT61-18-56	\$370.97	1.61	85.5	35	P
1.5	1800	208-230/460	56	NAT1.5-18-56	\$437.99	2.26	86.5	43	P
2	1800	208-230/460	56	NAT77-18-56	\$521.89	2.96	86.5	49	P
C-Face • Removable Base									
1/3	3600	208-230/460	56C	NAT13-36-56CB	\$248.67	0.65	60.0	18	
	1800	208-230/460	56C	NAT13-18-56CB	\$270.72	0.72	67.0	18	
1/2	3600	208-230/460	56C	NAT12-36-56CB	\$299.54	0.85	67.5	19	
	1800	208-230/460	56C	NAT12-18-56CB	\$287.50	0.95	70.0	19	
3/4	3600	208-230/460	56C	NAT34-36-56CB	\$270.32	1.2	71.5	21	
	1800	208-230/460	56C	NAT34-18-56CB	\$311.75	1.3	73.0	22	
1	3600	208-230/460	56C	NAT61-36-56CB	\$377.70	1.5	77.0	23	P
	1800	208-230/460	56C	NAT61-18-56CB	\$409.23	1.61	85.5	35	P
1.5	3600	208-230/460	56C	NAT1.5-36-56CB	\$427.67	1.98	84.0	31	P
	1800	208-230/460	56C	NAT1.5-18-56CB	\$518.68	2.26	86.5	43	P
2	3600	208-230/460	56C	NAT77-36-56CB	\$477.64	2.61	85.5	34	P
	1800	208-230/460	56C	NAT77-18-56CB	\$578.12	2.96	86.5	59	P
3	3600	208-230/460	56C	NAT93-36-56CB	\$546.73	3.69	86.5	52	P

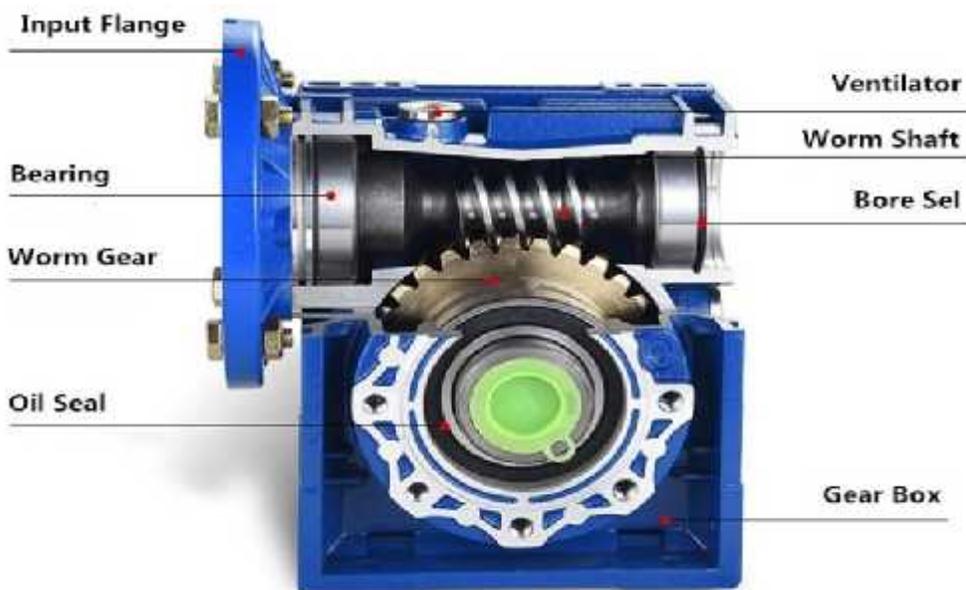


Fig. 18. Acople del motor

Aluminum Worm Gear Reducers: Product Overview

Product Specifications

- 7.5:1 - 100:1 ratios
- Box sizes (Center distances 30 mm - 90 mm)
- Aluminum alloy housing for light weight design
- Hardened worm shaft for increased durability
- Two bearings on input and output shafts
- NEMA motor input flanges
- All units filled with synthetic oil (Mobil SHC634) for an "M1" position mounting
- Adjustable level for alternative mounting positions
- Double lip oil seals prevent leakage
- Multiple mounting holes for all angle mounts
- Powder coat paint plan on external housing to resist corrosion
- Hollow output bores with plug-in output shafts
- 1 year warranty



631	29	30	0.12	56C	3	CALM30-6Q1-56C	\$138.14
		40	0.25	56C	5	CALM40-6Q1-56C	\$206.52
		50	0.47	56C	8	CALM50-6Q1-56C	\$285.10
		63	0.82	56C	13	CALM63-6Q1-56C	\$398.26
		75	1.22	56C	19	CALM75-6Q1-56C	\$534.26
		90	1.85	56C	28	CALM90-6Q1-56C	\$611.24

Fig. 19. Selección de especificación de reductores de engranaje helicoidales

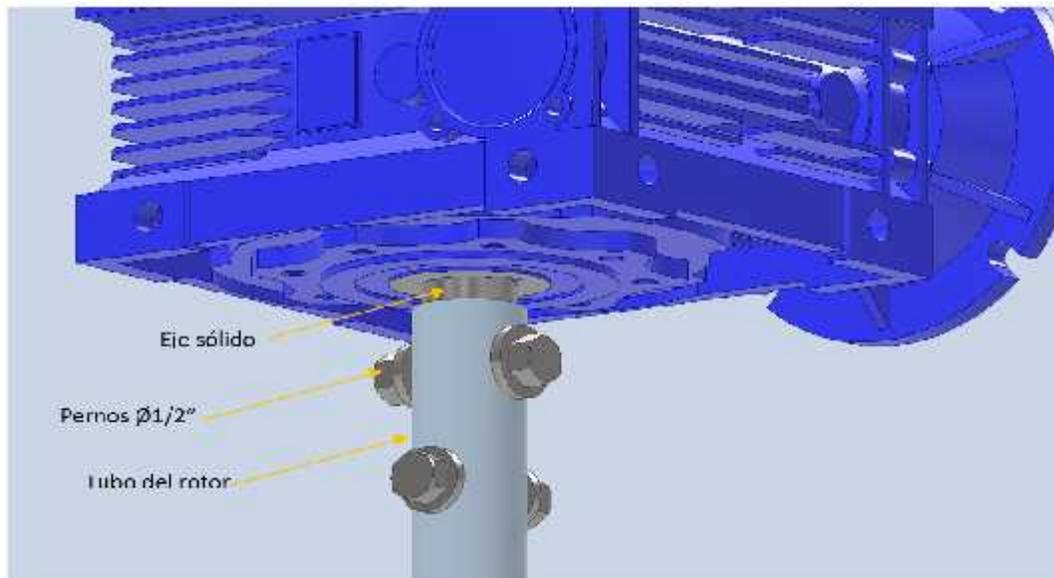


Fig. 21. Unión del motorreductor, al eje rotor



Output Flanges

Box Size	Model Number	List Price
30	CALM30-OPF	\$21.49
40	CALM40-OPF	\$30.09
50	CALM50-OPF	\$35.38
63	CALM63-OPF	\$41.39
75	CALM75-OPF	\$54.04
90	CALM90-OPF	\$67.65

Output Flanges are FA style.

FB and FC style output flanges are available for order as non-stock items.

Selección de Bridas de Salida

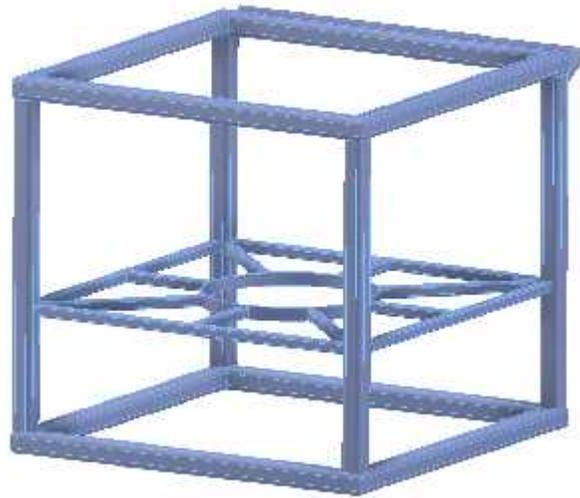


Fig. 22. Bastidor

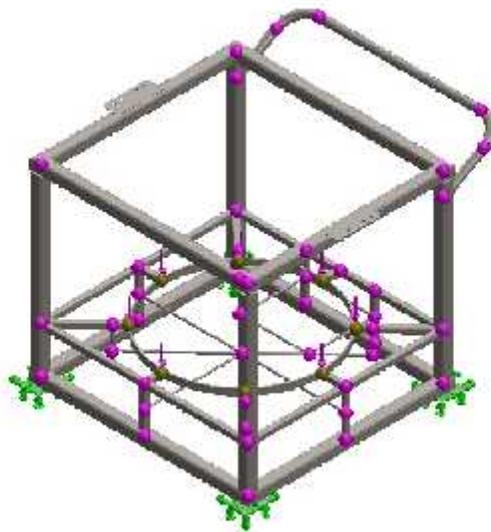


Tabla 11. Tubos cuadrados, laminas y platinas

Aluminum Worm Gear Reducers: Product Overview

Product Specifications

- 7.5:1 - 100:1 ratios
- Box sizes (Center distances 30 mm - 90 mm)
- Aluminum alloy housing for light weight design
- Hardened worm shaft for increased durability
- Two bearings on input and output shafts
- NEMA motor input flanges
- All units filled with synthetic oil (Mobil SHCG34) for a 1 "M1" position mounting
- Adjust oil level for alternative mounting positions
- Double lip oil seals prevent leakage
- Multiple mounting holes for all angle mounts
- Powder coat paint plan on external housing to resist corrosion
- Hollow output bores with plug-in output shafts
- 1 year warranty



Fig. 24. Reductor de engranajes helicoidales de aluminio

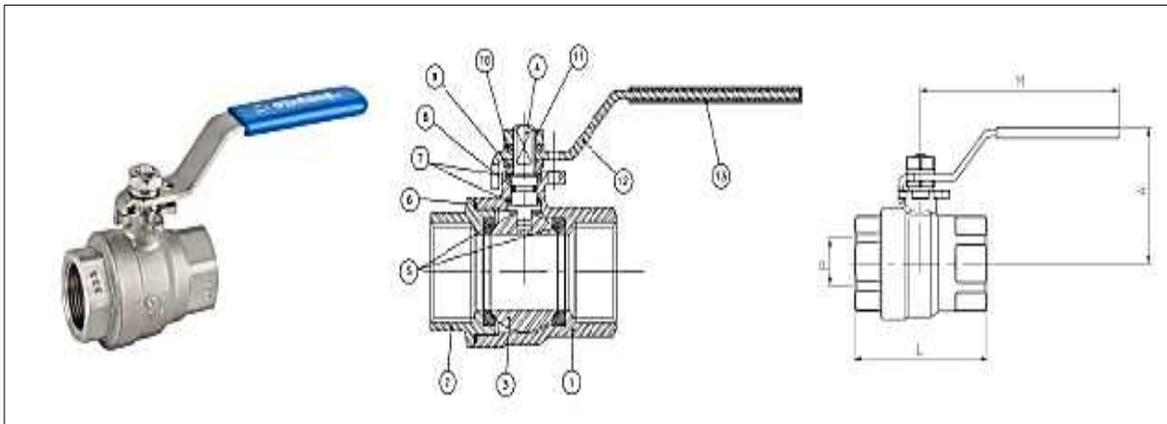


Fig. 25. Valvula de descarga

Rueda resistente a la corrosión

Estación giratorio con bloqueo total y rueda de poluretano de 5" de diámetro



Giratorio con lola Lock



Solidworks 3D



Descargar

Tipo de montaje	Plato
Rueda	
Diámetro	5 "
Ancho	1 3/16 "
Número de	1
Altura de montaje	6 1/8 "
Capacidad por rueda	400 libras
Grado de dureza	Firma
Dureza	Durómetro 95A
Estilo de placa de montaje	1

Fig. 26. Ruedas del bastidor



Fig. 27. Termómetro bimetálico WEISS

Section 1: WORLDWIDE Fractional HP Motors

Jet Pump Motors
TEFC Enclosure • C-Face with Removable Base • Three-Phase • 208-230/460 Volt

Product Specifications

- 1/3 - 3 HP
- 3600 RPM
- 208-230/460 Volt
- Totally Enclosed Fan Cooled (TEFC) Enclosure
- IP43 Protection
- 1.15 SF
- Class F Insulation
- Premium Efficiency (>3 HP)
- C-Face with Removable Base
- 5/8" Threaded Shaft
- 5/8" Keyed Shaft
- Vacuum Pressure Impregnation (VPI) System
- Anti-Rust Film Applied to Rotor
- Improved shaft seal on Drive-End Protects Drive-End Bearing from Moisture and Contaminants
- Inverter rated, 4:1 CT / 12:1 VT
- Suitable for 50 Hz with 1.0 SF

Fig. 28. Worldwide fractional HP Motors

wayler **Capacidades y presentaciones**

Sistemas Atmosféricos

Modelo	Capacidad en kcal/h		ø M/M CUERPO	ENTRADA DE GAS
	Gas Natural	GPI		
R-40	5.000	4.000	120	1/2"
R-48	7.500	6.000	140	1/2"
R-63	12.000	8.500	180	1/2"
R-100	20.000	15.000	210	1/2"
R-130	28.000	21.000	240	1/2"
R-199	45.000	30.000	330	1/2"
R-130/73	65.000	45.000	370	3/4"
R-130/258	100.000	90.000	500	1"

Fig. 29. Quemador WAYLER R – 48

BRÛLEUR aem **Brûleurs SP à venturi vertical** Date : 10/07/2013
DOC : FP A 1 1 1

<u>Caractéristiques techniques</u>	SP80	SP100
Puissance nominale en gaz naturel 20 mbar/ propane 37mbar :	4.70 kW (Hi)	5.80 kW (Hi)
Puissance nominale en butane/propane 28mbar :	3.70 kW (IIi)	4.70 kW (IIi)
Type d'orifices de flamme	trous	trous
Diamètre de la plaque de flammes	80 mm	100 mm
Matière de la plaque de flammes	laiton	laiton

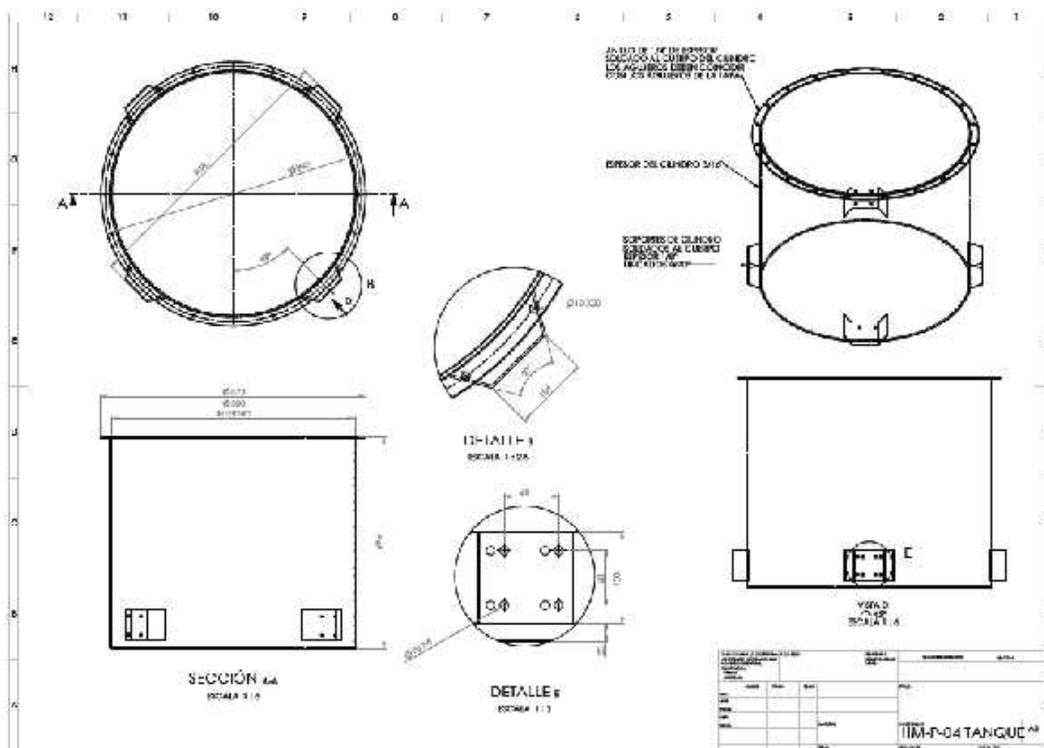
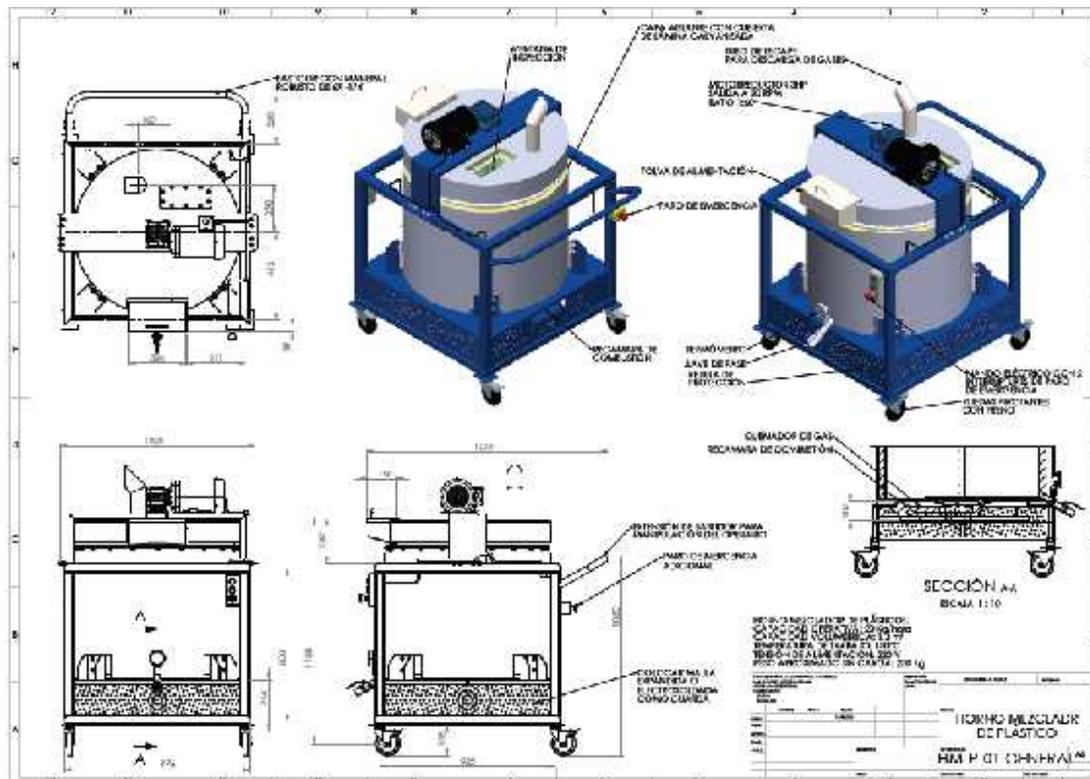
Fig. 30. Quemador vertical BRULEUR AEM SP100

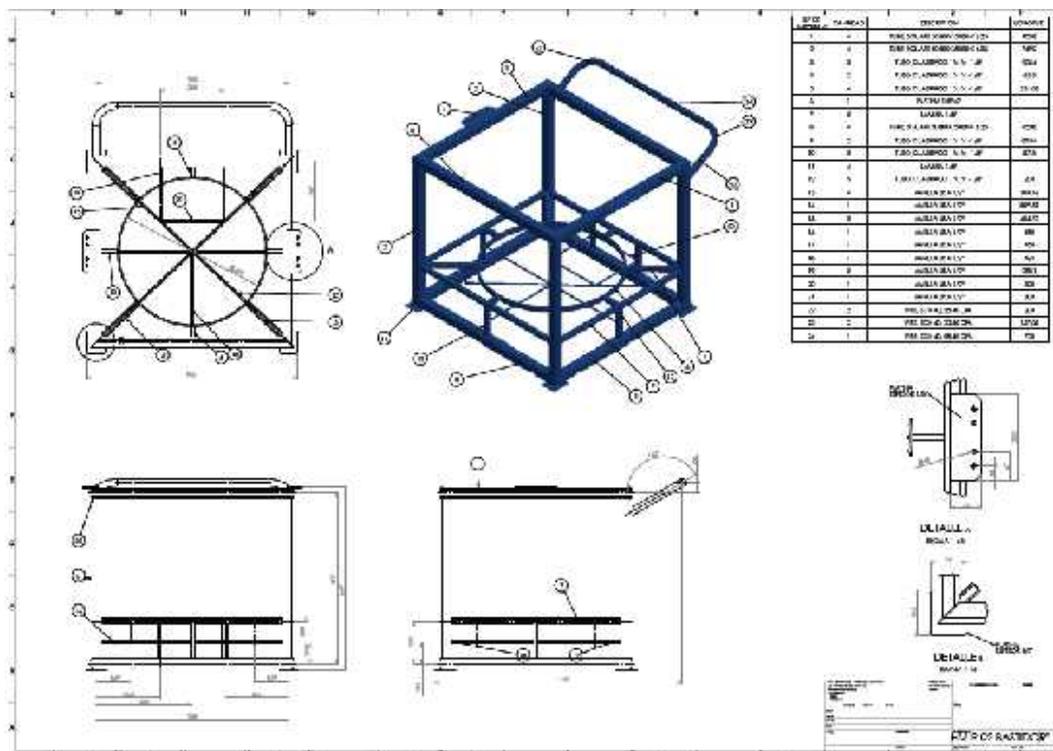
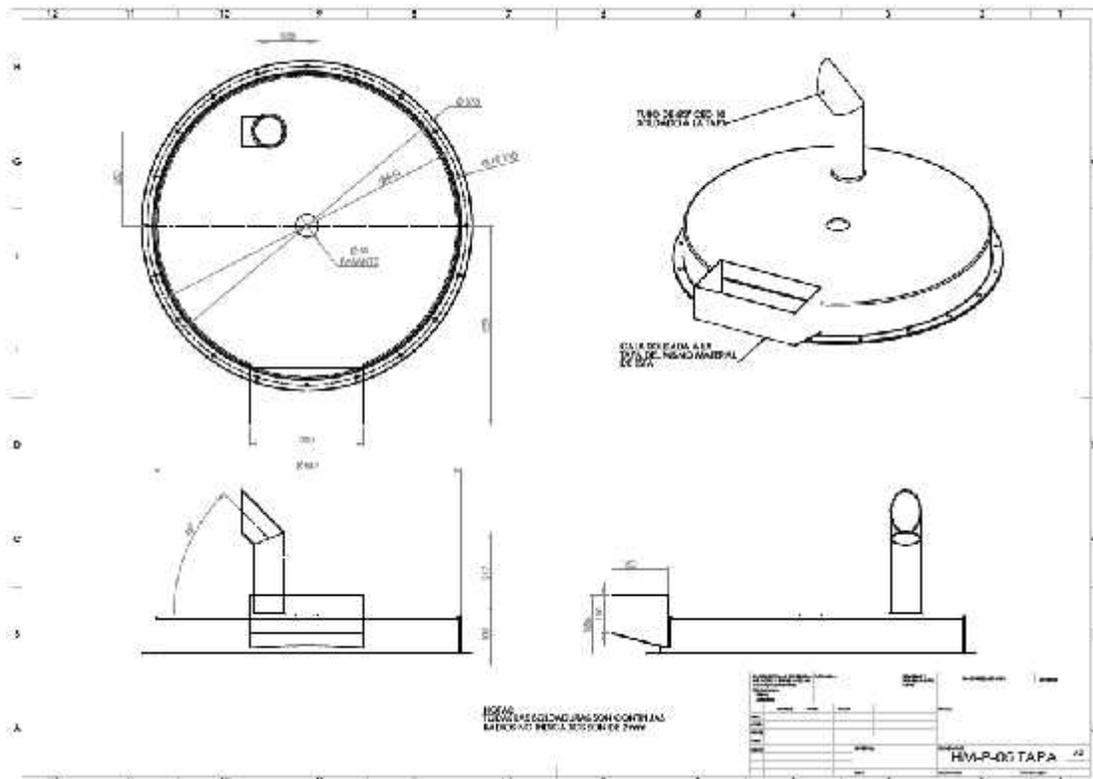
BRÛLEUR aem **Brûleurs de table à corps intégrant** Date : 10/07/2013
DOC : FP A-2-3-1

Caractéristiques techniques

	3000T	5000T	7000T	9000T
Puissance nominale en gaz naturel 20 mbar/ propane 37mbar	3.20 kW (IIi)	5.20 kW (IIi)	7.00 kW (IIi)	9.00 kW (IIi)

Fig. 31. Quemador de mesa BRULEUR AEM 5000L





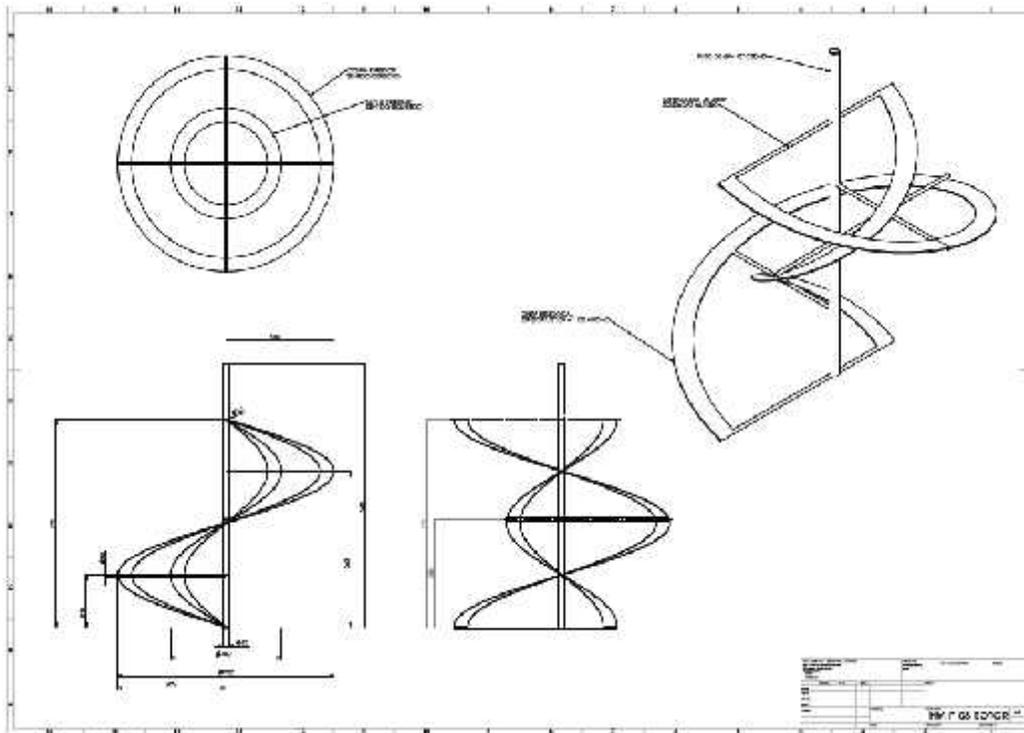


Fig. 36. Plano del rotor

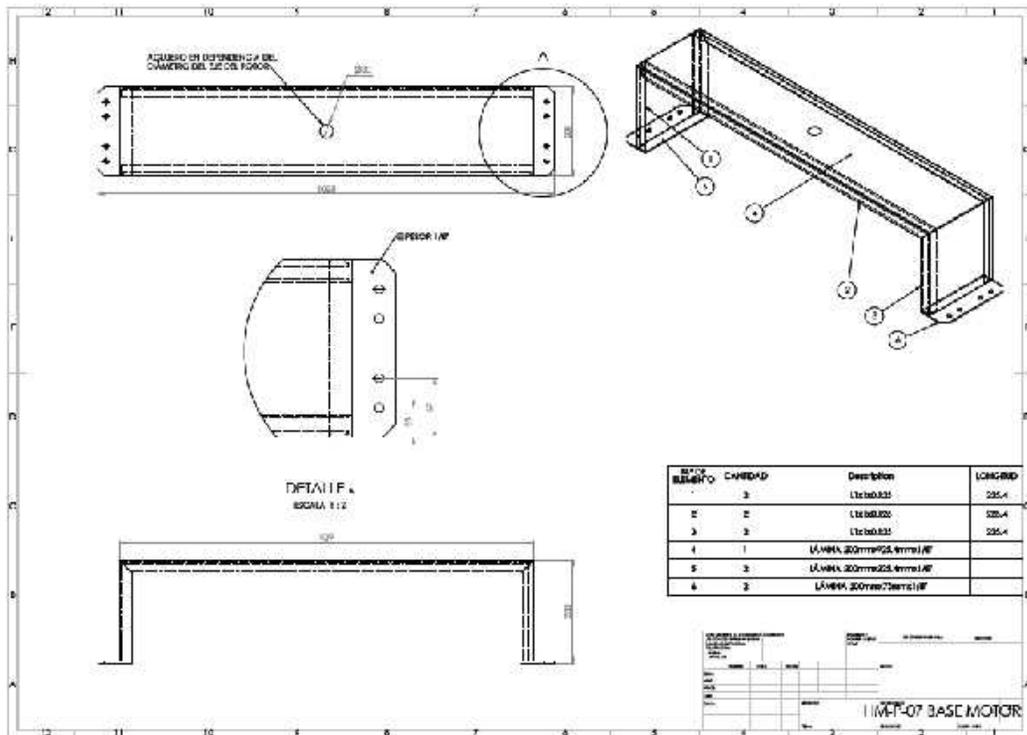


Fig. 37. Plano base del motor

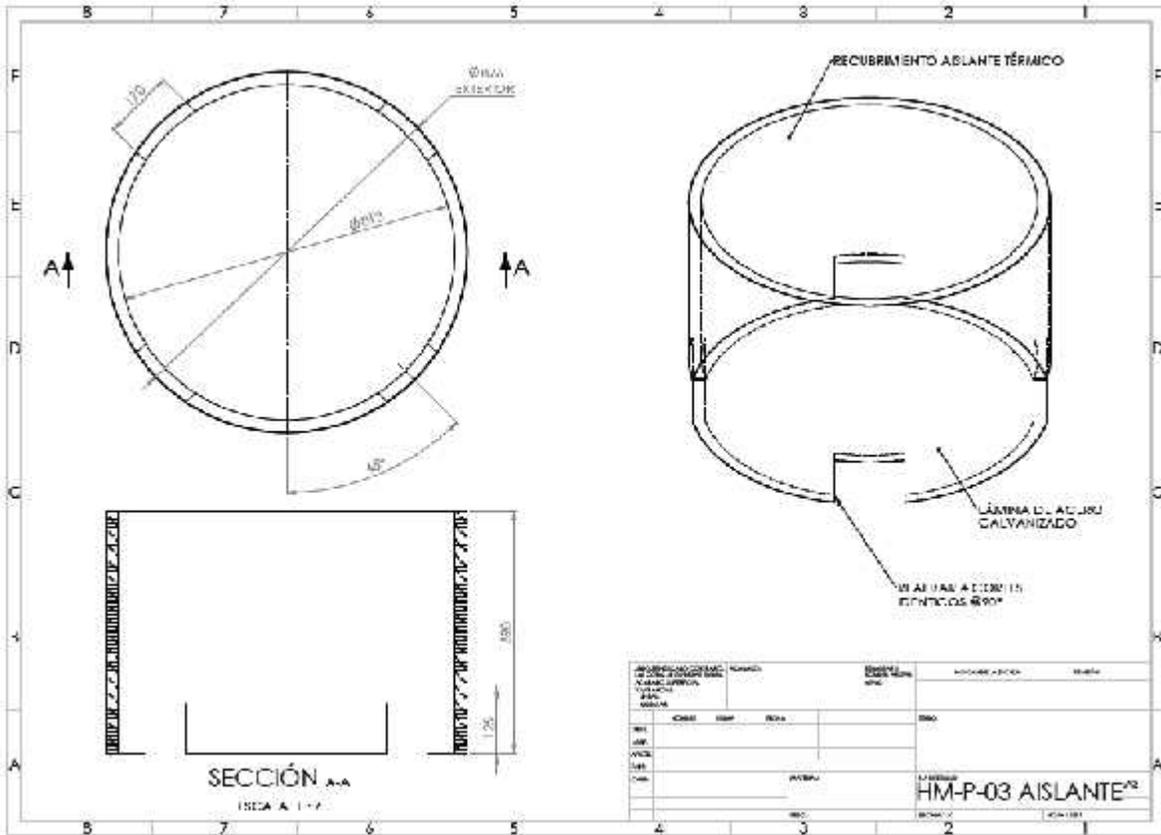


Fig. 38. Plano aislante termico

Fuente propia

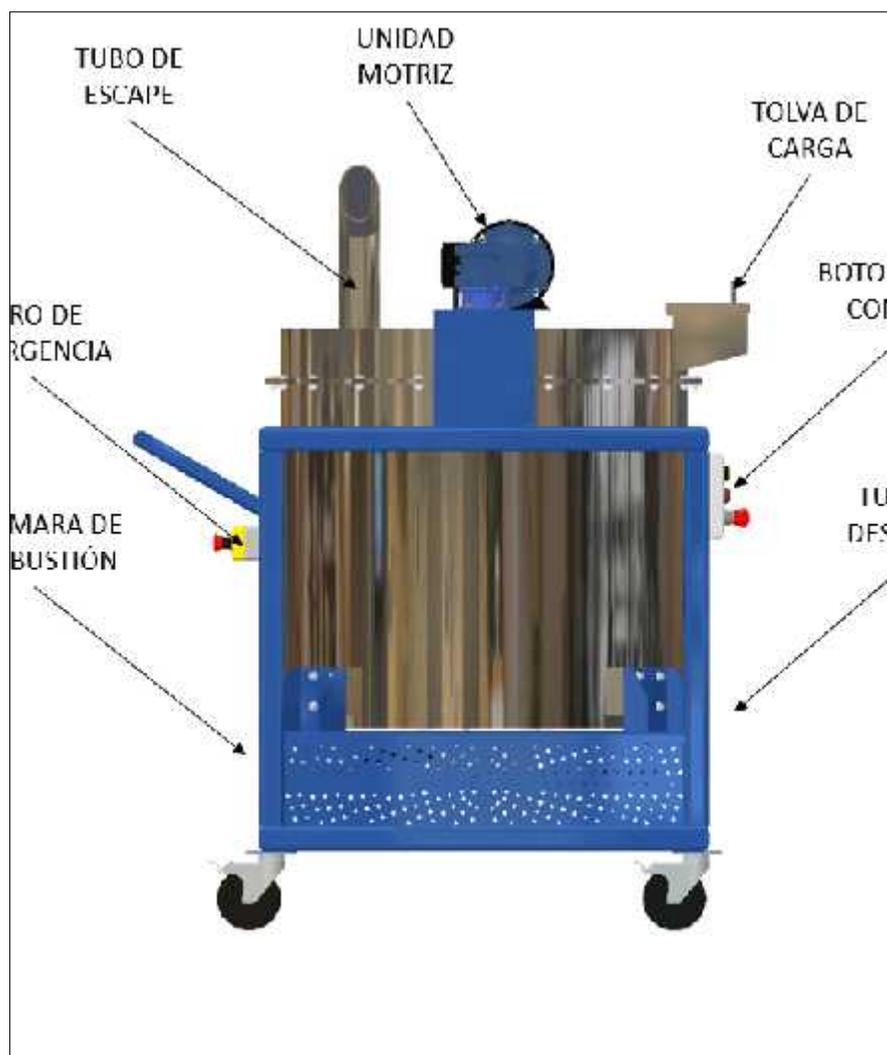


Fig. 39. Componentes del horno mezclador de plásticos