

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA: INGENIERIA MECÁNICA.

“Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniero Mecánico”.

PROYECTO TÉCNICO:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOMOGENEIZADOR POR
INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO, PARA LA EMPRESA
FORMALAB”.

AUTORES:

WALTER ORLANDO SANMARTIN HURTADO

MARCOS JOSELO BENENAUOLA RAMON

TUTOR:

ING. NELSON JARA COBOS

Cuenca, Julio 2016

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: Walter Orlando Sanmartin Hurtado con CI #0302308069 y Marcos Joselo Benenaula Ramón con CI #1400625289, de autores del “*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOMOGENEIZADOR POR INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO, PARA LA EMPRESA FORMALAB.*” Certificamos que el total contenido de este Proyecto Técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad, autoría y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Cuenca, Julio del 2016

.....
Nombre: Walter Orlando

Sanmartin Hurtado

.....
Nombre: Marcos Joselo

Benenaula Ramón

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros: Walter Orlando Sanmartin Hurtado con CI #0302308069 y Marcos Joselo Benenaula Ramón con CI #1400625289, de la carrera de Ingeniería Mecánica, manifestamos a nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico intitulado: “*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOMOGENEIZADOR POR INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO, PARA LA EMPRESA FORMALAB.*”, desarrollado, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer los derechos de autor.

En la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra. En concordancia, suscribimos este documento y hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Nombre: Walter Orlando

Sanmartin Hurtado

Cedula: 0302308069

Fecha: 28/ 07/2016



.....
Nombre: Marcos Joselo

Benenaula Ramón

Cedula: 1400625289

Fecha: 28/ 07/2016

CERTIFICADO

Certifico, que el presente trabajo de Titulación Proyecto Técnico, correspondiente al tema: “*DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HOMOGENEIZADOR POR INMERSIÓN DE ALTO CIZALLAMIENTO, PARA LA EMPRESA FORMALAB*”, realizado por los estudiantes: Walter Orlando Sanmartin Hurtado y Marcos Joselo Benenaula Ramón, fue dirigido por mi persona.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and strokes, positioned above a dotted line.

.....

Ing. Nelson Jara C.

DEDICATORIAS

A Dios, ya que si no fuera por él, nada se lograría en el mundo, por darme el valor y las fuerzas de seguir hacia el éxito y para servir a la sociedad con dignidad, esfuerzo y dedicación.

A mis Padres Julio y Teresa, por su apoyo ya que siempre me han dado consejos para ser un hombre de bien, de igual manera todo el ejemplo como personas, son las mejores personas que Dios me ha dado.

A mis hermanos, amigos, profesores y todas las personas que me apoyaron.

Walter.

A Dios por brindarme salud y vida para poder culminar mi carrera, aun teniendo momentos difíciles en mi vida, me permitió ser perseverante para cumplir con mis objetivos y metas.

A mis papas, los seres que me dieron la vida quienes confiaron en mí, y me apoyaron en todo momento con sus consejos y su amor supieron llenarme de sabiduría para afrontar la vida y salir adelante.

A mis hermanos las personas más importante en mi vida principalmente a Diego que siempre ha sido mi orgullo y mi ejemplo a seguir demostrándome que todo con esfuerzo, dedicación y sacrificio se puede conseguir.

Marcos.

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Nelson Jara que nos asesoró de manera eficiente, que sin la ayuda de él no se hubiera logrado este Trabajo.

*Al Doctor Juan Carlos Torres, Director de la empresa “**FORMALAB**”. Por su colaboración al proyecto y por compartir su experiencia como Farmacéutico.*

Walter.

Al ingeniero Nelson Jara por su valiosa cooperación, asesoría, su tiempo, y los conocimientos transmitidos.

Al Doctor Juan Carlos Torres quien con su experiencia en el campo nos ayudó en la metodología de este proyecto de grado

Marcos.

RESUMEN

Este proyecto comprende en el diseño y construcción de un homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento, destinado para la elaboración de cremas, lociones, bálsamos, suspensiones, geles, enjuagues, etc. La empresa “**FORMALAB**”, misma que en la actualidad elabora productos farmacéuticos para distintas instituciones médicas, dentro de la ciudad de Cuenca. Para el desarrollo de este proyecto se utilizó información directamente de la empresa beneficiaria y complementando con la investigación teórica del proceso de homogenización que realiza el equipo, se ha establecido las características técnicas para el diseño y la construcción del homogeneizador.

Es importante indicar que un homogeneizador de alto cizallamiento no solo mezcla, sino que también emulsiona, homogeniza, solubiliza, suspende, dispersa y desintegra sólidos constituyendo una gran productividad para la industria farmacéutica.

Para el diseño general y la construcción del homogeneizador se tomó como referencia máquinas existentes en nuestro medio y también máquinas de diferente procedencia para combinar características y de acuerdo a las especificaciones de la empresa beneficiaria obtener un homogeneizador sencillo de buena calidad, sobre todo que desempeñe su función.

Con esta máquina se reemplaza los métodos convencionales de elaboración de productos que se realiza en la empresa “**FORMALAB**”, reduciendo tiempos y aumentando el volumen de producción, teniendo un sistema de transmisión de movimiento proporcionado por un motor Brushless de corriente continua de 850W (220V); el movimiento es transmitido a un eje giratorio haciendo que el rotor-estator realice el proceso de mezclado obteniendo una mezcla dispersa y homogénea.

Para asegurar el correcto funcionamiento del equipo, se ha realizado pruebas experimentales para verificar la correcta operación de la máquina, además, se realizó pruebas de los productos obtenidos con el equipo, tanto físicas como químicas realizando un análisis de distribución de glóbulos y tamaños de partículas, obteniendo una mezcla de mayor calidad y un producto de mejor consistencia.

ABSTRACT

This project involves the design and construction of a high shear homogenizer dip intended for the production of creams, lotions, ointments, suspensions, gels, rinses, etc. The "**FORMALAB**" company is the beneficiary of the development of this project. Currently it produces pharmaceutical products for many medical institutions in our city. Development information was used directly from the beneficiary company; and complementing it with theoretical research of the homogenization process that it performs. The technical features have been established for the design and construction of the homogenizer.

It is important to mention that high shear homogenizer not only mixes, but also emulsifies, solubilizes, disintegrates solids; constituting a high productivity for the pharmaceutical industry.

For the overall design and construction of the homogenizer it was taken existing machines in our environment and machines from different sources to combine characteristics, and according to the specifications of the beneficiary company to obtain a single homogenizer of good quality, but above all, for it to play its main function.

With this machine conventional methods of elaboration of this product have been made by the "**FORMALAB**" company reducing time, and increasing production volume having a transmission system movement, provided by a motor of Brushless DC 850W (220V); the movement is transmitted to a rotating shaft causing the rotor-stator to make the mixing process and to obtain a homogeneous and dispersed mixture; etc.

To ensure proper operation of the equipment, experimental tests have been conducted to verify proper operation of the machine. Further testing of the obtained products was carried out with the team; both physical and chemical conduction. An analysis of distribution of the cells, and size of the particles was also made to obtain a mixture of higher quality and better product consistency.

Índice de Contenidos

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	2
1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN.....	2
1.1 Antecedentes.	2
1.2 Justificación.	2
1.3 Situación Problemática.	3
1.4 Formulación del Problema.	4
1.5 Hipótesis.	4
1.6 Definición de Variables.	4
1.7 Objetivo General.	5
1.8 Objetivos Específicos.	5
1.9 Marco Teórico.	5
1.9.1 Antecedentes del Problema.	5
1.9.2 Mezclador de Inmersión de Alto Cizallamiento.....	6
1.9.3 Procesos que Realizan los Homogeneizadores de Alto Cizallamiento.	7
1.10 Beneficiario.	8
1.10.1 Datos del Beneficiario.....	8
1.10.2 Historia.....	9
1.10.3 Misión.	10
1.10.4 Visión.....	10
1.10.5 Ubicación.	10
1.10.6 Actividad Principal.....	11
1.10.7 Especialidades.....	11
1.10.8 Productos Elaborados por la Empresa.....	11
1.11 Definición de las Sustancias Procesadas para el Mezclado.	11
1.11.1 Cremas.....	11
1.11.2 Lociones.....	13
1.11.3 Ungüentos.....	14
1.11.4 Emulsiones.....	14
1.11.5 Suspensiones.....	15
1.12 Datos y Requerimientos de Diseño.	15
1.12.1 Parámetros de los Compuestos Químicos.	16

1.12.2	Viscosidad.....	18
1.12.3	Velocidad de Deformación o Cizallamiento.....	19
1.12.4	Comportamiento Reológico.....	19
1.12.5	Antecedentes de Producción.....	20
1.13	Flujo de Producción.....	22
CAPITULO II.....		23
2.	ESTUDIO DEL ARTE DE LOS HOMOGENIEZADORES.....	23
2.1	Historia del Mezclador.....	23
2.2	Descripción del Mezclador de Cizalla.....	23
2.3	Inventores del Primer Modelo Rotor y Estator (Cabezal de Trabajo).....	24
2.4	Descripción del Conjunto Rotor-Estator.....	24
2.5	Tipos de Mezcladores Homogeneizadores.....	26
2.5.1	Mezcladores en Línea.....	26
2.5.2	Mezcladores por Lote.....	27
2.6	Funcionamiento del Mezclador.....	30
2.7	Cabezales de Trabajo.....	31
2.8	Motor utilizado en los Homogeneizadores.....	33
2.8.1	Motor Brushless.....	33
2.9	Diseño Estándar de un Homogeneizador.....	35
2.10	Análisis Propuesto para el Diseño de la Máquina.....	37
2.10.1	Partes Principales que Constituyen un Homogeneizador.....	37
CAPITULO III.....		39
3.	DISEÑO DEL HOMOGENEIZADOR PARA LA EMPRESA FORMALAB.....	39
3.1	Generalidades.....	39
3.2	Diseño.....	39
3.2.1	Sistemas Mecánicos Principales.....	40
3.3	Condiciones que deben Cumplir el Equipo.....	40
3.4	Dimensionamiento del Homogeneizador.....	41
3.5	Cálculos para el Diseño.....	41
3.5.1	Numero de Reynolds.....	42
3.5.2	Cálculo y Estimación de la Potencia Requerida.....	43
3.5.3	Comprobación de la Selección del Motor.....	44
3.5.4	Cálculo y Dimensionamiento del Eje Giratorio.....	45
3.5.5	Calculo de las Aspas del Rodete.....	54

3.5.6	Cálculo y Dimensionamiento del Eje Soporte.....	58
CAPITULO IV.....		62
4.	CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.	62
4.1	Introducción.....	62
4.2	Materiales Utilizados para la Construcción del Homogeneizador.....	62
4.3	Maquinas Utilizadas para la Construcción de los Elementos del Equipo.....	62
4.4	Adquisición de Materiales y Equipos.	63
4.5	Construcción del Homogeneizador.....	63
4.5.1	Base.....	64
4.5.2	Eje Soporte.	65
4.5.3	Soporte Motor.	65
4.5.4	Marco de Fijación y Manijas.....	66
4.5.5	Tapa del Motor.....	66
4.5.6	Eje Giratorio.....	67
4.5.7	Cojinete.	67
4.5.8	Porta Cabezal.....	68
4.5.9	Columnas.....	68
4.5.10	Rodete.	69
4.5.11	Estator y Cabezal.....	69
4.5.12	Arandela del Cabezal.	70
4.5.13	Motor.....	70
4.6	Ensamblaje del Homogeneizador.....	71
4.6.1	Parte Fija.	71
4.6.2	Sistema Móvil.	72
4.7	Instalación y Operación de la Máquina.	74
4.8	Mantenimiento del Homogeneizador.....	75
4.8.1	Mantenimiento Diario.	75
4.8.2	Mantenimiento Preventivo.	75
4.8.3	Mantenimiento Correctivo.	76
CAPITULO V.....		77
5.	PRUEBAS Y/O ENSAYOS DEL EQUIPO.	77
5.1	Generalidades.	77
5.2	Pruebas del Equipo.	77
5.3	Materiales Utilizados en las Pruebas del Equipo.	78

5.4	Preparación de Emulsiones para las Pruebas.....	78
5.5	Elaboración de las Emulsiones con el Método Convencional y el Equipo.	78
5.5.1	Procedimiento Para la Elaboración del Método Convencional.....	79
5.5.2	Pruebas para la Elaboración para el Ensayo con el Equipo.....	81
5.6	Análisis de los Ensayos Realizados con el Método Convencional y con el Equipo.	82
5.6.1	Análisis de la Densidad.....	83
5.6.2	Obtención de la Viscosidad.....	83
5.6.3	Tamaño de Glóbulos y Comportamiento de las Emulsiones.....	84
5.7	Materiales Utilizados en la Práctica.	90
CONCLUSIONES:.....		91
RECOMENDACIONES:.....		93
BIBLIOGRAFÍA:		95
APÉNDICES.....		97
ANEXOS.....		105

Índice de Ilustraciones

Figura 1.1	Empresa FORMALAB.....	9
Figura 1.2	Ubicación de la Empresa.....	10
Figura 1.3	Crema y Pomada.....	14
Figura 1.4	Emulsión.....	16
Figura 1.5	Distribución de glóbulos.....	17
Figura 1.6	Distribución de tamaños de glóbulos.....	17
Figura 1.7	Diámetro de Glóbulos.....	17
Figura 1.8	Fluidos newtonianos y no newtonianos.....	18
Figura 1.9	Curva de flujo característico de varias sustancias.....	18
Figura 1.10	Diagrama de flujo de producción.....	22
Figura 2.1	Modelo de Mezclador de cizalla.....	24
Figura 2.2	Vistas en despiece y perspectiva de modelos de conjunto rotor-estator.....	25
Figura 2.3	Tipos de modelos de conjunto rotor-estator, según superficies de cizalla.....	25
Figura 2.4	Mezclador en línea.....	26
Figura 2.5	Mezclador de inmersión.....	27
Figura 2.6	Mezclador de laboratorio.....	28
Figura 2.7	Mezclador de aire comprimido.....	28
Figura 2.8	Mezclador con unidad sellada.....	29

Figura 2.9 Mezclador ultrasónico.....	29
Figura 2.10 Fases de funcionamiento del mezclador.....	31
Figura 2.11 Cabezal desintegrador de uso general.....	31
Figura 2.12 Cabezal desintegrador ranurado.....	32
Figura 2.13 Malla de agujeros cuadrados	32
Figura 2.14 Cabezal emulsor estándar y malla emulsora.....	32
Figura 2.15 Disposición de los bobinados y los imanes permanentes.....	33
Figura 2.16 Homogeneizador Estándar.....	36
Figura 3.1 Elementos constitutivos del Homogeneizador.....	41
Figura 3.2 Fuerzas aplicadas sobre el Eje.....	45
Figura 3.3 Diagrama de cuerpo libre del eje.....	46
Figura 3.4 Trabajo del Eje.....	46
Figura 3.5 Carga en el eje.....	52
Figura 3.6 Aspas.....	54
Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre del momento flector de las aspas.....	56
Figura 3.8 Diagrama de cuerpo libre del eje soporte.....	58
Figura 4.1 Conjunto Homogeneizador.....	64
Figura 4.2 Base terminada.....	65
Figura 4.3 Roscado del eje soporte.....	65
Figura 4.4 Soporte del motor terminado.....	66
Figura 4.5 Marco de fijación y manijas.....	66
Figura 4.6 Tapa del motor terminada.....	67
Figura 4.7 Eje Giratorio.....	67
Figura 4.8 Cojinete.....	67
Figura 4.9 Porta cabezal con cojinete ensamblado.....	68
Figura 4.10 Columnas.....	68
Figura 4.11 Rodete.....	69
Figura 4.12 Taladrado de agujeros del estator y cabeza.....	70
Figura 4.13 Arandela del cabezal terminada.....	70
Figura 4.14 Motor Brushless.....	71
Figura 4.15 Ensamblaje Parte fija.....	72
Figura 4.16 Tapa del motor, columnas y portacabezal armados.....	72
Figura 4.17 Ensamblaje de las columnas en el motor.....	73
Figura 4.18 Ensamblaje del rotor, estator, arandela y cabezal de trabajo.....	73
Figura 4.19 Homogeneizador completamente ensamblado.....	74
Figura 5.1 Elaboración de emulsiones.....	79
Figura 5.2 Pesado de sustancias.....	79

Figura 5.3 Calentado de la mezcla.....	80
Figura 5.4 Mezclado Convencional.....	80
Figura 5.5 Muestras obtenidas con el método Convencional.....	81
Figura 5.6 Proceso de homogenizado.....	81
Figura 5.7 Muestras obtenidas con el Homogeneizador.....	82
Figura 5.8 Laboratorios de ciencias de la Vida.....	82
Figura 5.9 Peso de la crema.....	83
Figura 5.10 Viscosímetro Rotacional.....	84
Figura 5.11 Análisis Microscópico.....	85
Figura 5.12 Panel de Control y Visualización del Microscopio.....	85
Figura 5.13 Distribución de Glóbulos..	86
Figura 5.14 Tamaño de Glóbulos.....	86
Figura 5.15 Distribución de Glóbulos.....	87
Figura 5.16 Tamaño de Glóbulos.....	87
Figura 5.17 Distribución de Glóbulos.....	88
Figura 5.18 Tamaño de Glóbulos..	88
Figura 5.19 Distribución de Glóbulos.....	89
Figura 5.20 Tamaño de Glóbulos.....	89
Figura 5.21 Materiales utilizados en la Práctica.....	90

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Datos Generales de la Empresa.....	8
Tabla 1.2 Tamaño de los Glóbulos.....	16
Tabla 1.3 Velocidades de Cizalla.....	19
Tabla 2.1 Referencia de la patente.....	23
Tabla 2.2 Comparación de un motor con y sin escobillas.....	35
Tabla 2.3 Dimensiones del homogeneizador estándar en milímetros.....	37
Tabla 3.1 Ficha técnica del producto.....	42
Tabla 3.2 Placa del motor seleccionado.....	44
Tabla 4.1 Listado de materiales para la construcción del homogeneizador.....	62
Tabla 5.1 Lista de Sustancias.....	78
Tabla 5.2 Densidades y viscosidades de las mezclas.....	84

INTRODUCCIÓN

Investigaciones como estas, de seguro impulsa a los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, a realizar aportes sobre todo en los procesos industriales, que de alguna manera presentan problemas de baja eficiencia y calidad que afectan de manera directa a los productos elaborados en líneas de fabricación.

En el caso específico de este proyecto se pretende solucionar un problema que ha sido identificado como uno de los problemas que adolecen las industrias químicas y farmacéuticas del país, ya que estas no poseen equipos y maquinaria para cumplir de manera adecuada con el proceso de mezclado [1]. Por lo general las industrias elaboran el proceso de mezclado de manera artesanal con baja calidad en sus productos obtenidos. Hoy en día existen equipos versátiles como los mezcladores en línea y los mezcladores por lotes, que ayudan a optimizar este proceso obteniendo productos con una alta calidad y en menor tiempo de producción. El objetivo fundamental de este proyecto es diseñar y construir un homogeneizador de alto cizallamiento por inmersión para la empresa “FORMALAB”.

Dicha empresa viene laborando desde hace más de 13 años en el Ecuador. La forma con la que se realizan estos procesos es totalmente artesanal, lo cual no permite tener una buena mezcla de las partículas, y una mejor consistencia a más de la dedicación que le ponga el operario de mano de obra directa, esto también representa incrementos en los tiempos de fabricación de los productos finales.

En este sentido se pretende optimizar el proceso de mezclado con la ayuda de un homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento, mejorando en si la consistencia de los productos, obteniendo características óptimas y mejorando la calidad del mismo.

CAPITULO I

1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE PRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes.

Uno de los procesos más importantes en la industria química, es obtener un mejor mezclado y homogenizado en los productos químicos fabricados en el sector farmacéutico para ofrecer productos de alta calidad y efectividad que cumplan su función en el tratamiento de los pacientes que lo utilizan.

El mezclador de cizalla o alto cizallamiento es una de las últimas evoluciones del mezclador o agitador convencional, es un equipo que realiza: la dispersión de sólidos en líquidos, emulsiona líquidos inmiscibles, rompe sólidos y aglomerados, y otras aplicaciones que los agitadores no logran cumplir. Una de las características que hacen al mezclador de cizalla diferente del tradicional mezclador-agitador de velocidad baja a moderada, es el uso de motores de alta velocidad [2].

El mezclador es de alta velocidad y proporciona un grado muy alto de cizalla y un bajo nivel de bombeo y circulación. Se produce cizallamiento a través de una combinación de fuerzas hidráulicas. En el cabezal de trabajo se produce fuerzas mecánicas donde las partículas se dividen al contactar con los bordes del conjunto rotor-estator y se ven obligados a pasar a través de las ranuras, puertos o de los orificios del estator. El uso de un mezclador en las industrias es esencial para el desarrollo de los procesos de producción por lotes.

1.2 Justificación.

Un homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento, no solo mezcla las partículas, sino que también, emulsiona, homogeniza, solubiliza, suspende, dispersa y desintegra partículas sólidas. Este no es un mezclador convencional, es un sistema moderno, que reduce tiempos de procesamiento, a más de mejorar la calidad de los productos terminados, así mismo mejorando la consistencia y la eficacia de producto requerido.

Lo que se pretende es diseñar y construir una maquina homogeneizadora tipo inmersión de alto cizallamiento para facilitar una versatilidad en todos los procesos de mezclado, para la elaboración de productos farmacéuticos que la empresa beneficiaria viene realizando. Además, al construir el equipo evitamos la importaciones del mismo ahorrando gastos para su adquisición.

Con este desarrollo se buscará mejorar la calidad y consistencia de los productos elaborados. Además, con esto elevar la eficiencia de producción y sustituir los métodos tradicionales de elaboración, aumentando el nivel de competitividad y elevándose un 60% en la producción, obteniendo mejores rendimientos y mayores beneficios para la empresa “FORMALAB”.

1.3 Situación Problemática.

En todos los procesos industriales químicos desarrollados en la ciudad de Cuenca en el sector farmacéutico y cosmético, para la elaboración de medicamentos como: Cremas, Lociones, Ungüentos, Bálsamos, Suspensiones, Jarabes, Geles, Enjuagues, Fórmulas magistrales. El proceso de mezclado de sustancias se realiza de manera no automatizada, llevando este tipo de procesos a permanecer clasificados dentro de los procesos de forma “Artesanal” esto se debe fundamentalmente a la falta de maquinaria, y al limitado mercado de máquinas para la elaboración de este tipo de productos, en consecuencia, al realizar de forma artesanal se incrementan los tiempos de producción por consiguiente el precio de los productos es elevado.

La forma artesanal con la que se vienen desarrollando todos estos productos ha sido un problema en esta institución al no obtener productos de buena consistencia, a más de la mano de obra extra que se requiere y los aumentos de tiempos en los desarrollos de dichos productos. Es por eso que se pretende optimizar estos procesos de manufactura con la ayuda de un Homogeneizador por Inmersión de Alto Cizallamiento, mejorando la consistencia y calidad de los productos y reduciendo los costos de elaboración.

Si la empresa opta por comprar este equipo tendría inconvenientes como: La importación de la maquinaria, elevados costos, las entregas de maquinaria y quizás no contar con las garantías de fabricación, mantenimiento, etc.

1.4 Formulación del Problema.

La empresa FORMALAB presenta procesos con bajo nivel de tecnificación para la elaboración de estos productos químicos mencionados anteriormente, mientras que con este equipo se tendrá mejores características y estándares que se definen y controlan la calidad de los productos como: consistencia, mezclado de las partículas y solubilidad entre otras. Resolver el problema de la calidad para obtener mejores resultados en la producción representa una necesidad imperiosa de la industria farmacéutica del país.

1.5 Hipótesis.

Si se tiene el diseño del Homogeneizador se podrá construirlo de acuerdo a los requerimientos necesarios para la preparación de productos químicos, farmacéuticos y cosméticos, para que procese la materia prima con un óptimo mezclado a fin de obtener productos terminados con una consistencia mejorada.

1.6 Definición de Variables.

Variables de Entrada (Variables Independientes):

- Revoluciones.
- Potencia.
- Torque.
- Dimensiones.
- Cabezales de Trabajo.

Variables de Salida (Indicadores):

- Combinar.
- Emulsionar.
- Homogenización.
- Solubilidad.
- Reducción de tamaños de partícula.
- Tiempo de Mezclado.

1.7 Objetivo General.

Diseñar y Construir un homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento, para la Empresa “FORMALAB”.

1.8 Objetivos Específicos.

- Analizar la situación actual de Producción de: Cremas, Lociones, Ungüentos, Bálsamos, Suspensiones, Cápsulas, Geles, Enjuagues, etc.
- Elaborar el estudio del arte de los Homogeneizadores.
- Diseñar el homogeneizador para la Empresa FORMALAB.
- Construir el Homogeneizador: Procedimientos, Tratamientos, Ensamblajes, Mantenimientos, etc.
- Pruebas del equipo.

1.9 Marco Teórico.

1.9.1 Antecedentes del Problema.

En base a una entrevista realizada al Dr. Juan Carlos Torres, Director Técnico de la Empresa FORMALAB, quien opinó acerca de la importancia del homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento, se presenta a continuación alguna de las ideas mencionadas por él.

- El sistema de alto cizallamiento permite obtener mejores emulsiones en cuanto a estabilidad y apariencia se refiere.
- Los distintos laboratorios farmacéuticos que operan en la localidad y en el país, se dedican a preparar distintos productos para pacientes que presentan una diversidad de patologías crónicas y sobre todo necesitan utilizar estos productos para uso externo en gran volumen, como por ejemplo aquellos que padecen psoriasis.
- Normalmente una crema viene en presentaciones de máximo 200 gramos, mismas que son utilizadas en la gran mayoría para tratar afecciones de psoriasis,

sin embargo, existen otros casos de patologías similares en las que se requieren volúmenes de hasta dos kilogramos.

La empresa “FORMALAB” elabora distintos productos, principalmente para las siguientes instituciones:

- Hospital Monte Sinaí desde hace casi trece años,
- Hospital Vicente Corral Moscoso.
- Hospital de Río.
- Clínica Santa Inés.
- Clínica Santa Ana.

Una ventaja que se aspira tener con la utilización de un homogeneizador, radica en la mejora de la calidad y la disminución de los tiempos de producción.

1.9.2 Mezclador de Inmersión de Alto Cizallamiento.

Un mezclador de inmersión de alto cizallamiento no sólo mezcla, sino que también emulsiona, homogeniza, solubiliza, suspende, dispersa y desintegra sólidos. Cada mezclador, con su rotor/estator, tiene un rendimiento mejor que los mezcladores convencionales, reduciendo tiempos de procesamiento hasta en un 90%, mejorando la calidad, consistencia de la mezcla y eficacia del procedimiento.

Un mezclador de inmersión de alto cizallamiento:

- Procesa de 5 a 30.000 litros.
- Elimina aglomerados.
- Produce emulsiones y suspensiones estables.
- Reduce el tamaño de partícula.
- Disuelve rápidamente los sólidos.
- Acelera las reacciones [3].

1.9.3 Procesos que Realizan los Homogeneizadores de Alto Cizallamiento.

1.9.3.1 Combinación.

Cuando se combinan líquidos fáciles de mezclar o de viscosidades similares, un agitador dará resultados satisfactorios. Pero donde existe una diferencia de viscosidades bastante significativa entre los dos líquidos, un agitador tiende a mover los dos líquidos alrededor sin realmente mezclarlos y puede llevar mucho tiempo hasta que se consiga una combinación de los líquidos uniforme.

Con un homogeneizador de alto cizallamiento, la acción de mezclado del rotor/estator atrae los líquidos al cabezal donde se combinan rápidamente antes de salir a través del estator y proyectados de regreso al depósito, los líquidos se combinan casi instantáneamente.

1.9.3.2 Emulsificación.

La clave para crear una emulsión estable es obtener el tamaño más pequeño de glóbulo posible. Cuanta más energía de cizallamiento se introduce en la mezcla, más se reducen las gotitas suspendidas, así creando una emulsión fina estable.

El diseño del rotor/estator de alto cizallamiento está hecho idealmente para esta aplicación y puede alcanzar fácilmente emulsiones con un tamaño de gotita de 2 a 5 micrones. Se pueden obtener emulsiones más finas dependiendo de la formulación.

1.9.3.3 Homogenización.

Los homogeneizadores se aplican en muchos campos, en las industrias de alimentación, química y farmacéutica, en su mayoría en la preparación de emulsiones.

La homogeneización de muchos productos se puede realizar con un mezclador de alto cizallamiento. En la mayoría de los casos el tamaño fino de la partícula obtenida con radio de 0.5 a 5 micrones, cumple con los requisitos del proceso.

1.9.3.4 Disolución.

Los Homogeneizadores solubilizan una amplia variedad de materiales, desde azúcares y sales en la industria alimentaria, gomas y polímeros en las industrias química y petroquímica. Esto se logra porque la alta velocidad de rotación del rotor extrae el líquido y los materiales sólidos van hacia arriba dentro del cabezal, donde son sometidos a intenso cizallamiento en los agujeros entre el rotor y el estator antes de ser expulsados hacia afuera a través del estator.

1.9.3.5 Desaglomeración.

Cuando se introducen polvos a los líquidos se forman grumos que los agitadores convencionales no pueden desaglomerar fácilmente. La acción de alto cizallamiento del cabezal de trabajo rotor/estator rápidamente dispersa los grumos.

1.9.3.6 Reducción del Tamaño de la Partícula.

La acción del cabezal de trabajo rotor/estator desintegra uniformemente los materiales sólidos y semi-sólidos a un tamaño bajo de micrón en una operación.

1.10 Beneficiario¹.


Para establecer este subcapítulo, se ha utilizado de manera directa la información obtenida en la empresa FORMALAB, misma que a continuación se presenta.

1.10.1 Datos del Beneficiario.

En la tabla 1.1 se presenta los datos generales de la empresa, de la que se tomará los datos de partida para el diseño de máquina de homogeneización.

¹ Información proporcionada por la Empresa Beneficiaria.

Tabla 1.1 Datos Generales de la Empresa.

	
Nombre:	“FORMALAB”
Forma legal:	Empresa Privada.
Representante legal:	Dr. Juan Carlos Torres
Actividad:	Elaboración de varios tipos de Formas farmacéuticas, fórmulas magistrales, dependiendo de la necesidad del paciente y/o médico, tanto productos para Vía Oral y como uso externo.
Dirección:	Federico Malo 1-90 y Av. 12 de Abril
Zona división sector:	Parque de la Madre (Bajos edif. Cámara de Comercio)
Provincia:	Azuay
Ciudad:	Cuenca
Correo electrónico:	sfmagistral@hotmail.com
Nº Teléfono:	(593) 07 2833-430

Fuente: Formalab. **Adaptado:** Autores

1.10.2 Historia.

El fundador, el Dr. Juan Carlos Torres Plaza, tuvo sus inicios en el año 2001 trabajando en la Botica Olmedo. En el año 2011 completamente independiente se adquiere una Farmacia “FORMALAB” y ya en el año 2014 dentro de la Farmacia se implementó el laboratorio con todos los requerimientos que exige la norma del ARCSA. (Fig.1.1)



Figura 1.1 Empresa FORMALAB. **Fuente:** Autores.

1.10.3 Misión.

“FORMALAB es una Empresa dedicada a la elaboración de Formulación Magistral, preparamos medicamentos individualizados destinados a un paciente en particular para cumplir expresamente una prescripción facultativa detallada de los principios activos según las normas de elaboración y control de calidad establecida para el efecto. De esta manera cubrimos los nichos que la industria farmacéutica ha dejado y que los doctores prescriben a sus pacientes.”

1.10.4 Visión.

“Nuestra proyección a mediano y largo plazo es tecnificar la Farmacia para optimizar recursos humanos y tiempo logrando así expandir nuestros servicios a otras localidades, dentro y fuera de la ciudad.”

1.10.5 Ubicación.

La Empresa “FORMALAB” se encuentra ubicada al sur del territorio ecuatoriano, en la provincia del Azuay, con su ubicación sector parque de la madre, en la Av. Federico Malo 1-90 y Av. 12 de abril. Bajos del edificio Cámara de Comercio. (Fig.1.2)



Figura 1.2 Ubicación de la Empresa. **Fuente:** Google Maps.

1.10.6 Actividad Principal.

La actividad principal está encaminada en la elaboración de varios tipos de formas farmacéuticas, fórmulas magistrales, dependiendo de la necesidad del paciente y/o médico. Los productos son para:

- **Uso Oral.**

Suspensiones, Jarabes, Cápsulas, Geles, Enjuagues, Fraccionamiento de dosis en capsulas, etc.

- **Uso Externo.**

Cremas (w/o y o/w), Lociones, Ungüentos.

1.10.7 Especialidades.

Dermatología, Estomatología, Gastroenterología, Ginecología, Neurología, Psiquiatría, Nutrición, Oftalmología, Otorrinolaringología, Pediatría, Podología, Diabetología, Endocrinología, Nefrología.

1.10.8 Productos Elaborados por la Empresa.

Suspensiones, Cápsulas, Geles, Enjuagues, Cremas (w/o y o/w), Lociones, Ungüentos, Bálsamos, etc.

1.11 Definición de las Sustancias Procesadas para el Mezclado.

1.11.1 Cremas.

Las cremas y fluidos cosméticos se componen principalmente de agua o grasa. Pero, además, contienen otros ingredientes que le proporcionan textura, olor o color. Eso no es todo, tienen estabilizadores, antioxidantes, conservadores y, por supuesto, los principios activos que determinan su finalidad y propósito [4].

Una diferencia entre la crema y la pomada (Fig.1.3) es que la pomada fluye con dificultad y las cremas fluyen fácilmente, además las pomadas son siempre monofásicas.



Figura 1.3 Crema y Pomada. **Fuente:** [5]

1.11.1.1 Clasificación.

- **Hidrófobas (Emulsiones W/O Agua en Aceite).**

La fase continúa o externa es la fase lipofílica debido a la presencia en su composición de tensoactivos tipo W/O (Water/Oil).

- **Hidrófilas (Emulsiones O/W Aceite en Agua).**

La fase externa es de naturaleza acuosa debido a la presencia en su composición de tensoactivos tipo O/W (Oil/Water), tales como jabones sódicos o de alcoholes grasos sulfatados y polisorbatos, a veces combinados en proporciones convenientes con tensoactivos tipo W/O.

1.11.1.2 Características.

- Buena tolerancia (no irritación).
- Inercia frente al principio activo (compatibilidad física y química).
- Estabilidad frente a factores ambientales para garantizar su conservación

- Consistencia conveniente.
- Capacidad para incorporar sustancias solubles en agua y en aceite
- Capacidad para actuar en piel grasa o seca
- Facilidad para transferir rápidamente a la piel las sustancias activas.
- No deshidratar, ni desengrasar la piel [5].

1.11.1.3 Compuestos que Contienen.

Generalmente las cremas y fluidos contienen:

- **Emulgentes:** Necesarios para unir grasa y líquidos.
- **Antioxidantes:** Impiden su deterioro cuando entra en contacto con el aire.
- **Gelificantes:** Que dan textura y cremosidad.
- **Conservadores:** Que impiden que se deterioren con el paso del tiempo, y que conserven la fórmula inalterable mientras llega su fecha de caducidad.
Bactericidas: Cuya función es evitar que se formen hongos, sobre todo cuando se usan activos naturales [5].

1.11.2 Lociones.

Son dispersiones líquidas con sólidos finamente divididos mantenidos en suspensión con ayuda de tensoactivos y espesantes. Algunas veces son emulsiones de aceite en agua.

1.11.2.1 Tipos de Soluciones.

- **Colodiones:** Son soluciones transparentes que contienen como vehículo colodión flexible.
- **Linimentos:** Son soluciones algo densas y grasientas utilizadas para mejorar la circulación regional al aplicarse por fricción o masaje.

- **Jarabes.**

Son preparados líquidos, en forma de solución no espumosa donde el o los principios activos se encuentran disueltos en un vehículo acuoso. Son transparentes, no obstante presentarse espesos, con una densidad superior a la del agua.

- **Edulcorantes y Saborizantes.**

Son sustancias agregadas llamadas esencias o aceites esenciales, que por su carácter lipófilo no se incorporan directamente en el agua, sino que se disuelven, en algunas ocasiones, previamente, con una cantidad apropiada de alcohol.

- **Colorantes.**

Se encuentran disueltos totalmente en el jarabe y son fácilmente solubilizados en el agua.

- **Preservativos o Conservadores.**

Su presencia en el jarabe es imprescindible, para evitar burbujas y lamas en la superficie, que no es otra cosa que contaminación con microorganismos. Debemos asegurarnos que se encuentren en la proporción óptima y totalmente solubilizados [6].

1.11.3 Ungüentos.

Son preparaciones homogéneas y semisólidas destinadas a la aplicación externa sobre la piel o las mucosas. Se formulan utilizando bases hidrófobas, hidrófilas o hidroemulsificantes [7].

1.11.4 Emulsiones.

Son formas farmacéuticas líquidas formadas por uno o más principios activos de naturaleza oleosa dispersos de manera uniforme en un vehículo líquido apropiado. Se

administran por vía oral dosificadas volumétricamente. Se selecciona esta forma farmacéutica cuando se busca la absorción de una sustancia oleosa o bien simplemente para lograr mayor aceptación de los pacientes.

Las emulsiones como sistemas dispersos son termodinámicamente inestables. En reposo las fases tienden a separarse, por lo que deben reconstituirse mediante agitación.

1.11.5 Suspensiones.

Son formas farmacéuticas constituidas por uno o más principios activos insolubles o poco solubles dispersos de manera homogénea en un vehículo apropiado de consistencia líquida y viscosidad variable. Las suspensiones comprenden medicamentos para la ingestión oral, gotas nasales y oftálmicas, inyectables, lociones y geles; hay para uso humano, veterinario y para la sanidad vegetal [6].

1.12 Datos y Requerimientos de Diseño.

Para el diseño de la maquina se debe conocer las sustancias, los volúmenes las viscosidades la cantidad además el espacio donde va ser ubicado el equipo.

Con este diseño y construcción de un homogeneizador de alto cizallamiento por inmersión se buscara suplir las necesidades planteadas, en los productos; farmacéuticos y cosméticos .Con este desarrollo se buscara mejorar la calidad, la consistencia de los productos y capacidad de la producción, de los productos enfocados a la salud, y a la apariencia de las persona, sustituyendo los métodos tradicionales de elaboración, elevando el nivel de competitividad en las industrias, reduciendo tiempos y aumentando la producción en un 60 %, obteniendo mejores rendimientos y mayores beneficios en el proceso de producción.

1.12.1 Parámetros de los Compuestos Químicos.

Se analizan algunos componentes químicos para obtener datos como: tamaños de glóbulos, distribución de glóbulos, características de los componentes, valores de consistencia etc. Se analizó los productos más utilizados para tomar referencia las mediciones más bajas y altas de los glóbulos, con estas medidas se podrá determinar algunos parámetros necesarios para el diseño del equipo.

1.12.1.1 Distribución de las Emulsiones.

Sistema heterogéneo constituido por dos líquidos inmiscibles, uno de los cuales está disperso en el seno del otro en forma de finas gotas o glóbulos. (Fig.1.4).

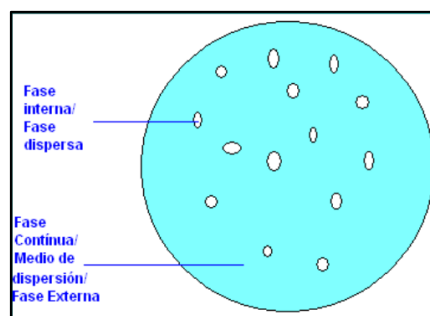


Figura 1.4 Emulsión. Fuente: [8]

- **Tamaño de Glóbulos.**

En la tabla 1.2 se presenta los tamaños de los glóbulos con su característica apariencia.

Tabla 1.2 Tamaño de los Glóbulos.

Tamaño de Glóbulos	Apariencia
Macro glóbulos	Dos Fases diferenciales
Mayor de 1u	Blanco Lechosos
1u a aprox 0.1 um	Blanco Azulado
0.1 um a 0.05 um	Gris semitransparente
0.05 u o menor	Transparente

Fuente: [8] Adaptado: Autores.

- **Distribución de Tamaño de Glóbulos.**

En la figura 1.5, se observa una imagen microscópica de la distribución de los glóbulos de una mezcla. En la figura 1.6 se muestra como se distribuyen los glóbulos respecto al diámetro y en la figura 1.7 se presenta la cantidad de glóbulos en una muestra, con una máxima opacidad de 0.4.

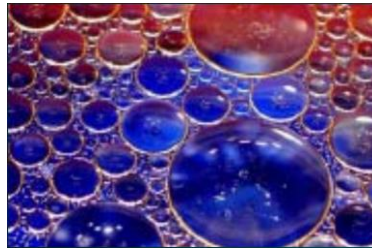


Figura 1.5 Distribución de glóbulos. **Fuente:** [8]

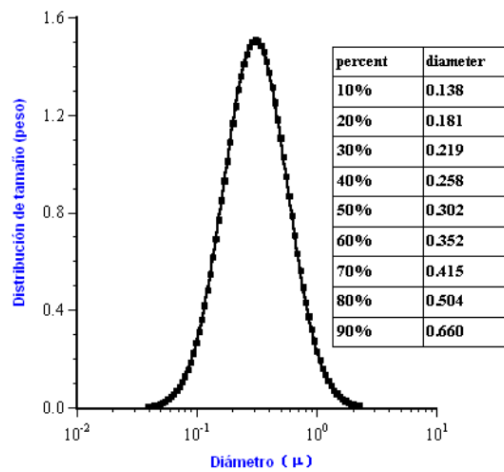


Figura 1.6 Distribución de tamaños de glóbulos. **Fuente:** [8]

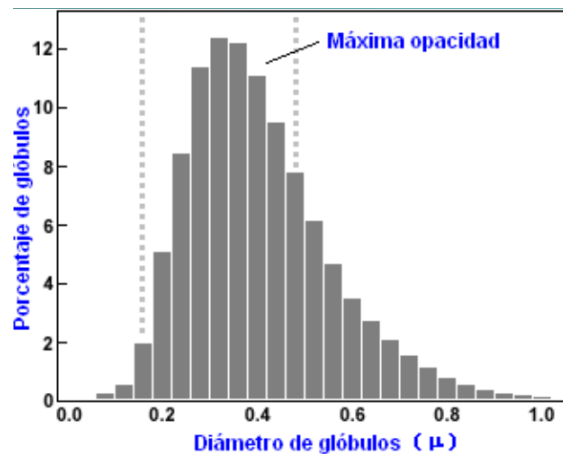


Figura 1.7 Diámetro de Glóbulos. **Fuente:** [8]

1.12.2 Viscosidad.

La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción.

Fluidos Newtonianos: Estos fluidos son los gases, la mayoría de los líquidos simples y los metales fundidos. Carecen de forma propia y adapta la forma del recipiente que lo contiene.

Fluidos No-Newtonianos: Son fluidos cuya viscosidad varía con el gradiente de tensión, es decir, se deforma en la dirección de la fuerza aplicada. (Fig.1.8).

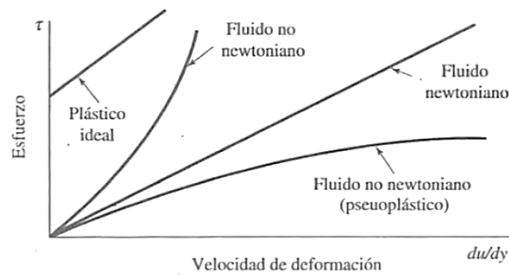


Figura 1.8 Fluidos newtonianos y no newtonianos. **Fuente:** [8]

- **Curva de Flujo de Varias Sustancias.**

En la figura 1.9 se presenta el esfuerzo de cizallamiento respecto a la velocidad de cizalla de varias sustancias: A, Líquido newtoniano; B, Sustancias Bingham; C, sustancias Bingham con tixotropía; D, material pseudoplasmático; E, material pseudoplasmático con tixotropía; F, sustancia dilatante.

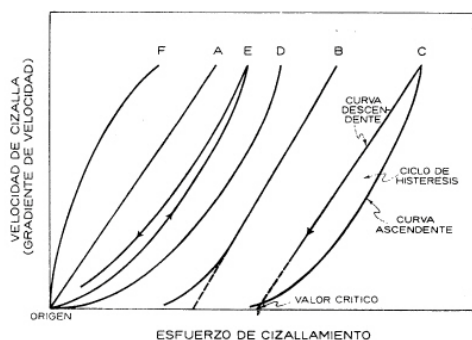


Figura 1.9 Curva de flujo característico de varias sustancias. **Fuente:** [8]

1.12.3 Velocidad de Deformación o Cizallamiento.

El cizallamiento ejercido sobre el material es relacionado con la velocidad relativa de movimiento y la distancia entre el rotor y el estator a una velocidad, v , dada, mayor esfuerzo se requiere en una unidad de material cuando las distancias entre estos dos están más cercanas. La medida específica de este trabajo por unidad de material es llamada velocidad o tasa de deformación o corte, y es definida como la velocidad relativa dividida por la distancia entre el rotor y estator [9].

En la tabla 1.3 se presentan algunos valores de velocidad de cizalla característica para varios procesos.

Tabla 1.3 Velocidades de Cizalla.

PROCESO	$\dot{\gamma} \text{ s}^{-1}$	PRODUCTO
Sedimentación de polvo fino	10^{-6} - 10^{-4}	pinturas, medicamentos
Esparcimiento	10^{-2} - 10^{-1}	pinturas, tintas Drenaje
Drenaje	10^{-1} - 10^{-1}	pinturas, productos wc
Extrusión	10^0 - 10^2	polímeros
Masticación, deglución	10^1 - 10^2	productos alimenticios
Enducción por hundimiento	10^1 - 10^2	pinturas, confites
Agitación, mezclado	10^1 - 10^3	líquidos industriales
Bombeo, flujo en tubería	10^0 - 10^3	líquidos
Atomización, brochazo	10^3 - 10^4	pinturas, asfalto
Incorporación de pigmentos	10^3 - 10^5	pinturas, tintas
Aplicación por frotación	10^4 - 10^5	cremas, lociones
Recubrimiento de papel	10^5 - 10^6	salsas de recubrimiento
Lubricación	10^3 - 10^7	aceites

Fuente: [9] Adaptado: Autores

1.12.4 Comportamiento Reológico.

Las emulsiones o suspensiones presentan a menudo un comportamiento pseudoplástico. Tal comportamiento se caracteriza por una disminución de la viscosidad a medida que el cizallamiento aumenta. Desde el punto de vista físico esto significa que la resistencia a fluir disminuye cuando la velocidad de derrame aumenta.

1.12.5 Antecedentes de Producción.

En el Ecuador, los laboratorios farmacéuticos nacionales y transnacionales con planta de producción, importan la materia prima, en este caso, para los productos elaborados en la mayoría de laboratorios como cremas, ungüentos, geles entre otros. Para la elaboración de productos se necesitan de materia prima que se puede obtener dentro del país y otras que necesariamente hay que importarlas. Las materias primas son los principios activos y los excipientes que conforman un medicamento.

Las materias primas vienen en forma de polvo, contenido en bolsas plásticas gruesas y éstas dentro de cuñetes de cartón o envases metálicos. Las formas líquidas vienen, en general, en tambores plásticos de los cuales algunos son retornados al distribuidor. Las filiales ecuatorianas de empresas transnacionales, en tanto, traen el producto elaborado o semielaborado desde sus casas matrices u otras filiales [10].

1.12.5.1 Procesos de Elaboración de los Productos.

- **Pesada de las materias primas.**

Las materias primas deberán ser cuantificadas acorde a la fórmula del producto a elaborar. Deberán pesarse en recipientes limpios, balanzas validadas y acordes al peso a determinar. Tomar las debidas precauciones para evitar contaminación cruzada durante la pesada. Luego de efectuada la pesada, deberán cerrarse y reposicionarse todos los contenedores de las materias primas para evitar cualquier riesgo de alteración.

- **Elaboración.**

Los principales riesgos a lo largo de la elaboración de estas formas farmacéuticas son la contaminación cruzada y sobre todo la contaminación que puede ser aportada por el agua utilizada, o la exposición sin precaución de la preparación en el ambiente. Antes de comenzar una nueva elaboración debe controlarse que los elementos se encuentren limpios.

- **Conservadores**

Para la mayoría de productos se deberán agregárseles preservantes o conservadores para proteger al producto de los cambios que podrían ser originados por el crecimiento de microorganismos durante la elaboración, almacenaje y manipulación del usuario [10].

1.12.5.2 Procesos de Producción.

A nivel mundial, la industria farmacéutica utiliza complejos procesos y tecnologías en la manufactura de productos farmacéuticos. Estos se pueden resumir en cinco tipos de procesos, los cuales son:

- Investigación y desarrollo.
- Síntesis química.
- Extracción de productos naturales.
- Fermentación.
- Formulación.

El proceso de formulación consiste en la mezcla de compuestos ya sintetizados para formar un producto específico. Todas las industrias de laboratorios farmacéuticos deben cumplir con lo establecido en las Normas GMP (Buenas Prácticas de Manufactura) de la OMS (Organización Mundial de la Salud) y los laboratorios de control de calidad las Normas GLP (Buenas Prácticas de Laboratorio) [10].

1.13 Flujo de Producción.

A continuación, realizaremos un diagrama de flujo de producción de las lociones y cremas en la (fig. 1.10), hemos tomado como referencia estos dos tipos de productos de mayor elaboración en la empresa.

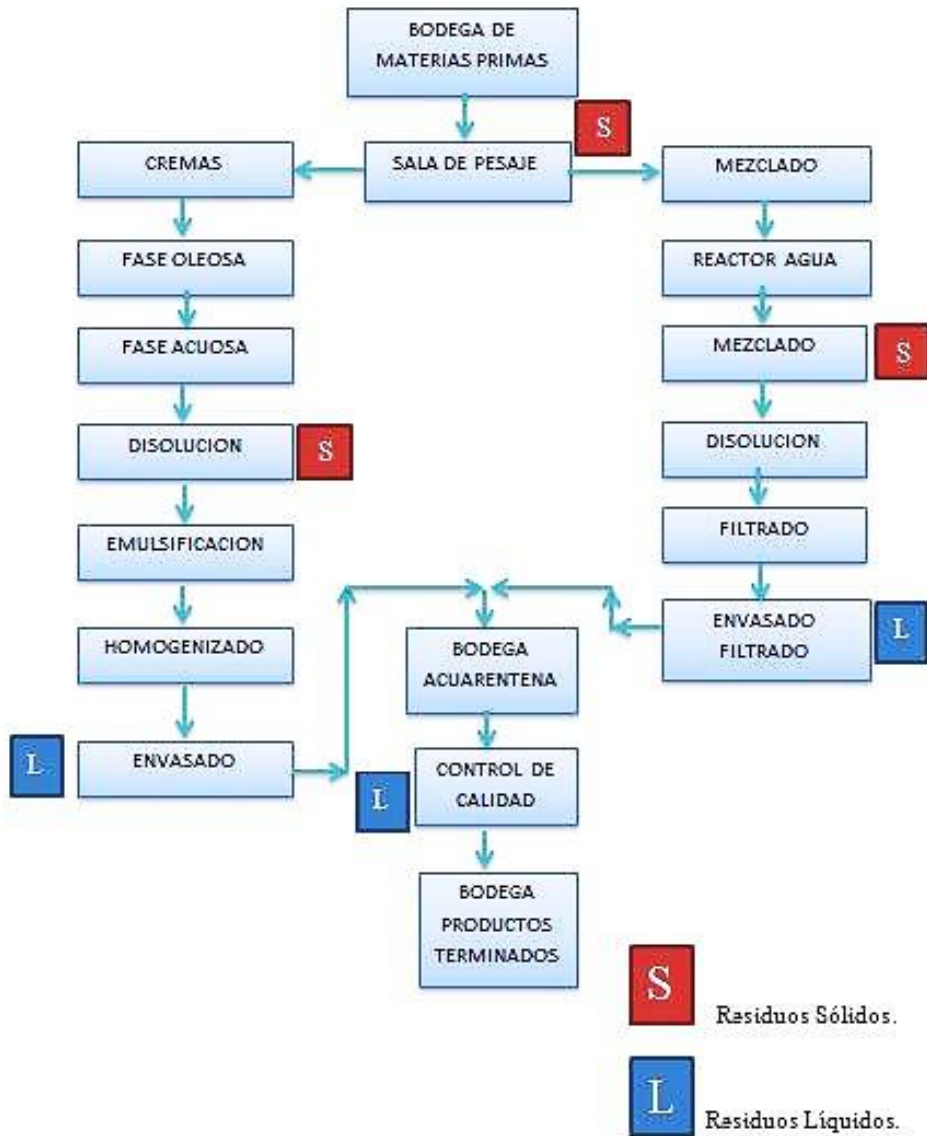


Figura 1.10 Diagrama de flujo de producción. Fuente: Autores.

CAPITULO II

2. ESTUDIO DEL ARTE DE LOS HOMOGENIEZADORES.

2.1 Historia del Mezclador.

Los inventores del primer modelo de mezclador de alta cizalla son de origen estadounidense (California) y se detallan a continuación en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Referencia de la patente.

Número de publicación:	USD 352724 S
Tipo de publicación	De subvención
Número de solicitud	US 29/011522
Fecha de publicación	22 de noviembre 1994
Fecha de presentación	05 de agosto 1993
Inventores	John J. Corrigan, Robert M. Culbert
Cesionario original	Morehouse-Cowles, Inc. corporación CA.

Fuente: [11] **Adaptado:** Autores.

2.2 Descripción del Mezclador de Cizalla.

Los mezcladores industriales se utilizan para mezclar diversos productos tales como adhesivos, revestimientos, cosméticos, alimentos, productos farmacéuticos, etc. Dependiendo de los requisitos de procesamiento, mezcladores / emulsionantes pueden estar dispuestos como un "lote" mezclador o una "línea" en mezclador. En cualquier caso, las altas velocidades de rotación de un rotor-estator producen fuerzas de cizallamiento mecánicas e hidráulicas, tal que el material se extrae axialmente en el conjunto de rotor-estator y se dispersa radialmente hacia fuera desde el conjunto de rotor-estator [11].

En la figura 2.1. Observamos un esquema del homogeneizador que consta de una estructura, soporte del motor, el motor y el sistema rotor-estator (cabezal de trabajo) que es el encargado de realizar la mezcla de los productos.

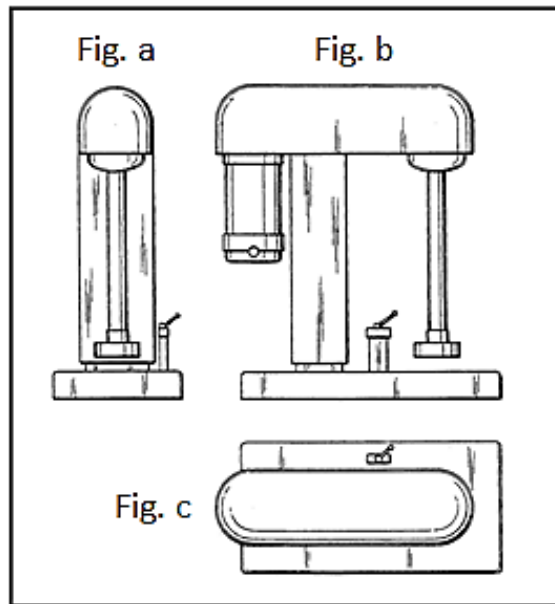


Figura 2.1 Modelo de Mezclador de cizalla. **Fuente:** [11] **Adaptado:** Autores.

La figura. a. es una vista frontal del mezclador de alta cizalla.

La figura. b. es una vista lateral derecha de la mezcladora de alta cizalla.

La figura. c. es una vista en planta superior del mismo.

2.3 Inventores del Primer Modelo Rotor y Estator (Cabezal de Trabajo).

Los inventores del primer modelo del cabezal de trabajo para los mezcladores son de procedencia estadounidense y son los siguientes.

- Edward T. Bosch, Hicksville.
- Kenneth D. Langhorn, Holtsville.
- Douglas M. Cohen, Commack.

Fecha de Presentación: 22 de marzo 1999

Fecha de Publicación: 05 de junio 2001

2.4 Descripción del Conjunto Rotor-Estator.

Los cabezales de trabajo constan de un conjunto rotor-estator, los cuales ya sea el rotor o el estator, incluye al menos una superficie que tiene una determinada cantidad de

ranuras que definen una pluralidad de crestas y valles. En dichas ranuras las partículas chocan con el estator por efecto giratorio del rotor. Las ranuras tienen una sección transversal curva de modo que el material es obligado a girar en las ranuras.

Las partículas que se envuelven en las ranuras de estator chocan con las partículas envueltas en una ranura del rotor y viceversa. Cuando el rotor gira, todo el material es forzado a través de todas las zonas de cizallamiento. El número de veces que las partículas son obligadas a colisionar depende del número y longitud de las ranuras en relación con la profundidad de las ranuras. (Fig. 2.2 y 2.3)

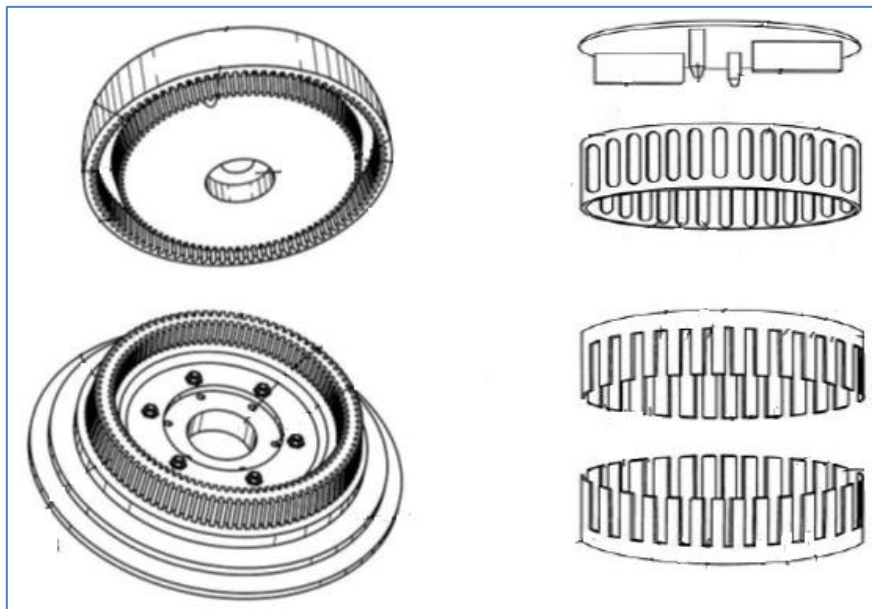


Figura 2.2 Despiece y perspectiva de modelos de conjunto rotor-estator. **Fuente:** [12]

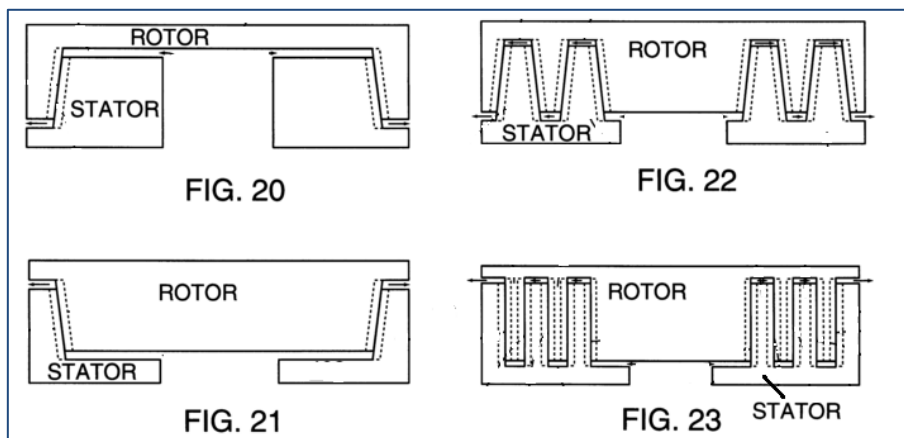


Figura 2.3 Modelos de conjunto rotor-estator, según superficies de cizalla. **Fuente:** [12]

La figura. 20. Zona de cizalla en la superficie externa del estator.

La figura. 21. Zona de cizalladura en la superficie interior del estator.

La figura. 22. Conjunto rotor-estator con cuatro zonas de cizalla.

La figura. 23. Conjunto rotor-estator de cinco zonas de cizalla con ranuras progresivamente más pequeños en cada zona.

2.5 Tipos de Mezcladores Homogeneizadores.

Existe una amplia variedad de tipos de mezcladores homogeneizadores que se los puede dividir en 2 grupos que son:

- Mezcladores en línea.
- Mezcladores por lotes.

2.5.1 Mezcladores en Línea.

Este tipo de mezclador se caracteriza por tener el tanque o depósito de materiales separado de la cámara de mezcla, facilitando así una línea de producción alta reduciendo los tiempos de procesos hasta un 90% comparada con otros mezcladores convencionales, Cuando el producto tiene una viscosidad baja, el mezclador en línea puede bombear el producto sin una bomba adicional, realizando una sola pasada (como A), pero cuando se requiere procesar productos de alta viscosidad con varias recirculaciones para obtener producto muy fino (como B) se requiere de una bomba adicional.(Fig. 2.4)

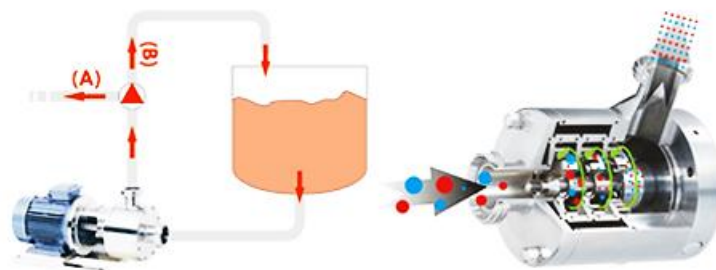


Figura 2.4 Mezclador en línea. Fuente: [13]

Existen mezcladores en línea modernos, capaces de procesar productos de alta viscosidad gracias a un diseño único e innovador de “rotor bombeador” que aumenta sustancialmente la capacidad de estos mezcladores en comparación con los mezcladores en línea estándar, eliminando la necesidad de una bomba de alimentación adicional.

2.5.2 Mezcladores por Lote.

Los mezcladores por lotes se caracterizan por realizar el proceso de mezclado con el cabezal de trabajo sumergido dentro del recipiente, tienen un sistema de elevación (hidráulico, eléctrico o mecánico) que permite el seguro ingreso y retiro del recipiente. A continuación, se detallan algunos de los tipos de Mezcladores Homogeneizadores por Lote:

2.5.2.1 Mezcladores de inmersión con propósitos Múltiples.

Estos mezcladores tienen la flexibilidad de ser montados en suelos hidráulicos y móviles de construcción, permitiéndoles ser movidos de recipiente a recipiente para procesos de múltiples etapas. Cada máquina utiliza un cabezal rotor/estator especial intercambiable. (Fig. 2.5)



Figura 2.5 Mezclador de inmersión. **Fuente:** [14]

2.5.2.2 Mezcladores de Laboratorio.

La unidad de mezclado puede ser elevada y bajada sin esfuerzo alguno por medio del control, lo cual ofrece mayor limpieza y fiabilidad.

Son modelos de poca capacidad de producción (desde 1ml hasta 12 litros) esenciales para experimentos y pruebas de laboratorio. Cuando se aumenta a una escala de producción completa estos equipos ofrecen una excelente reproducibilidad proporcionando una mezcla en línea con caudales de hasta 20 litros/minuto. (Fig. 2.6)



Figura 2.6 Mezclador de laboratorio. **Fuente:** [14]

2.5.2.3 Mezcladores de Aire Comprimido (L2/Air)

Cumple la misma función de los mezcladores de laboratorio a diferencia que se acciona por medio de un motor de aire comprimido intrínsecamente seguro y acepta cualquier acoplamiento de los cabezales de trabajo de los mezcladores de laboratorio. Su capacidad de producción es de 1ml hasta 12 litros. (Fig. 2.7)



Figura 2.7 Mezclador de aire comprimido. **Fuente:** [14]

2.5.2.4 Mezcladores con Unidad Sellada.

Consta de una unidad sellada que está diseñada para trabajar con materiales esterilizados donde se debe evitar todo tipo de contaminación transmitida por el aire. Además, tienen componentes adicionales que permiten trabajar al vacío. Son mezcladores de baja escala de producción. La capacidad es desde 1 ml hasta 5 litros. (Fig. 2.8)



Figura 2.8 Mezclador con unidad sellada. **Fuente:** [14]

2.5.2.5 Homogeneizadores Ultrasónicos.

La energía ultrasónica es un medio eficaz y eficiente para aplicar alto cizallamiento y romper aglomerados de mezclas de polvo/líquido o líquido/líquido, produciendo un producto final muy fino y de tamaño uniforme. Los homogeneizadores de ultrasonidos de laboratorio pueden utilizarse para volúmenes de 1,5 ml a 2 litros. (Fig. 2.9)



Figura 2.9 Mezclador ultrasónico. **Fuente:** [15]

2.6 Funcionamiento del Mezclador.

- **Fase 1**

El rotor es accionado mediante el motor a altas velocidades. Las cuchillas del rotor generan una potente succión que dirige a los materiales líquidos y sólidos hacia arriba y al centro del cabezal de mezclado.

- **Fase 2**

La fuerza centrífuga conduce los materiales hacia la periferia del cabezal de trabajo donde los materiales se someten a una compresión intensiva en la holgura entre los extremos de las cuchillas del rotor y la pared interna del estator.

- **Fase 3**

Se produce un intenso cizallamiento hidráulico, forzando que los materiales salgan a gran velocidad a través de las aberturas del estator y recirculándolos en el cuerpo principal de la mezcla. Cuando las partículas de los materiales lleguen fuera del estator, tienden a explotar en miles de partículas más pequeños ya que la presión cae bruscamente.

- **Fase 4**

Los materiales salen radialmente a gran velocidad hacia toda el área del depósito de mezclado. Simultáneamente, sigue ingresando el material nuevo hacia el cabezal de trabajo, manteniendo el ciclo de mezclado. El efecto de expulsión radial y succión en el cabezal está establecido por un patrón de circulación que reduce la aireación causada por la turbulencia de la superficie del líquido. (Fig. 2.10)

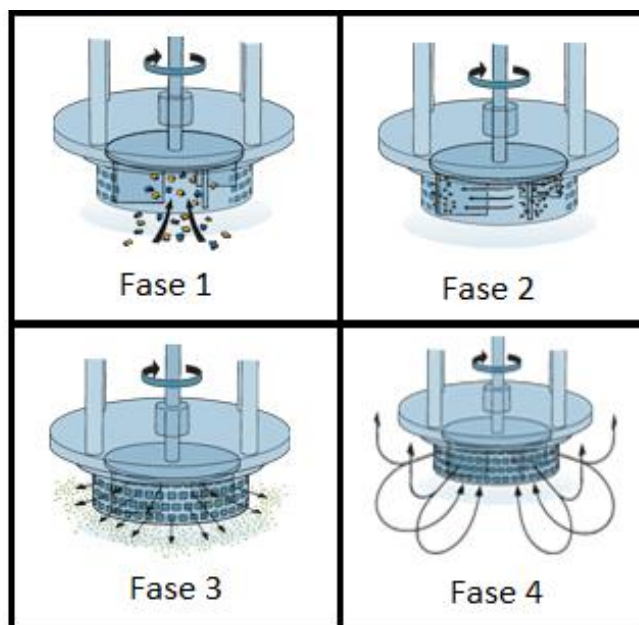


Figura 2.10 Fases de funcionamiento del mezclador. **Fuente:** [16] **Adaptado:** Autores.

2.7 Cabezales de Trabajo.

Existe una gran variedad de cabezales de trabajo de distintas configuraciones con tolerancias internas mínimas que provocan un alto índice de cizallamiento ideales para que los materiales puedan emulsionar, homogeneizar, desintegrar, disolver, dispersar, combinar, reducir partículas y desaglomerar. Los cabezales son diseñados para ser fácilmente intercambiables, esto permite una versatilidad de operaciones de mezclado.

- **Cabezal desintegrador para uso general.**

La función de este dispositivo es dar una intensa acción de mezcla. Es el más versátil de todos los cabezales. Ideal para aplicaciones de mezcla en general, sus usos también incluyen la desintegración de sólidos y la preparación de geles y espesantes, suspensiones, disoluciones y papillas. (Fig. 2.11)



Figura 2.11 Cabezal desintegrador de uso general. **Fuente:** [16]

- **Cabezal desintegrador ranurado.**

Normalmente se utiliza para la desintegración de materiales fibrosos, tales como tejido animal o vegetal, también para materiales sintéticos, tal como minerales, gomas, maderas, fibras, asfaltos, neoprenos caucho butílico, etc. así como la desintegración y solubilización de materiales “elásticos” tales como cauchos y polímeros. (Fig. 2.12)



Figura 2.12 Cabezal desintegrador ranurado. **Fuente:** [16]

- **Malla de alto cizallamiento de agujeros cuadrados.**

Produce índices de cizallamiento excepcionalmente altos, idóneo para dispersar masas de sólidos de tamaños granulares solubles e insolubles. Si el material sólido es soluble, se obtiene una mezcla fina sin la ayuda de calentamiento y si es insoluble, los materiales serán reducidos a una suave pulpa o suspensión.. (Fig. 2.13)



Figura 2.13 Malla de agujeros cuadrados. **Fuente:** [16]

- **Cabezal emulsor estándar y malla emulsora.**

Este tipo de cabezal se utiliza para preparaciones líquido/líquido y son especialmente adecuadas para todas las emulsiones. Se dispone de mallas emulsoras con perforación fina, mediana o gruesa. (Fig. 2.14)



Figura 2.14 Cabezal emulsor estándar y malla emulsora. **Fuente:** [16]

2.8 Motor utilizado en los Homogeneizadores.

2.8.1 Motor Brushless.

Brushless quiere decir "sin escobillas" y es un tipo de motor de corriente directa que en la actualidad ha ganado mucha popularidad en el campo industrial, gracias al desarrollo de nuevos materiales altamente ferromagnéticos que lo conforman. A estos motores se los puede configurar con un variador de frecuencia para conseguir altas prestaciones de velocidad y posicionamiento, entregando un torque en relación al tamaño del motor mayor, lo que hace útil en aplicaciones donde el espacio y el peso son factores a considerar, dadas estas características este tipo de motor son ideales para la construcción del homogeneizador de alto cizallamiento.

2.8.1.1 Partes que Conforman el Motor Brushless

Los motores brushless se componen básicamente de dos partes, una parte móvil y otra fija. En la parte móvil se encuentra el rotor el mismo que contiene los imanes permanentes, (que en la figura 2.15 son de neodimio). Y en la parte fija, se encuentra el estator o carcasa, donde están alojados los bobinados de hilo conductor.

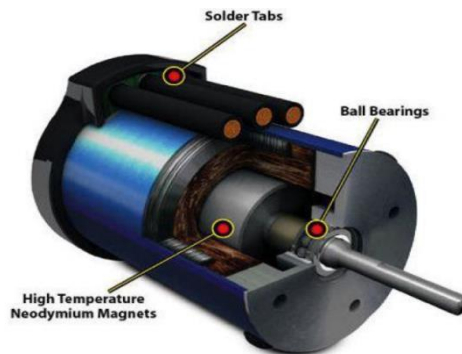


Figura 2.15 Disposición de los bobinados y los imanes permanentes. **Fuente:** [17].

2.8.1.2 Funcionamiento del Motor Brushless.

El principio de funcionamiento de este tipo de motor es similar a los motores síncronos. La corriente eléctrica pasa por las bobinas del estator o carcasa, generando un campo electromagnético el cual interacciona con el campo magnético creado por los imanes

permanentes del rotor fabricado generalmente de ferrita. Esto produce una fuerza que hace girar al rotor y por lo tanto al eje del motor.

Estos motores van asociados por un variador electrónico, elemento que controlará que el rotor gire sea cual sea su posición. El variador envía la tensión de alimentación a las bobinas de forma secuencial para que la corriente que le llegue sea la adecuada y provoque el movimiento de rotación que le corresponde, de este modo, los polos del rotor se mueven conjuntamente según el campo magnético generado por las bobinas. Evidentemente podemos decir que el campo magnético generado por el estator y el campo magnético generado por el rotor, giraran a la misma frecuencia.

Los variadores empleados en los motores brushless tienen una configuración más complicada que los variadores utilizados en motores con escobillas, ya que deben analizar la respuesta y los datos de funcionamiento del motor referente a su punto de operación, es decir, en tiempo real [17].

2.8.1.3 Ventajas y Desventajas del Motor Brushless.

Son muchas las ventajas de los motores brushless, algunas de estas ventajas son:

- Excelente relación velocidad-par motor.
- Alta respuesta dinámica.
- Alta eficiencia.
- Mayor vida útil.
- Menor ruido.
- Alto rango de velocidad.

Además, tienen un tamaño pequeño en relación del torque, ideales para aplicaciones donde se requiera un espacio reducido. Estos motores son tan eficaces que prácticamente presentan dos desventajas que son:

- Tienen un mayor costo.
- Requieren un control más complejo.

En la Tabla 2.2 podemos ver una comparación entre motor brushless (sin escobillas) y motor con escobillas.

Tabla 2.2 Comparación de un motor con y sin escobillas.

	Motor Brushless (sin escobillas)	Motor con escobillas
Conmutación	Conmutación electrónica basada en sensores de posición de efecto Hall	Conmutación por escobillas
Mantenimiento	Mínimo	Periódico
Durabilidad	Mayor	Menor
Curva Velocidad / Torque	Plana. Operación a todas las velocidades con la carga definida	Moderada. A altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa, reduciendo el par
Eficiencia	Alta. Sin caída de tensión por las escobillas	Moderada
Potencia de salida / Tamaño	Alta. Menor tamaño debido a mejores características térmicas porque los bobinados están en el estator, que al estar en la carcasa tiene una mejor disipación de calor.	Baja. El calor producido en la armadura es disipado en el interior aumentando la temperatura y limitando las características.
Inercia del rotor	Baja. Debido a los imanes permanentes en el rotor	Alta. Limita las características dinámicas.
Rango de velocidad	Alto. Sin limitaciones mecánicas impuestas por escobillas/conmutador.	Bajo. El límite lo imponen principalmente las escobillas
Costo de construcción	Alto. Debido a los imanes permanentes	Bajo
Control	Complejo y caro	Simple y barato
Requisitos de control	Un controlador es requerido siempre para mantener el motor funcionando. El mismo puede usarse para variar la velocidad.	No se requiere control si no se requiere una variación de velocidad

Fuente: [18]. **Adaptado:** Autores

2.9 Diseño Estándar de un Homogeneizador.

Para tener una mayor idea para el diseño, nos vamos a basar en un homogeneizador estándar. Hemos elegido seguir este diseño ya que para nuestro parecer es uno de los mejores diseños, no solo en lo estético si no de igual manera en lo funcional. A continuación, se detallará un homogeneizador de alto cizallamiento, teniendo en cuenta que este homogeneizador es para 12 litros. Para nuestro diseño lo adaptaremos a los requerimientos de la empresa beneficiaria, con una capacidad de mezcla de 15 litros.

A continuación, detallaremos un homogeneizador estándar:

SERIE L5

Capacidad: 1ml hasta 12 litros

Unidad de motor: Robusta carcasa de dos piezas diseñada para operaciones frías, silenciosas y continuas.

Motor: 750W (1HP) 220 voltios, monofásico (110 voltios opcional), 50/60 Hz, Velocidad nominal máxima 8000 rpm (6000 rpm bajo plena carga).

Control electrónico de velocidad: Control de velocidad infinitamente variable con interruptor arranque/parada integrado.

Soporte de banco con subida y bajada eléctrica: La unidad de mezclado puede subirse y bajarse sin esfuerzo utilizando los pulsadores en la unidad del motor.

Construcción: Todas las partes sumergibles son de acero inoxidable grado 316 con excepción del cojinete que puede ser de aleación de bronce o de PTFE.

La serie de mezcladores L5 está acabada con un recubrimiento de nylon resistente y es fácil de limpiar. La base plana está cubierta por una alfombrilla antideslizante resistente a la mayoría de los disolventes.

Acoplamiento de Mezclado: Más de 40 cabezales disponibles [19].

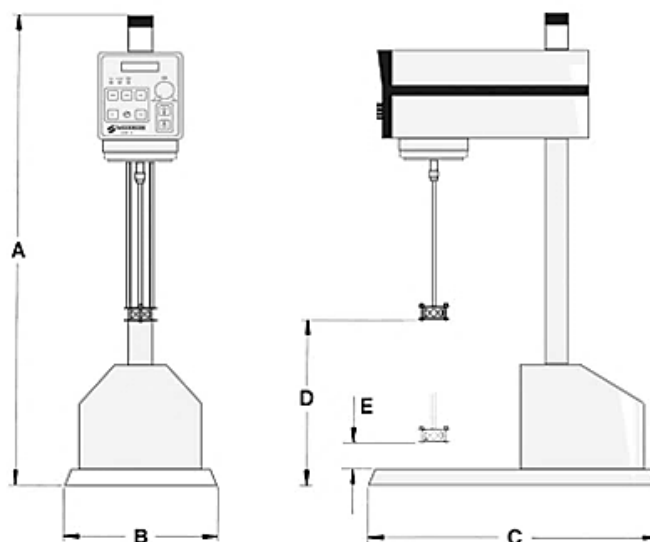


Figura 2.16 Homogeneizador Estándar. Serie L5. Fuente: [19].

En la Tabla 2.3 se muestra las dimensiones de un homogeneizador estándar.

Tabla 2.3 Dimensiones en milímetros del homogeneizador.

Modelo	A	B	C	D	E
L5 Series	940	305	508	330	30

Fuente: [19] **Adaptado:** Autores.

2.10 Análisis Propuesto para el Diseño de la Máquina.

En el mercado podemos encontrar una variedad de tipos de homogeneizadores de alto cizallamiento, con características diferentes según el producto que se desee obtener. Para cumplir la necesidad de la empresa beneficiaria debemos considerar el tipo de fluido a mezclar, la capacidad de mezclado, la fácil maniobrabilidad y su bajo costo. Sabemos que la capacidad de mezclado es de 15 litros. En el capítulo anterior se mencionó los productos que se van a mezclar, además que necesitamos una máquina que sea fácil de maniobrar y trasladar a cualquier lugar del laboratorio.

Para un mezclado óptimo del fluido, se requiere de una velocidad adecuada y de un tiempo determinado, sin embargo, este valor es variable dependiendo de la cantidad y tipos de ingredientes a mezclar.

2.10.1 Partes Principales que Constituyen un Homogeneizador.

A continuación, se describe brevemente las partes principales del homogeneizador su función, características y el material de fabricación.

2.10.1.1 Cabezal de Trabajo.

Es el elemento que realiza el mezclado de las sustancias. Este dispone de un rotor y estator fabricados con tolerancias internas mínimas que provocan un alto índice de cizallamiento ideales para reducir el tamaño de partículas.

- *Material de construcción:* Acero inoxidable AISI 304

2.10.1.2 Base soporte.

Es el apoyo o soporte donde descansa las diversas partes de la máquina, debe ser lo suficientemente gruesa y robusta para equilibrar el peso del motor. En esta base se asientan los envases de mezclado.

- *Material de construcción:* Metálica

2.10.1.3 Eje de Rotación.

Transmite el movimiento de rotación del motor hacia el estator que se encuentra en el cabezal de trabajo de máquina.

Material de construcción: Acero inoxidable AISI 304

2.10.1.4 Motor.

Es un micro-motor tipo brushless capaz de entregar altas velocidades de giro (2000 – 14000 rpm), velocidades adecuadas de trabajo para obtener los productos finales con las consistencias requeridas.

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL HOMOGENEIZADOR PARA LA EMPRESA FORMALAB.

3.1 Generalidades.

En este capítulo nos centraremos en el diseño de la máquina, el objetivo principal es cumplir con todos los requerimientos que desea el beneficiario, en este caso, la empresa FORMALAB. Después de estudiar el funcionamiento del homogeneizador se procedió a realizar el diseño, se analizaron esquemas de cómo va ser constituida cada uno de los elementos de la máquina, se calcularon los elementos sujetos a mayor esfuerzo, cálculos de potencia del motor, velocidades de trabajo, cálculos eléctricos. A continuación, se modeló en Autodesk Inventor 2016, todas las partes de la máquina y el ensamble del conjunto, con el fin de simular el comportamiento de la máquina, con ello, se podrá analizar y corregir posibles errores para obtener un diseño eficiente.

3.2 Diseño.

El diseño del equipo se realizó de acuerdo a la funcionalidad que requiere el beneficiario, en este caso, para el proceso de homogenización de sustancias químicas y farmacéuticas que elabora.

El modelo de este equipo se lo hizo de acuerdo a las máquinas que existen en el mercado, en el capítulo anterior se pudo observar los distintos tipos de homogeneizadores, en nuestro caso el beneficiario requiere de un equipo que tenga una capacidad máxima de mezcla de 15 litros.

3.2.1 Sistemas Mecánicos Principales.

3.2.1.1 Sistema de mezclado.

Los ingredientes para la elaboración estos productos, como es el caso de las cremas son las siguientes: emulgentes, antioxidantes, gelificantes, y los conservadores.

El proceso de la mezcla inicia por medio de un motor el cual transmite el movimiento al eje central el mismo que está conectado al cabezal de trabajo, donde se produce un alto cizallamiento hidráulico provocando una disminución de tamaño de las partículas. Este proceso tiene un tiempo de mezclado, hasta que todas las sustancias se homogenicen y tomen la consistencia deseada. Cuando la mezcla este totalmente homogénea se detiene el homogeneizador obteniendo así el producto final, esto proceso se realiza para todos los productos que se van a elaborar en la empresa.

3.2.1.2 Sistemas de Elevación.

Después de la homogenización de los componentes se procede a retirar el recipiente, elevando el cuerpo del homogeneizador donde se encuentra el motor con el sistema de control de velocidad, este tiene un sistema manual con un ajuste de tornillo que se encuentra en la columna del homogeneizador teniendo una elevación libre.

La guía será reajutable con el tornillo contra la columna en la posición deseada, dependiendo el tamaño del recipiente desde 1 litro hasta los 15 litros.

3.3 Condiciones que deben Cumplir el Equipo.

- La capacidad de mezclado será de 15 litros
- Las dimensiones generales del homogeneizador, según el espacio físico que ocupará en el laboratorio.
- Materiales de los componentes en contacto con las sustancias no deben contaminar el proceso.
- Estructura estable durante el proceso de mezclado.
- Condiciones de fácil acceso a todos sus componentes para limpieza.

3.4 Dimensionamiento del Homogeneizador.

Para realizar el dimensionamiento de los elementos constitutivos de la máquina partiremos de un pre-diseño como podemos ver en la figura 3.1 El diseño presenta una máquina simple pero completamente funcional, cumpliendo los requerimientos del beneficiario exigidos en un principio, una máquina de bajo costo y de fácil maniobrabilidad.

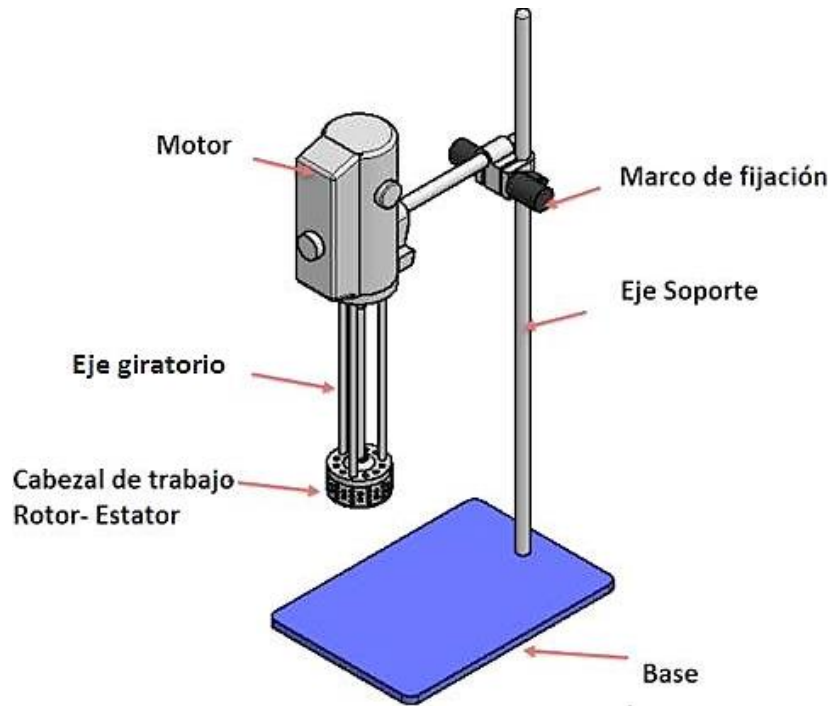


Figura 3.1 Elementos constitutivos del Homogeneizador. Fuente: Autores

3.5 Cálculos para el Diseño.

Los siguientes puntos se tomaron como base para llevar a cabo el diseño:

- Se utilizará un micro-motor (brushless) de marca Yongbao, que se adaptará al Homogeneizador.
- La potencia del motor eléctrico es única equivalente a 0.85 kW.
- El Rango de Velocidades es de 2000 a 14000 rpm.
- El tamaño máximo de la propela será de 0.03 m.

Se determinará el número de Reynolds para verificar si el motor cumple con la potencia adecuada, además para los cálculos se utilizará como número de revoluciones el máximo del motor lo que equivale **n=14000 rpm**.

3.5.1 Numero de Reynolds

El número de Reynolds nos indica si un fluido es laminar o turbulento, en nuestro caso para las cremas, geles, pastas, etc. Se trata de un fluido no newtoniano y el número de Reynolds viene dado por:

(3.1)

$$NR_e = \frac{\varnothing^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}$$

Dónde:

\varnothing , Diámetro del rodete (m²)

N, Velocidad rotacional (rps)

ρ , Densidad del fluido (Kg/m³)

μ , Viscosidad del fluido (Kg/ms)

Para el cálculo se tomará los datos del producto químico que se encuentran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Ficha técnica del Producto.

Descripción	Mezcla purificada de hidrocarburos saturados líquidos (C14-C18) e hidrocarburos cíclicos, obtenida por destilación del petróleo.
Datos Físico-Químicos	Líquido oleoso, incoloro, transparente, desprovisto de fluorescencia a la luz del día. Prácticamente insoluble en agua, poco soluble en etanol al 96% y miscible con hidrocarburos.
Densidad	0.827–0.905g/ml
Índice de refracción	1.4756 –1.4800
Viscosidad	110 –230 mPa·s (20°C)

Fuente: [20] **Adaptado:** Autores

Para un volumen de 15 litros tenemos un diámetro de propela (rodete) de 0.03 m para una mezcla eficiente del homogeneizador, el valor de la densidad es 905 kg/m^3 y teniendo una viscosidad de $2.3 \times 10^{-3} \text{ Kg/ms}$.

Reemplazando todos los datos en la ecuación (Ec.3.1)

El número de Reynolds es igual a:

$$NR_e = 82630$$

Relaciones Empíricas:

Flujo Laminar..... $NR_e < 10$

Flujo Turbulento..... $NR_e > 10000$

3.5.2 Cálculo y Estimación de la Potencia Requerida.

La potencia requerida P' de la propela (rodete), es la energía necesaria de disipación para la mezcla a homogenizar.

La potencia necesaria para que el homogeneizador trabaje de manera eficiente, dependerá de la carga de la mezcla a trabajar. Al introducir más carga en la mezcla, por ende, se necesita de mayor potencia en el motor. Para el cálculo de la potencia vamos a utilizar la ecuación (Ec.3.2).

Se calculará la potencia nominal del motor, la cual es la potencia de salida a la que va a entregar directamente al eje de giro del homogeneizador, más la consideración de pérdidas de los componentes eléctricos del motor, se debe tener presente que una de las características de los motores eléctricos en el arranque puede ser hasta 2.5 veces el Par nominal del motor. No solo se debe calcular de manera desproporcionada debemos tener cuenta estos valores de la potencia para determinar las dimensiones del eje. Por la siguiente ecuación [21]:

(3.2)

$$P' = \rho \cdot Np \cdot N^3 \cdot D^5$$

Dónde:

P', Potencia de arrastre consumida por la propela (watts= $J/s=N\cdot m/s$)

Np, Número de potencia adimensional (característico de cada propela).

ρ , Densidad final de la mezcla (kg/m^3 .)

N/60, Velocidad angular (rev/s.)

D, Diámetro de la propela (m).

El número de potencia Np adimensional lo podemos calcular o determinar con la tabla de correlaciones de potencia Np que se encuentra en [22]; Apéndice A. Según el número de Reynolds de 82630 tenemos un numero de potencia: **Np=0.1**

Remplazando todos los valores a más de verificar el Np para las hélices de una propela del homogeneizador, la potencia nominal requerida será igual a:

$$P' = 359 W$$

3.5.3 Comprobación de la Selección del Motor.

En el cálculo la potencia requerida tenemos un valor de 359 W, los homogeneizadores trabajan a velocidades elevadas, se seleccionó un motor Brushless el cual está encima de potencia nominal calculada cumpliendo los requerimientos de funcionamiento con una potencia nominal de 500 W aumentando aproximadamente un 25% de la potencia calculada, para prever posibles inconvenientes de sobre carga en la mezcla. A continuación, en la Tabla 3.2 se detallará las características del motor seleccionado:

Tabla 3.2 Placa del motor seleccionado.

Voltaje	220 V
Energía de entrada:	850W
Potencia de Salida:	500 W
Par nominal:	1.78 N·m
Rango de velocidad:	2,000 a 14,000 rpm

Fuente: Autores

3.5.4 Cálculo y Dimensionamiento del Eje Giratorio.

3.5.4.1 Fuerzas Aplicadas en el Eje.

En la figura 3.2 se puede observar las fuerzas que influyen en el eje del homogeneizador, el eje va a estar sometido a momentos flectores, momento torsor y más fuerzas que van a influenciar en el dimensionamiento del eje.

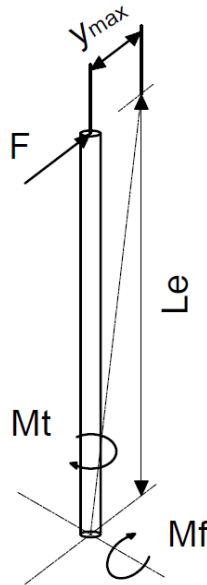


Figura 3.2 Fuerzas aplicadas sobre el Eje. **Fuente:** Autores.

3.5.4.2 Momento Torsor.

En la Tabla 3.2 tenemos la potencia nominal del motor seleccionado, igualmente su velocidad, con estos se puede determinar el momento torsor del eje:

(3.3)

$$M_t = \frac{N_e}{\omega}$$

Dónde:

M_t , Momento torsor. (N·m)

N_e , Potencia del Eje. (W)

ω , Velocidad angular del eje. (rad/s)

En la figura 3.3 se puede observar el diagrama de cuerpo libre del eje.

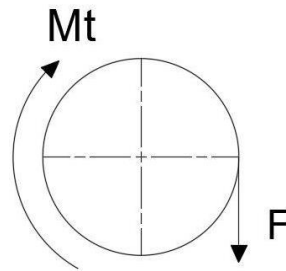


Figura 3.3 Diagrama de cuerpo libre del eje. **Fuente:** Autores.

La velocidad del motor es 14000 rpm, equivalente a una velocidad angular de **1466.07 rad/s** y la potencia nominal del motor es igual **0.500 kW**. Reemplazando estos valores en la ecuación (Ec.3.3) El momento torsor efectivo es de:

$$M_t = 0.34104 \text{ N}\cdot\text{m}$$

El material elegido para la construcción del eje para el Homogeneizador es de acero AISI 304. Las propiedades mecánicas de este acero que se encuentra en [23]; Apéndice C:

Límite de rotura a tracción: $S_{ut} = 620 \text{ MPa}$

Límite de fluencia a tracción: $S_{yt} = 310 \text{ MPa}$

3.5.4.3 Trabajo del Eje.

En la figura 3.4 se puede observar el trabajo del eje, este va a tener variaciones de velocidades en el giro.

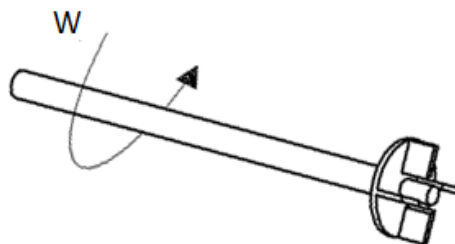


Figura 3.4 Trabajo del Eje. **Fuente:** Autores

(3.4)

$$W_{flecha} = F \cdot V = F \cdot r \cdot \omega = Mt \cdot \omega$$

Dónde:

\dot{W}_{flecha} , Trabajo de flecha.

F, Fuerza. (N)

V, Velocidad. (m/s)

r, Radio. (m)

ω , Velocidad angular. (rad/s)

Mt, Momento torsor. (N·m)

3.5.4.4 Fuerza Tangencial.

Realizando una igualdad en la ecuación (Ec.3.4) con el trabajo de la flecha obtenemos la siguiente ecuación:

(3.5)

$$Mt = F \cdot r$$

(3.6)

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

Dónde:

F, Fuerza tangencial. (N)

Mt, Momento torsor. (N·m)

r, Radio de la propela. (m)

Se determina la Fuerza tangencial con el momento torsor y el radio de la propela en este caso se determinó con la propela de 0.03 m ($r=0.015$ m) para una mezcla de 15 litros obtenemos el siguiente resultado: **22.73 N**.

3.5.4.5 Calculo del Momento Flector.

Con el diagrama de cuerpo libre de la figura 3.2 se encuentran por sumatoria de momentos y de fuerzas los correspondientes valores.

(3.7)

$$M_f = F \cdot Le$$

Dónde:

M_f, Momento flector. (N·m)

F, Fuerza. (N)

Le, Longitud de eje. (m)

El momento flector va estar en el eje macizo del homogeneizador con una longitud impuesta por los pre-diseños, para este caso se eligió como la longitud del eje giratorio teniendo en cuenta la distancia de la base hasta el motor una longitud de 25 cm.

Teniendo presente esos datos el momento Flector es igual a: **5.684 N·m**

3.5.4.6 Diámetro del Eje Giratorio.

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. Según el código ASME, el diámetro del eje calculado, a la máxima tensión cortante, sometida a un esfuerzo combinado de flexión y torsión, está dado por la siguiente ecuación [24].

(3.8)

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

Dónde:

d, Diámetro de eje. (m)

Nf, Factor de seguridad estimado para el cálculo del diámetro. (Nf=2)

Mf, Momento flector. (N·m)

Mt, Momento torsor. (N·m.)

Sy, Esfuerzo de fluencia. (MPa)

Una vez que tenemos todos los valores vamos a determinar un diámetro del eje tentativo para el diseño ya que se tiene calculado todos los esfuerzos que puede estar presentes en el eje, reemplazando todos los valores y teniendo en cuenta un factor de seguridad, Nf=2, **tenemos un diámetro del eje igual a:** $7.20 \times 10^{-3} \text{ m} = 7.2 \text{ mm}$

3.5.4.7 Dimensionamiento del Eje Giratorio.

El dimensionamiento del eje se lleva a cabo para un diámetro de eje en configuración de barra redonda, el cual se la ha calculado bajo las propiedades características del material y evaluado los esfuerzos y velocidades críticas. El valor obtenido se le debe considerar que sea un diámetro cercano o mayor a un diámetro estándar, y comparando el valor de inercia correspondiente al diámetro calculado se selecciona el diámetro equivalente en estándares comerciales de barras redondas comercial (ver apéndice D).

Los diámetros comerciales van desde 3/16” a 8”. En nuestro caso el diámetro calculado es de 7.2 mm, lo cual no es un diámetro comercial, por consiguiente, vamos a determinar un diámetro comercial superior al calculado, dando una mayor robustez pretendiendo dar al diseño del equipo una eficiencia elevada, lo cual el diámetro se seleccionará de la siguiente manera:

$$D = 7.2 \text{ mm a } 9.52 \text{ mm}$$

Se seleccionará el diámetro comercial superior al calculado este sería igual a:

$$D = 3/8''$$

3.5.4.8 Deflexión Máxima del Eje.

(3.9)

$$y_{max} = \frac{F \cdot L_e^3}{3EI}$$

Dónde:

y_{max} , Deflexión máxima. (m)

F, Fuerza. (N)

I, Inercia. (m⁴)

E, Módulo de elasticidad. (GPa)

Le, Longitud de eje. (m)

Para determinar el momento de inercia del eje giratorio, se determina con la siguiente ecuación:

(3.10)

$$I = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2$$

Dónde:

I, Inercia. (m⁴)

M, Momento flector. (N·m)

R, Radio del eje. (m)

Determinamos la inercia del eje que es igual a: $7.105 \times 10^{-5} \text{ m}^4$ con este valor se reemplaza en la ecuación (Ec.3.9) para determinar la deflexión máxima en el eje. Teniendo un Módulo de elasticidad de 200 GPa, obtenemos el siguiente valor:

$$y_{max} = 8.333 \times 10^{-9} \text{ m.}$$

3.5.4.9 Análisis por Vibraciones.

La velocidad de operación del sistema eje-propela deberá estar lo suficientemente alejada de la frecuencia natural del sistema, a menudo llamada la velocidad crítica, para evitar las vibraciones no amortiguadas. Si las desviaciones son causadas por las

elevadas vibraciones, el eje podría doblarse o romperse. Las frecuencias naturales de torsión deben ser examinadas para mezcladores de gran tamaño.

Para el cálculo de la velocidad crítica de un eje, se efectúa el estudio utilizando el método de Rayleigh, o el de Dunkerley (ecuación de frecuencias).

Para el presente análisis se seleccionó el método de Rayleigh, que proporciona una aproximación para la primera velocidad crítica. Este supone una forma para la deformación del eje durante su rotación; y con esta se obtienen las energías (máxima) potencial y cinética. Ya que esta aproximación consiste en considerar las deformaciones del eje durante su rotación, estas son proporcionales a las deformaciones que sufre el eje estáticamente debido a las masas que soporta [25].

(3.11)

$$\omega_c = \sqrt{g \cdot \frac{\sum_{i=1} m_i \delta_j}{\sum_{i=1} m_i \delta_j^2}}$$

Dónde:

ω_c , Velocidad crítica. (rpm)

m_i , Masas. (Kg)

δ_j , Deformación estática. (m)

g , Aceleración de la gravedad. (m/s²)

O también la velocidad crítica puede ser expresada de la siguiente manera:

(3.12)

$$\omega_c = \sqrt{\frac{g}{\delta}}$$

Dónde:

ω_c , Velocidad crítica (rad/s)

δ , Deformación estática. (cm)

g , Aceleración de la gravedad. (m/s²)

3.5.4.10 Cálculo de la Deformación Estática.

En la figura 3.5 se presenta la carga distribuida en el eje.

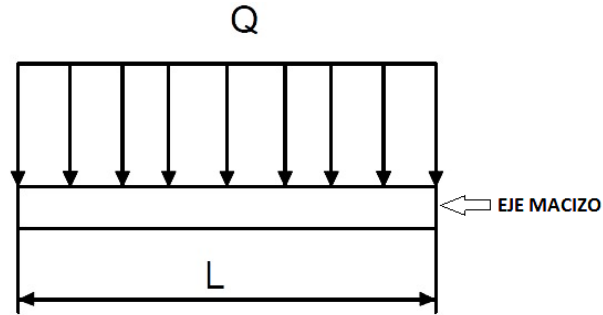


Figura 3.5 Carga en el eje Fuente: Autores

Para la carga distribuida en el eje, calculamos con la siguiente ecuación:

(3.13)

$$Q = \frac{\text{peso del eje en Kg}}{\text{unidad de longitud en cm}}$$

Para determinar el peso del eje vamos a utilizar la fórmula de la masa. Las propiedades Físicas de este acero inoxidable AISI 304 es: Densidad 7.8 g/cm^3 (0.28 lb/pul^3) [23].

(3.14)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Determinamos el volumen del eje macizo con el diámetro calculado y la longitud:

(3.15)

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Como el diámetro comercial es 0.952 cm y la altura del eje macizo es de 25 cm determinamos el volumen; 17.79 cm^3

Reemplazando los valores de densidad $= 7.8 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^3$ y volumen $= 17.79 \text{ cm}^3$ del eje macizo en la (Ec.3.14) vamos a determinar el peso de eje; 0.1531 Kg .

Reemplazando en la (Ec.3.13) los valores tenemos el valor de la carga distribuida: 0.00612 Kg/cm.

La deformación estática para este caso está dada por la ecuación:

(3.16)

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \left(\frac{Q \cdot L^4}{EI} \right)$$

Dónde:

δ , Deformación estática (cm)

Q , Carga distribuida en el eje por unidad de longitud. (kg/cm)

E , Modulo del acero (GPa)

I , Momento de inercia del eje macizo. (cm⁴)

Para el momento de inercia determinamos de la siguiente manera:

(3.17)

$$I = \left(\frac{\pi}{64} \right) \cdot d^4$$

Dónde:

d , diámetro del eje macizo. (cm)

Reemplazando los valores tenemos un momento de inercia igual a: **4.908 cm⁴ x10⁻¹⁰ 0.00612 Kg/cm** Si **L=25 cm** y el **E=200 GPa**, con un diámetro **d=0.952 cm** se tiene según la ecuación **(Ec.3.16)**.

$$\delta = 3.17631 \times 10^{-9} \text{ cm}$$

Ahora con $g = 981 \text{ cm/s}^2$ y $\delta = 3.1763 \times 10^{-9} \text{ cm}$ reemplazamos en la ecuación para determina la velocidad critica. En la ecuación **(Ec.3.12)**

$$\omega_c = 55741 \text{ rad/s}$$

Esta velocidad crítica calculada tiene que ser mayor o igual que la velocidad crítica en el eje, por lo tanto, será:

(3.18)

$$\omega_c \geq \omega$$

Por consiguiente, se tiene:

$$55741 \text{ rad/s} \geq 1466.07 \text{ rad/s}$$

Entonces podemos decir que el diámetro seleccionado es el correcto y cumple ahora con las condiciones de diseño teniendo hasta una mayor eficacia de funcionamiento el diámetro del eje giratorio seleccionado será igual a **D= 3/8"**

3.5.5 Cálculo de las Aspas del Rodete.

3.5.5.1 Cálculo de las Aspas.

Se ha seleccionado una hélice con aspas tipo turbina [26], cuyas características son las siguientes (Fig. 3.7)

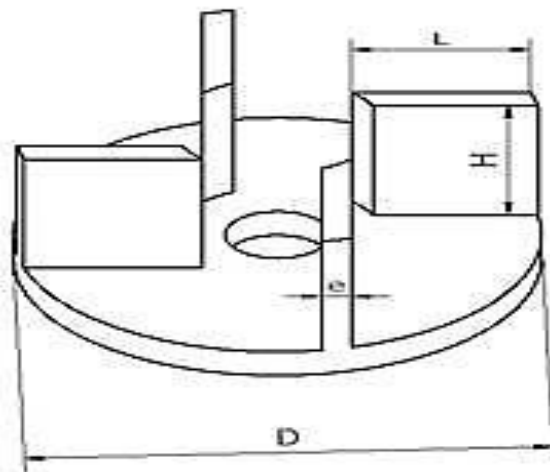


Figura. 3.6 Aspas **Fuente:** Autores

Se utilizan las relaciones para realizar el cálculo de las aspas y dimensiones que se encuentra en [26].

(3.19)

$$L/D = 0.5 m$$

(3.20)

$$H/D = 0.45 m$$

Teniendo en cuenta la medida de la propela de 0.03 m tenemos:

$$D = 0.03 m$$

$$H = 0.0135 m$$

$$L = 0.015 m.$$

Las aspas están distribuidas a 90 grados, en un total de cuatro aspas. El espesor de las aspas corresponde a 3 mm. Este tipo de aspas es recomendado para número de Reynolds mayores que 10000. Además, se debe decir que con este tipo de aspas se genera un flujo radial con aspiración de la mezcla de arriba hacia abajo, con elevadas turbulencias y fuerzas de corte.

- Paso del aspa.

El diámetro efectivo de la hélice es de $D = 0.03 m$, entonces:

$$\text{Perímetro de la hélice} = \pi \cdot D$$

$$\text{Perímetro de la hélice} = 0.094 m$$

Como cada aspa esta uniformemente distribuida a 90 grados, el paso del aspa será:

(3.21)

$$P = \frac{\pi \cdot D}{4}$$

Obtenemos un paso de: 0.0235 m. Entonces quiere decir que la separación de cada uno de las hélices es de **23.5 mm**. Este valor nos va ayudar para la construcción.

3.5.5.2 Momento Flector de las Aspas.

Para el caso del momento Flector de las Aspas está definida por la siguiente ecuación:

(3.22)

$$M_F = F \cdot L$$

Dónde:

F, Fuerza de rozamiento.

L, Brazo de la fuerza de rozamiento.

Sobre el rotor de cuatro aspas se genera una fuerza de rozamiento como se muestra en la figura 3.7

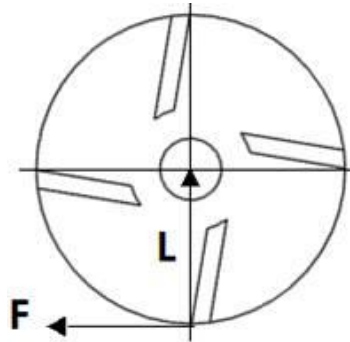


Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre del momento flector de las aspas. **Fuente:** Autores

El brazo de la fuerza de rozamiento corresponde a la distancia más cercana desde el centro del eje hasta la línea de acción de la fuerza de rozamiento, lo que para este caso es el radio efectivo de la hélice equivalente a 0,015 m. A continuación, se calcula la fuerza de rozamiento:

(3.23)

$$F = \frac{1}{2} (C_{ARR} \cdot v^2 \cdot \rho \cdot A_T)$$

Dónde:

C_{ARR}, Coeficiente de arrastre.

v, Velocidad lineal.

ρ , Densidad de la crema.

A_T , Área de la sección transversal al movimiento.

Para determinar la velocidad nominal debemos tener la velocidad angular y el radio efectivo de la hélice que es igual a 0.00750 m

(3.24)

$$v = w \cdot r$$

Dónde:

v , Velocidad lineal

w , Velocidad angular

r , Radio efectivo de la hélice.

Reemplazando los datos en la (Ec.3.24) la velocidad lineal es igual a 18.325 m/s.

- **Cálculo de la Área Transversal de la hélice.**

(3.25)

$$A_T = b \cdot h$$

b= 0.015 h=0.018

Reemplazando los datos el área transversal del aspa es igual a $2.7 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

El coeficiente de rozamiento se encuentra en la bibliografía [22], Apéndice B, de una placa normal es igual a $C_{ARR} = 2.0$, un valor adimensional, los otros valores calculados son:

$$v^2 = 335.8056 \text{ m}^2/\text{s}^2 \quad ; \quad \rho = 905 \text{ kg}/\text{m}^3 \quad ; \quad A_T = 2.7 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

La fuerza de rozamiento será igual a:

$$F = 82.05 \text{ N}$$

La fuerza calculada corresponde a la fuerza de rozamiento de un aspa. Como la hélice tiene cuatro aspas, esta fuerza deberá multiplicarse por 4. La fuerza a utilizar corresponde entonces a **328.216 N**. Según lo anterior y reemplazando en **(Ec.3.22)** el momento flector será:

$$M_F = 328.216 \text{ N} \cdot 0.015 \text{ m}$$

$$M_F = 4.92324 \text{ Nm}$$

3.5.6 Cálculo y Dimensionamiento del Eje Soporte.

3.5.6.1 Fuerzas Aplicadas sobre el Eje.

En la figura 3.8 se puede ver las fuerzas que influyen en el eje de deslizamiento más bien sería el eje que sostiene al motor y a la abrazadera como sabrán el eje va a estar sometido a momento flectores, y más la fuerza externa del motor el cual vamos a calcular para el dimensionamiento del eje.

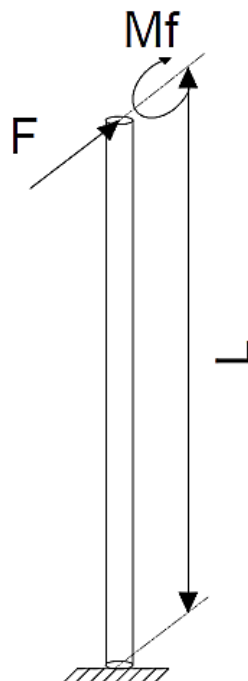


Figura 3.8 Diagrama de cuerpo libre del eje **Fuente:** Autores.

3.5.6.2 Cálculo del Momento Flector.

Con el diagrama de cuerpo libre de la Figura 3.9, y el eje como condición de viga en voladizo, se encuentran por sumatoria de momentos y de fuerzas los correspondientes valores.

(3.26)

$$M_f = F \cdot Le$$

Dónde:

M_f, Momento flector. (N·m)

F, Fuerza (N).

Le, Longitud de eje (m)

Al momento de calcular el momento flector tenemos una longitud de eje de 70 cm, y determinando el peso del motor, más el peso del eje macizo dan un total de 7.5 kg. Teniendo una fuerza de **73.55 N**. Por el cual reemplazando todos los datos como la la fuerza tangencial vamos a tener un momento flector de:

$$M_f = 11.03 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3.5.6.3 Diámetro del Eje Soporte.

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. Según el código ASME, el diámetro del eje calculado, a la máxima tensión cortante, sometida a un esfuerzo combinado de flexión y torsión, está dado por la siguiente ecuación [24].

(3.27)

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

Dónde:

d, Diámetro de eje (m)

Nf, Factor de seguridad estimado para el cálculo del diámetro. (Nf=2)

Mf, Momento flector (N·m)

Mt, Momento torsor (N·m).

Sy, Esfuerzo de fluencia (MPa)

Se determina el diámetro del eje del soporte del motor teniendo en cuenta que en el eje de deslizamiento no tenemos momento torsor, este valor en la ecuación 3.27 es igual a 0, con un factor de seguridad igual a 2, **tenemos un diámetro de:** 0.01454 m= 14.54 mm.

3.5.6.4 Dimensionamiento del Eje Soporte.

El dimensionamiento del eje se lleva a cabo para un diámetro de eje en configuración de barra redonda, el cual se la ha calculado bajo las propiedades características del material y evaluado los esfuerzos y velocidades críticas. El valor obtenido se le debe considerar que sea un diámetro cercano o mayor a un diámetro estándar, y comparando el valor de inercia correspondiente al diámetro calculado se selecciona el diámetro equivalente en estándares comerciales de barras redondas comercial (ver apéndice D).

Los diámetros comerciales van desde 3/16” a 8”. En nuestro caso el diámetro calculado es de 14.54 mm, como podemos ver no está dentro de los diámetros comerciales por consiguiente vamos a determinar un diámetro mayor al calculado por cuestiones de que el eje va estar sometido a momentos y fuerza. Por consiguiente, el diámetro estaría entre:

$$D= 14 \text{ mm a } 15.87 \text{ mm}$$

Se seleccionará el diámetro comercial superior al calculado este sería igual a:

$$D=5/8''$$

3.5.6.5 Deflexión Máxima del Eje Soporte.

Ahora vamos a calcular la deflexión máxima con la siguiente ecuación:

$$y_{max} = \frac{F \cdot L_e^3}{3EI} \quad (3.28)$$

Dónde:

y_{max} , deflexión máxima. (m)

F, fuerza. (N)

I, inercia. (m⁴)

E, módulo de elasticidad. (GPa)

Le, longitud de eje. (m)

3.5.6.6 Momento de Inercia del Eje Soporte.

Se determina el momento de inercia de un eje macizo con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 \quad (3.29)$$

Dónde:

I, Inercia. (m⁴)

M, Momento Flector en (N·m)

Le, Longitud de eje (m)

La inercia del eje es igual a: $3.5296 \times 10^{-4} \text{ m}^4$, con este valor vamos a reemplazar en la (Ec.3.28) para determinar la deflexión máxima en el eje. Teniendo un Módulo de elasticidad de 200 GPa, tenemos el siguiente valor de deflexión máxima:

$$y_{max} = 1.3818 \times 10^{-7} \text{ m.}$$

La mayoría de ecuaciones para los cálculos respectivos se utilizaron de los libros que se encuentran en [25] y [27].

CAPITULO IV

4. CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO.

4.1 Introducción.

En este capítulo se describe el proceso de construcción del homogeneizador de alto cizallamiento aplicando los diseños y cálculos realizados en el capítulo anterior. Se explica cómo fue construido cada elemento del equipo, las herramientas y maquinas utilizadas que interviene en la construcción del equipo.

4.2 Materiales Utilizados para la Construcción del Homogeneizador.

Una vez definido el diseño de la máquina, se requieren ciertos materiales para la construcción de la misma, a continuación, se presenta la lista de materiales Tabla 4.1

Tabla 4.1 Listado de materiales para la construcción del homogeneizador

CANT.	DESCRIPCION	ESPECIFICACIONES
1	Plancha de Acero A37-24ES	32 x 32 x 0.1cm
1m	Eje de Acero inoxidable AISI 304	Diámetro = 5/8"
26cm	Eje de Acero inoxidable AISI 304	Diámetro = 3/8"
80cm	Eje de Acero inoxidable AISI 304	Diámetro = 5/16"
10cm	Eje de Acero inoxidable AISI 304	Diámetro = 3"
2cm	Eje de Acero inoxidable AISI 304	Diámetro = 3 1/2"
5cm	Eje de Acero inoxidable AISI 304	Diámetro = 1 1/2"
2cm	Bronce	Diámetro = 1 1/2"
1	Aluminio	5 x 5 x 5cm
1	Motor Brushless	850W de entrada
2	Manijas	De grilon

Fuente: Autores

4.3 Maquinas Utilizadas para la Construcción de los Elementos del Equipo.

Las maquinas que se utilizaran en la construcción del homogeneizador son las siguientes:

- Torno Paralelo.
- Fresadora Vertical.

- Rectificadora Cilíndrica.
- CNC.

4.4 Adquisición de Materiales y Equipos.

Todos los materiales de construcción fueron adquiridos en locales dentro de nuestra ciudad, entre los proveedores se encuentra; EL ACERO, ALUMINOX, RULITEC, que son los principales abastecedores de materiales para la industria metalmecánica. El único elemento que fue importado es el motor, que por tratarse de un motor especial (brushless) difícilmente de encontrar en nuestro mercado local, lo importamos de Estados Unidos.

En cuanto a las maquinas necesarias para el mecanizado de los elementos del homogeneizador, fueron facilitadas por la empresa “**TALLERES BENENLAULA**”, empresa dedicada a la construcción de elementos mecánicos de alta precisión.

4.5 Construcción del Homogeneizador.

En la figura 4.1 se presenta el conjunto del homogeneizador con todas sus partes. Para la fabricación de nuestro homogeneizador se construirá los siguientes elementos:

- Base.
- Eje soporte.
- Soporte motor.
- Marco de fijación.
- Tapa de motor.
- Eje giratorio.
- Cojinete.
- Porta cabezal.
- Columnas.
- Rodete.
- Estator.
- Cabezal.
- Arandela de cabezal.

- Manijas.

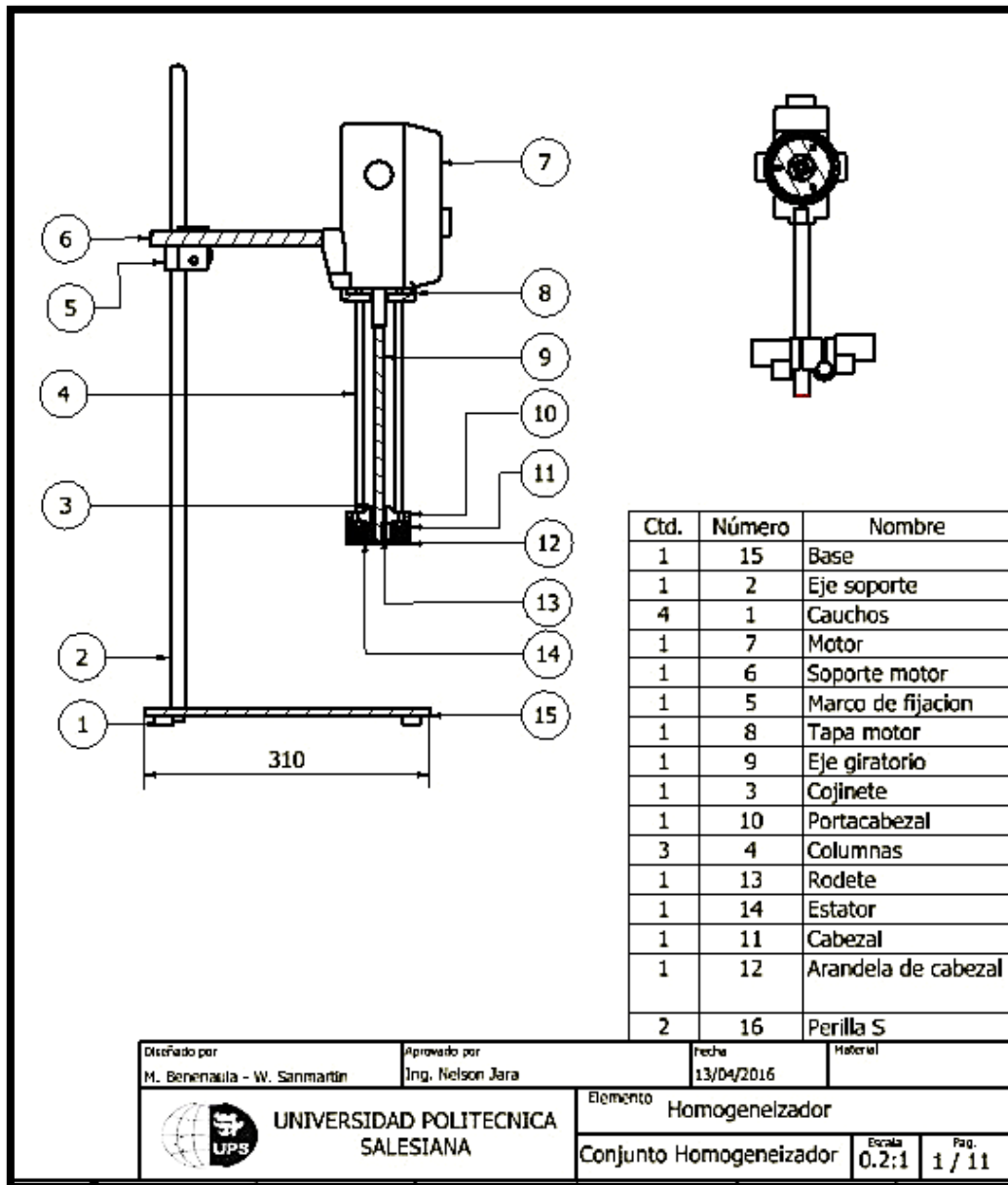


Figura 4.1: Conjunto Homogeneizador. Fuente: Autores.

4.5.1 Base.

La base es el apoyo principal de todas las partes de la máquina, es de acero A37-24ES de forma rectangular con medidas de 10 x 220 x 310 mm. Tiene además cuatro tapitas de caucho en la parte inferior como se puede ver en la figura 4.2. Los procesos de fabricación son los siguientes:

- Trazado y cortado del rectángulo considerando medidas finales.
- Fresado del rectángulo y sus radios en las esquinas.
- Roscado de agujeros para tapitas de caucho y para el eje soporte.
- Pintar la base con pintura anticorrosiva.



Figura 4.2 Base terminada. **Fuente:** Autores.

4.5.2 Eje Soporte.

Es el eje donde todo el conjunto de mezclado se desplaza para conseguir la altura deseada, este eje es de acero inoxidable AISI 304 de diámetro 16 x 700 mm. Este eje viene de diámetro 5/8" de suministro por lo que no es necesario mecanizarlo, solo tiene un roscado en uno de sus extremos que realiza en el torno. (Fig. 4.3.)



Figura 4.3 Roscado del eje soporte. **Fuente:** Autores.

4.5.3 Soporte Motor.

Es el eje horizontal que soporta el peso del motor, es de acero inoxidable AISI 304 de diámetro 16 mm x 220 mm. el proceso de fabricación es el siguiente:

- Cilindrado del extremo del eje a diámetro 14mm para que se acople en el alojamiento que tiene el motor.
- Roscar agujero para prisionero. (Fig. 4.4)



Figura 4.4 Soporte del motor terminado. **Fuente:** Autores.

4.5.4 Marco de Fijación y Manijas.

Este elemento une al eje soporte con el eje soporte del motor formando 90° entre si. Esta construido de aluminio y tiene un sistema ajustable con dos manijas roscadas que posiciona a los ejes en cualquier lugar deseado. En la figura 4.5 se observa el marco de fijación con sus manijas.



Figura 4.5 Marco de fijación y manijas. **Fuente:** Autores.

4.5.5 Tapa del Motor.

La tapa del motor sirve para aislar el motor de los elementos que intervienen directamente en el mezclado de las sustancias y está construido de acero inoxidable AISI 304. Su proceso de fabricación es el siguiente:

- Tornear a diámetro 81mm y taladrado de agujero central.
- En la fresadora y con el divisor se realiza taladrado de los agujeros con sus respectivos inter-ejes que se muestran en la figura 4.6.



Figura 4.6 Tapa del motor terminada. **Fuente:** Autores.

4.5.6 Eje Giratorio.

Es el eje principal que esta conmutado con el eje del motor y a su vez hará girar al rotor. Está construido de acero inoxidable AISI 304 de diámetro 3/8" torneado en sus extremos para acoplarle tanto al motor como al rotor como se observa en la figura 4.7.



Figura 4.7 Eje Giratorio. **Fuente:** Autores.

4.5.7 Cojinete.

La construcción de este elemento es sencilla se la realiza directamente en el torno conservando sus medidas y tolerancias. En la figura 4.8 se observa el buje terminado, es de bronce fosfórico.



Figura 4.8 Cojinete. **Fuente:** Autores.

4.5.8 Porta Cabezal.

Este elemento sirve como una base para el acoplamiento del cabezal y las columnas, además que en su agujero central se aloja el cojinete como se puede observar en la figura 4.9. Es de acero inoxidable AISI 304 y su proceso de fabricación es la siguiente:

- Se tornea todo su contorno respetando sus medidas y tolerancias.
- Luego se monta la pieza en el divisor para realizar los agujeros donde van a ingresar las columnas y los pernos de sujeción del cabezal.

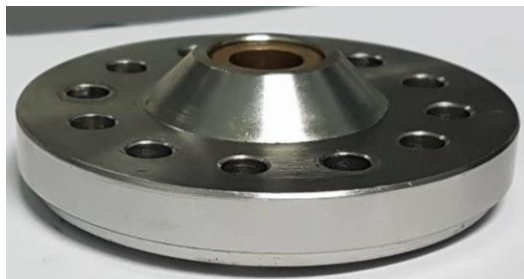


Figura 4.9 Porta cabezal con cojinete ensamblado. **Fuente:** Autores.

4.5.9 Columnas.

Las columnas sirven como estabilizadores del portacabezal. Son de acero inoxidable AISI 304. Tienen roscado sus extremos para conectar el conjunto de elementos. Las tres deben tener medidas iguales asegurando una perfecta alineación del cabezal de trabajo. En la figura 4.10 se observa las tres columnas unidas a la tapa del motor.



Figura 4.10 Columnas. **Fuente:** Autores.

4.5.10 Rodete.

El material del rotor es de acero inoxidable AISI 304. Por su forma compleja este elemento se lo realizo con la ayuda de MASTERCAM X9 para simularlo y luego mecanizarlo en una fresadora CNC obteniendo un excelente resultado como se puede observar en la figura 4.11.



Figura 4.11 Rodete. Fuente: Autores.

4.5.11 Estator y Cabezal.

Son los elementos fijos que constan de unas ranuras alrededor de la superficie por donde las partículas empujadas por el rotor, serán obligadas a cizallarse por las ajustadas tolerancias entre el rotor y estator. El material de construcciones de acero inoxidable AISI 304 y su proceso de construcción será idéntico para los dos elementos.

- Primero se realizará el torneado del anillo con sus respectivas medidas.
- Después, en la fresadora y con la ayuda del divisor universal se colocan los anillos y se realiza el taladrado de los agujeros, teniendo en cuenta el número de agujeros y el ángulo de rotación. En la figura 4.12 Se observa el taladrado de los agujeros del estator y cabezal.

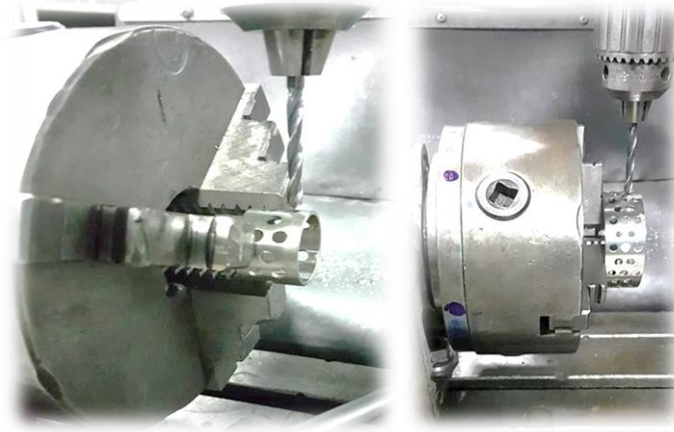


Figura 4.12 Taladrado de agujeros del estator y cabezal. **Fuente:** Autores.

4.5.12 Arandela del Cabezal.

La arandela es de acero inoxidable AISI 304, este elemento sirve como una tapa del cabezal y a su vez asegura al estator que se encuentra en el interior del cabezal. Por su pequeño espesor esta arandela se tornea con la ayuda de un dispositivo y luego se realiza los agujeros que se pueden observar en la figura 4.13, con la ayuda del divisor para que salgan equidistantes.



Figura 4.13 Arandela del cabezal terminada. **Fuente:** Autores.

4.5.13 Motor.

En la figura 4.14 se presenta el motor tipo Bruhsless adquirido (motor sin escobillas), el cual es el encargado de transmitir la potencia de giro al eje del rotor para producir el cizallamiento.



Figura 4.14 Motor Brushless. **Fuente:** Autores.

4.6 Ensamblaje del Homogeneizador.

El ensamblaje de la maquina se divide en dos partes que son:

- Parte fija.
- Sistema móvil.

4.6.1 Parte Fija.

En la figura 4.15 se presenta la parte fija completa, que está constituida de la Base, las tapitas de caucho, el eje soporte y el marco de fijación, y su proceso es el siguiente:

- Se coloca las cuatro tapitas de caucho en los extremos de la base y se los asegura con los tornillos.
- Introducir el eje soporte en la base y apretar el eje con la contratuerca por la parte inferior de la base.
- Colocar el marco de fijación en el eje del soporte, dejarlo en una posición intermedia y ajustarle con las perillas.



Figura 4.15 Ensamblaje Parte fija. **Fuente:** Autores.

4.6.2 Sistema Móvil.

Aquí se encuentra todo el sistema que interactúa en la homogeneización de las sustancias incluido el motor. El proceso de ensamblaje del sistema móvil es el siguiente:

- Introducir el cojinete en el portacabezal con la ayuda de una prensa.
- Colocar las columnas en la tapa del motor y apretar con las tuercas y arandelas de presión.
- Armar las columnas en los agujeros del portacabezal, asegurarse que las columnas entren alineadamente y apretar con las tuercas y arandelas de presión.

(Fig. 4.16)

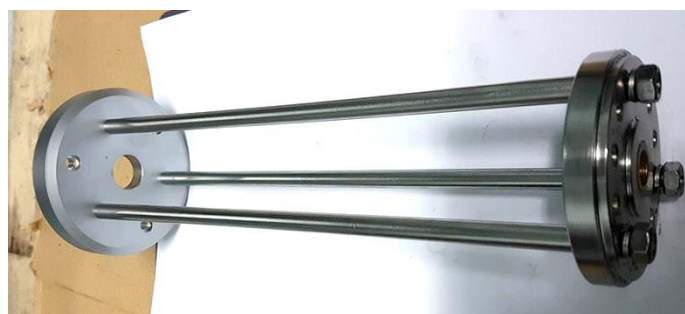


Figura 4.16 Tapa del motor, columnas y portacabezal armados. **Fuente:** Autores.

- Colocar el eje giratorio en el motor, para ello se realizó un agujero en el eje del motor y en el eje giratorio para colocar un pasador elástico con el propósito que conmute estos dos elementos.
- Con el eje giratorio fijado al motor colocar todo el conjunto de las columnas y ajustar la tapa del motor con los pernos. (Fig. 4.17)



Figura 4.17 Ensamblaje de las columnas en el motor. **Fuente:** Autores.

- Introducir el rotor con la respectiva clavija hasta el tope del portacabezal y asegurarlo con la arandela de seguridad.
- Como el estator y el cabezal se aseguran con la arandela del cabezal, se debe colocar de manera simultánea los tres elementos que son autocentrantes en el portacabezal. Luego colocar los tres pernos y asegurar el cabezal de trabajo. (Fig. 4.18)



Figura 4.18 Ensamblaje del rotor, estator, arandela y cabezal de trabajo. **Fuente:** Autores.

- Colocar el eje soporte en la ranura del motor que tiene en la parte posterior y ajustar con el prisionero.
- Finalmente montar todo el sistema móvil en el marco de fijación, colocar en la posición deseada y apretar con la perilla el eje soporte del motor, quedando todo el conjunto completo como se puede observar en la figura 4.19.

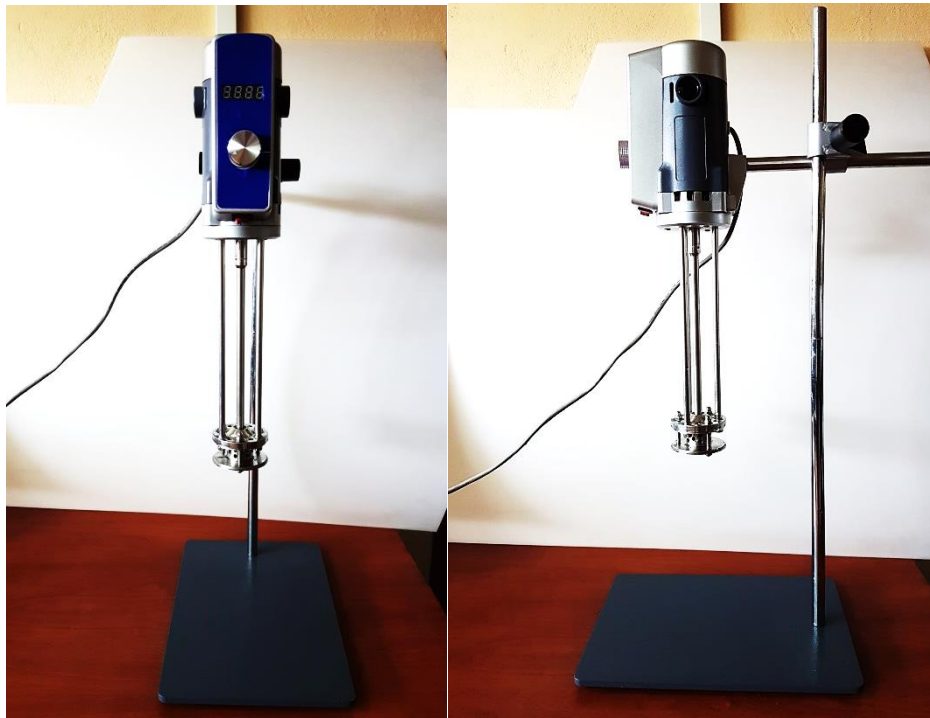


Figura 4.19 Homogeneizador completamente ensamblado. **Fuente:** Autores.

4.7 Instalación y Operación de la Máquina.

Antes de realizar una producción de los productos FORMALAB es conveniente observar los siguientes pasos:

- El homogeneizador debe estar en un ambiente no mayor a 30 °C.
- El lugar donde se instale el homogeneizador debe estar completamente limpio.
- Colocar la maquina en una superficie totalmente plana para que al momento de giro no exista ningún movimiento.
- Todos los elementos de mezclado deben estar limpios.
- Comprobar que todos los elementos estén ajustados correctamente.
- Conectar a la línea de energía para 220 V.

- Encender el motor de la mezcladora.
- Arrancar la máquina en vacío y verificar si todos los sistemas están funcionando de manera correcta.
- Si cumplen todas las condiciones anteriores, procedemos a realizar el mezclado de las sustancias, caso contrario hay que rectificar las fallas.
- Arrancar la máquina y proceder con la producción de los productos.

4.8 Mantenimiento del Homogeneizador.

Es muy importante realizar un mantenimiento para controlar el correcto funcionamiento de la maquina además de prevenir posibles fallas que interrumpan en la producción de los productos de la empresa FORMALAB.

4.8.1 Mantenimiento Diario.

- Antes de comenzar a producir, limpiar el lugar de trabajo y todos los elementos del sistema de mezclado.
- Revisar que no existan ruidos extraños al momento de operación de la máquina.
- Llevar el control de los tiempos activos y muertos de la máquina.
- Al culminar la jornada de trabajo se debe limpiar todas las partículas y restos de sustancias que quedan depositadas en el cabezal de trabajo y demás mecanismos que se puedan ensuciar.
- Cubrir la maquina con un cobertor evitando el contacto de partículas o polvos.

4.8.2 Mantenimiento Preventivo.

Se lo realizará cada seis meses.

- Se prevé un mantenimiento de tipo preventivo, en las partes eléctricas y mecánicas para garantizar su buen funcionamiento.
- Comprobar el ajuste de pernos, prisioneros, tuercas, ejes.
- Verificar que las columnas se encuentren correctamente alineadas.

- Realizar pruebas del motor, verificando su torque con y sin carga.
- Revisar todos los elementos de la máquina y verificar que estén trabajando correctamente.

4.8.3 Mantenimiento Correctivo.

Se lo realizará cada año.

- Revisar el cable y el interruptor del motor que no tenga daños.
- Cambiar los carbonos del motor.
- Verificar el cabezal de trabajo y sus elementos que no presenten averías.
- Verificar el giro del rotor, si no es concéntrico, el cojinete debe estar desgastado y se lo deberá cambiar.
- Comprobar que todos los pernos de sujeción de la maquina no sufran desgaste caso contrario cambiarlo.
- Verificar la base y los soportes de la máquina.

CAPITULO V

5. PRUEBAS Y/O ENSAYOS DEL EQUIPO.

5.1 Generalidades.

En este capítulo describiremos las pruebas del equipo y las pruebas de funcionamiento, como se analizó en el Capítulo 1 la empresa beneficiaria viene elaborando productos desde hace más de 14 años de funcionamiento utilizando métodos de elaboración convencionales, lo que se va a realizar es una comparación de algunas características de los productos elaborados en la empresa beneficiaria. Para los ensayos se realizó una emulsión de dos calidades, una de menor y otra de mayor consistencia haciendo una comparación entre la mezcla elaborada de forma convencional y con el homogeneizador.

5.2 Pruebas del Equipo.

Antes de poner en marcha el equipo se realizó un proceso de pruebas con fichas técnicas que se encuentran en el Apéndice E. A continuación, se detallarán las pruebas que se hicieron del Equipo antes y después de su funcionamiento.

En las siguientes fichas técnicas se muestran todas las pruebas realizadas en el Homogeneizador. Anexo D.

- Datos del recipiente de prueba.
- Datos de la placa del motor.
- Chequeo general de operación.
- La comprobación antes del funcionamiento del Equipo.
- Datos de las partes del homogeneizador.
- Y los resultados de las pruebas.

5.3 Materiales Utilizados en las Pruebas del Equipo.

En la práctica se utilizaron los siguientes equipos de medición para la obtención de los Amperajes y de las velocidades generadas por el eje giratorio que se encuentra en el Apéndice G.

5.4 Preparación de Emulsiones para las Pruebas.

Para la elaboración de una emulsión se describen algunos componentes Tabla 5.1 (sustancias para el ensayo):

Tabla 5.1 Lista de Sustancias.

Sustancias	Cantidades para 100 g.	Cantidades para 1000 g.
Emulsiones	Para 100 g.	Para 1000 g.
Poliacerato	15 %	150 g.
Gricetina	5 %	50 g.
Silicona	5%	50 g.
Polaidieros	1 %	10 g.
Agua	100 g.	1000 g.
Minsato de isopropil	5%	50 g.

Fuente: Autores.

5.5 Elaboración de las Emulsiones con el Método Convencional y el Equipo.

Antes de hacer las pruebas con el equipo se pidió al beneficiario que realice las muestras (Fig. 5.1) de emulsiones de mayor consistencia y de menor consistencia con el fin de elaborar un comparativo entre las dos emulsiones, la una elaborada con el método convencional y la otra con el equipo. A continuación, se detalla el método de elaboración de las emulsiones con el método convencional tomando en cuenta que todo el procedimiento es el mismo pero que al llegar a la fase de mezclado cambia.



Figura 5.1 Elaboración de emulsiones. **Fuente:** Autores.

5.5.1 Procedimiento Para la Elaboración del Método Convencional.

Paso 1: En un envase de 1500 g. pesar 152 g. de Poliacerato.

Paso 2: Colocar y Pesar 96 g. de Gricetina.

Paso 3: Colocar y Pesar 50 g. de Polaidieros.

Paso 4: Colocar y Pesar 100 g Minsato de isopropil.

Paso 5: Colocar y Pesar 602 g. Agua. (Fig. 5.2)



Figura 5.2 Pesado de sustancias. **Fuente:** Autores

Paso 6: Mezclar todos los componentes.

Paso 7: Calentar la mezcla (baño maría) que no supere los 60 grados. (Fig. 5.3)



Figura 5.3 Calentado de la mezcla. **Fuente:** Autores.

Paso 8: Colocar el Polaidieros.

Paso 9: Realizar el mezclado.

En el punto 9 el beneficiario utilizó una especie de batidora de mano (Fig. 5.4) para homogenizar la mezcla se le pidió que haga de esa manera para determinar cuál era la diferencia entre el equipo que utilizaba anteriormente y el equipo recién diseñado.



Fig. 5.4 Mezclado convencional. **Fuente:** Autores.

Luego se toman dos muestras de cada una de mayor y menor consistencia (Fig. 5.5). Cada una de las muestras tendrá un volumen de mezcla de 1135 ml. En la figura se puede apreciar al proceso de mezclado del método convencional.



Figura 5.5 Muestras obtenidas con el método convencional. **Fuente:** Autores.

5.5.2 Pruebas para la Elaboración para el Ensayo con el Equipo.

Para las pruebas con el equipo la elaboración de las emulsiones desde el paso 1 hasta el paso 8, es igual, en el punto 9, cambia la fase de mezclado, utilizando el homogeneizador por inmersión de alto cizallamiento. (Fig. 5.6)



Figura 5.6 Proceso de homogenizado. **Fuente:** Autores.

Luego se toman dos muestras de cada una de mayor y menor consistencia (Fig. 5.7). Cada una de las muestras tendrá un volumen de mezcla de 1135 ml. En la figura se puede apreciar al proceso de Homogenizado:

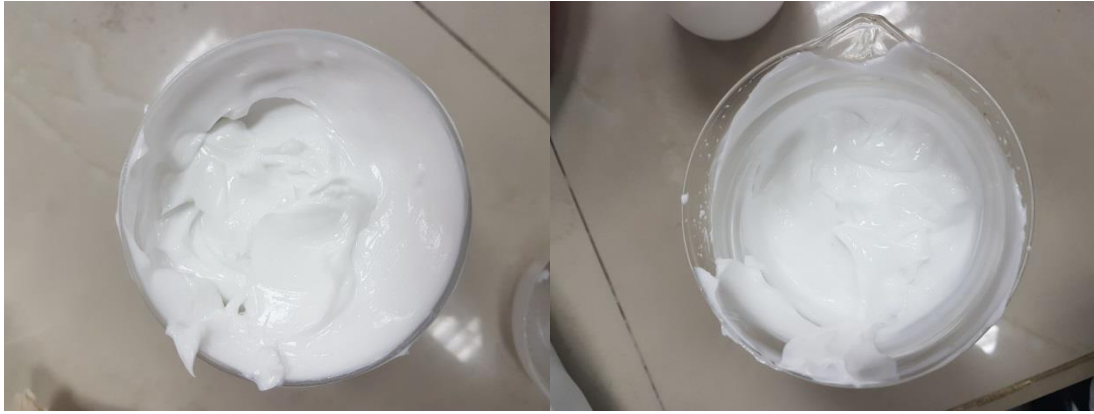


Figura 5.7 Muestras obtenidas con el homogeneizador. **Fuente:** Autores.

Una vez que se hicieron las pruebas de los ensayos en el laboratorio tanto como por el método convencional y como el método con el equipo se tomaron dos pruebas de cada una de ellas una de mayor consistencia y otra de menor consistencia para hacer pruebas de densidades, viscosidades y de tamaño de glóbulos.

5.6 Análisis de los Ensayos Realizados con el Método Convencional y con el Equipo.

Para analizar las muestras obtenidas se realizarán ensayos de densidades, viscosidad y tamaños de glóbulos. Los ensayos se realizaron en los laboratorios de Ing. Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana. (Fig. 5.8)



Figura 5.8. Laboratorios de ciencias de la vida. **Fuente:** Autores.

5.6.1 Análisis de la Densidad.

Se utilizó una jeringa de 10 ml, se toma el peso de la jeringa y se realiza una diferencia de masas para obtener la densidad. Para las cuatro muestras se realizó este método determinando las densidades tanto los productos elaborados por el método convencional y los productos elaborados por el homogeneizador de alto cizallamiento. (Fig. 5.9)



Figura 5.9 Peso de la crema. **Fuente:** Autores.

5.6.2 Obtención de la Viscosidad.

Para medición de la viscosidad se lo realizó con el equipo del viscosímetro Rotacional, estos equipos se emplean la idea de que la fuerza requerida para rotar un objeto inmerso en un fluido puede indicar la viscosidad del fluido.

Los viscosímetros de rotación son los del tipo Brookfield, que determinan la fuerza requerida para rotar un disco o lentejuela en un fluido a una velocidad conocida [28]. (Fig. 5.10)



Figura 5.10 Viscosímetro Rotacional. **Fuente:** Autores.

A continuación, se detallará un cuadro comparativo (Tabla 5.2) de las densidades y viscosidades de las muestras obtenidas en el laboratorio de las muestras de alta consistencia y de baja consistencia tanto realizadas con el método convencional y con el homogeneizador.

Tabla 5.2 Densidades y viscosidades de las mezclas

TIPO DE PROCESO	DENSIDADES	VISCOCIDADES
CONVENCIONAL:	Kg/m ³	Kg/ms
Alta Consistencia:	905	2.3x10 ⁻³
Baja Consistencia:	895	2.27x10 ⁻³
HOMOGENEIZADOR:		
Alta Consistencia:	881	2.23x10 ⁻³
Baja Consistencia:	808	2.05x10 ⁻³

Fuente: Autores.

5.6.3 Tamaño de Glóbulos y Comportamiento de las Emulsiones.

Después de haber hecho las pruebas de densidades y viscosidades de las emulsiones se realiza un análisis del tamaño de y distribución de los glóbulos, además, se puede

analizar la forma en la que esta homogenizada la mezcla para comparar entre los dos métodos tanto el convencional y por el homogeneizador de alto cizallamiento.

Se tomará una pequeña muestra en las placas de vidrio se observará por el microscopio la distribución de los glóbulos y el tamaño. (Fig.5.11)



Figura 5.11 Análisis Microscópico. **Fuente:** Autores

5.6.3.1 Análisis Microscópico de las Muestras.

Para el análisis de las formas en las que están mezclados estos componentes de igual manera para determinar la distribución de los glóbulos, además para determinar los tamaños de los glóbulos nos ayudamos del panel de control del microscopio cuyo panel tiene para visualizar la forma en la que están constituidos los glóbulos y además tiene una herramienta “messure” para determinar las dimensiones del mismo y el área de los Glóbulos (Fig. 5.12).



Figura 5.12 Panel de Control y Visualización del Microscopio. **Fuente:** Autores.

5.6.3.2 Análisis de las Muestras (Convencional)

- **Alta consistencia:**

Distribución: Como se puede ver en la Figura 5.13 la distribución de los glóbulos es muy distante lo que indica, que la mezcla no es muy homogénea, este es en las emulsiones de alta consistencia.

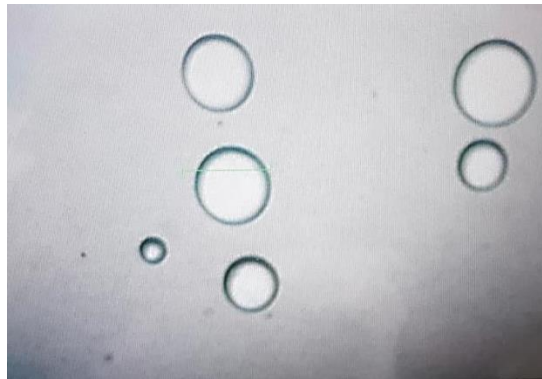


Figura 5.13 Distribución de Glóbulos. **Fuente:** Autores

Tamaño del Glóbulo: Para determinar estos tamaños de partícula nos ayudamos del microscopio de una herramienta denominada “messure” la cual se puede medir el tamaño del glóbulo en micras (μm).

En La figura 5.14, podemos ver que se tomó la medida de los glóbulos y las distancias de separación entre ellos.

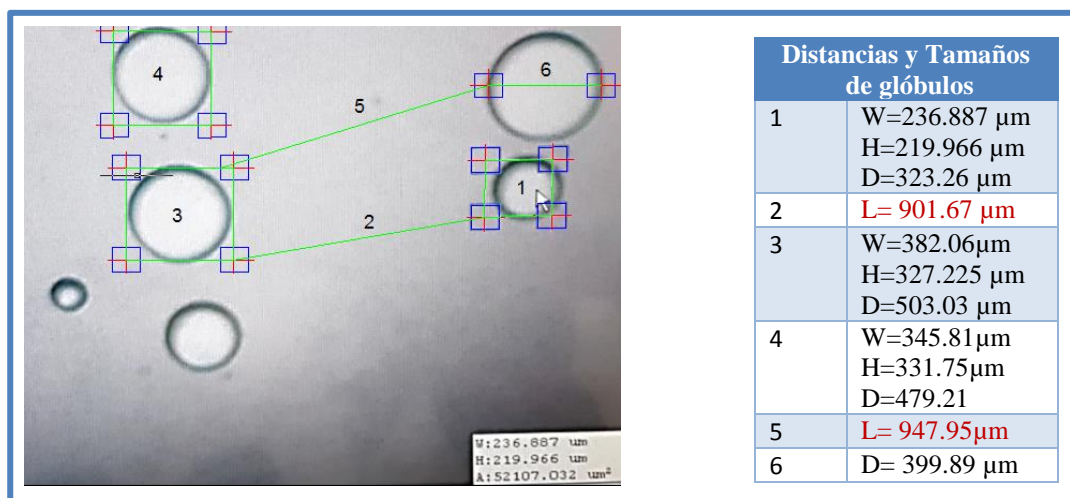


Figura 5.14 Tamaño y longitud de distribución de los glóbulos. **Fuente:** Autores.

- **Baja consistencia:**

Distribución: Como se puede ver en la Figura 5.15 la distribución de los glóbulos es menos distante a la de alta consistencia, aunque los glóbulos tienden a estar un poco más unidos, aún falta una homogeneidad adecuada en la mezcla.

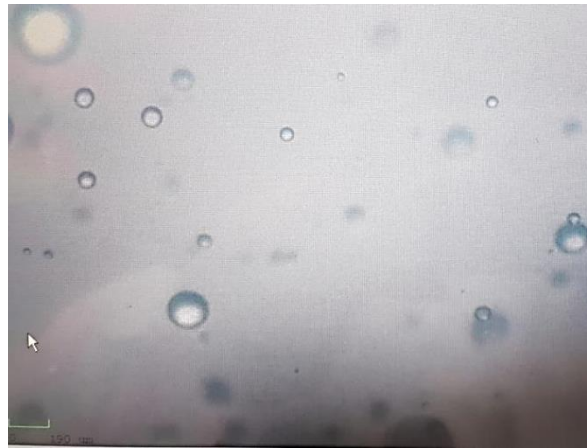


Figura 5.15 Distribución de Glóbulos. **Fuente:** Autores.

Tamaño del Glóbulo: Para determinar estos tamaños de partícula nos ayudamos del microscopio de una herramienta denominada “messure” la cual se puede medir el tamaño del glóbulo en micras (μm).

En La figura 5.16, podemos ver que se tomó la medida de los glóbulos y las distancias de separación entre ellos.

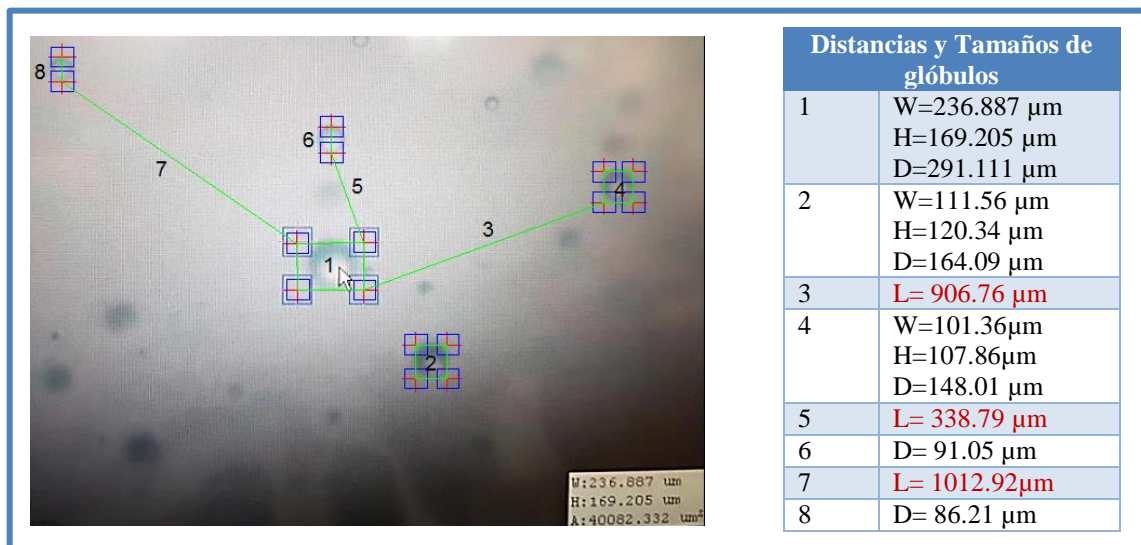


Figura 5.16 Tamaño y longitud de distribución de los glóbulos. **Fuente:** Autores.

5.6.3.3 Análisis de las Muestras (Homogeneizador)

- **Alta consistencia:**

Distribución: Como se puede ver en la Figura 5.17 los glóbulos se encuentran mejor distribuidos, lo que quiere decir que la mezcla está mucho más homogénea comparando con el antiguo método. Este es el caso de las emulsiones de alta consistencia.



Figura 5.17 Distribución de Glóbulos. **Fuente:** Autores.

Tamaño de la Glóbulo: De igual manera con el microscopio medimos el tamaño del glóbulo en micras (μm).

En La figura 5.18 podemos ver que se tomó la medida de los glóbulos y las distancias de separación entre ellos. Se observa que los tamaños de los glóbulos ya son de inferior a los tamaños de los glóbulos anteriores.

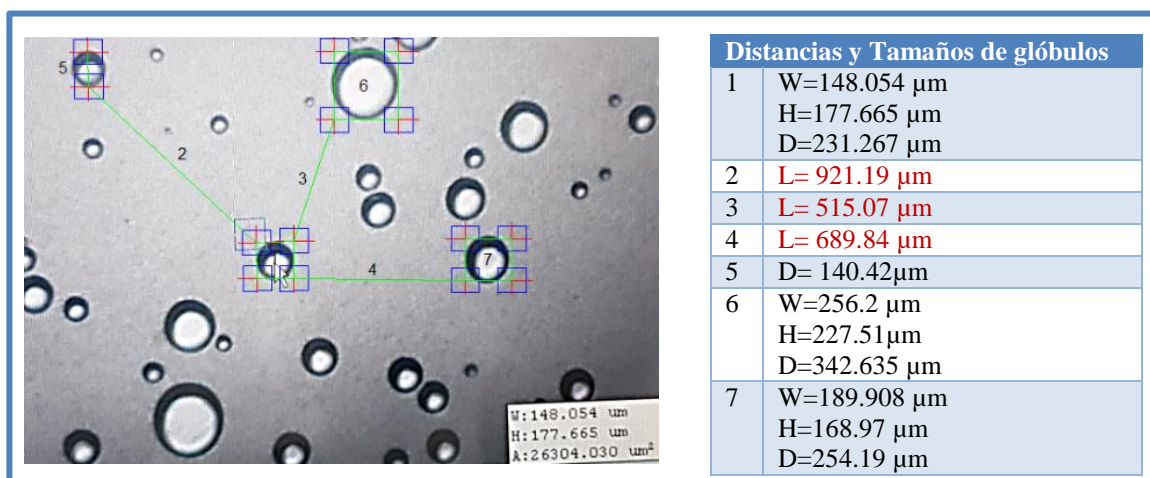


Figura 5.18 Tamaño y longitud de distribución de los glóbulos. **Fuente:** Autores.

- **Baja consistencia:**

Distribución: Como se puede ver en la Figura 5.19 la distribución de los glóbulos se encuentra más cercanos a comparación del método anterior. se obtiene una mezcla mucho más homogénea que la de baja consistencia elaborada por el otro método.

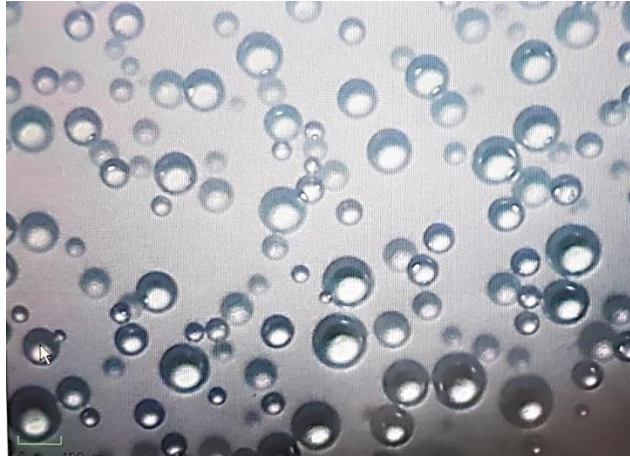


Figura 5.19 Distribución de Glóbulos. **Fuente:** Autores

Tamaño del Glóbulo: En la figura 5.19, se observa claramente que los tamaños de los glóbulos ya son de inferior a tamaño que los glóbulos de la mezcla de baja consistencia.

En La figura 5.20 podemos ver que se tomó la medida de los glóbulos y las distancias de separación entre ellos. Esta es la mezcla más homogénea que los tres casos anteriores.

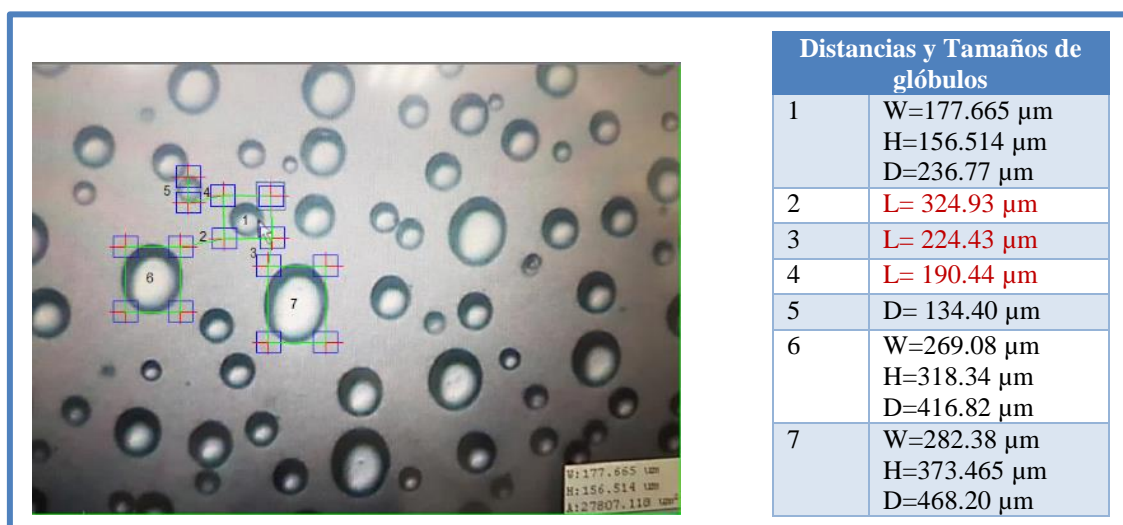


Figura 5.20 Tamaño y longitud de distribución de los glóbulos. **Fuente:** Autores.

5.7 Materiales Utilizados en la Práctica.

Para realizar todos los ensayos se utilizaron los materiales que se pueden observar en la figura 5.21. Son materiales que ayudaron a la medición y obtención de viscosidades, densidades y para determinar el tamaño de glóbulos. Más información de los ensayos se encuentra en el **Apéndice F**.



Figura 5.21 Materiales utilizados en la Práctica. **Fuente:** Autores.

CONCLUSIONES:

- Debido a la gran variedad de productos que realiza la empresa FORMALAB, las características de la maquina diseñada permiten cubrir cualquier tipo de fluidos incluso hasta más densos y viscosos con los que se tomó para el diseño.
- El equipo cuenta con un panel de control que permite programar el tiempo de mezclado, además que se puede controlar la velocidad de trabajo gracias que cuenta con un variador de frecuencia.
- La velocidad de trabajo del motor dependerá de la cantidad de mezcla y de la viscosidad del producto, se podría decir que la cantidad de mezcla es proporcional a la velocidad de giro del motor, mientras mayor sea la cantidad de mezcla se deberá trabajar con altas rpm. Otra actividad de importancia es la mezcla de los ingredientes donde su variable es el tiempo.
- El motor del equipo trabaja con un voltaje de entrada de 220 V, como en la empresa beneficiaria no tienen línea eléctrica bifásica se tuvo que adquirir un transformador de 110 V a 220 V.
- Los diámetros de los ejes seleccionados se eligieron acorde a los diámetros calculados. En nuestro caso, se eligió por factor de seguridad el diámetro comercial cercano mayor para que resista todos los esfuerzos sometidos en los ejes.
- Finalmente, con las pruebas realizadas se demostró que el equipo, cumple con su función que es el de realizar una mezcla homogénea. Que en comparación con el método tradicional que utiliza la empresa FORMALAB el producto final es de mucha mayor calidad y se lo procesa en menor tiempo y a gran escala.

- En la comparación de la distribución de los tamaños de los glóbulos tanto con el método convencional y el equipo, se llegó a determinar que las distribuciones de los glóbulos en el método convencional son muy distantes entre sí y en la distribución de los glóbulos con el equipo están más cercanos. Esto implica que la elaboración de las mezclas con el homogeneizador da un resultado de mezclas óptimo, mejorando así la calidad y la eficacia de los productos que se elaboraran en la empresa “FORMALAB”.

RECOMENDACIONES:

- Verificar que el equipo esté conectado con el transformador de 110 V a 220 V para evitar corto circuitos.
- La capacidad máxima de la máquina que es de 15 litros y no debe ser excedida, para garantizar su normal operación y su vida útil.
- Cuando la maquina esté operando no introducir las manos al mecanismo de cizallamiento.
- El proceso de homogeneización debe realizarse bajo condiciones de higiene y seguridad, el lugar donde se instale la maquina deberá estar libre para el buen desenvolvimiento de la persona a cargo del proceso.
- Si se tiene una mezcla de alta consistencia se puede construir un cabezal de trabajo extra de tipo malla para que tenga una mejor homogenización.
- Se debe realizar la limpieza antes y después de su uso, es necesario lavar el equipo con agua a vapor a presión, ya que esta es una forma más factible en la que puede ser removida cualquier residuo grasoso y viscoso, y matar cualquier agente microbiano, ya que se trabaja con un producto cosmético.
- Realizar el mantenimiento de la máquina siguiendo las indicaciones que se encuentran en el capítulo 4. que está desarrollado en el proyecto, con el fin de que garantiza un buen funcionamiento y mantener la vida útil del homogeneizador.
- Se debe controlar las revoluciones del motor según la cantidad de productos, mientras menor sea la cantidad de la mezcla la velocidad de operaciones deben ser bajas y mientras mayor sea la cantidad de la mezcla la velocidad de operación deben ser más elevadas.

- Aprovechando las bajas revoluciones del equipo se puede optimizarse el proyecto haciendo un acople intercambiable de rotor-paleta para que la maquina funcione como agitador. Lo cual puede constituirse para otro proyecto de grado final.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] «Siete debilidades fueron detectadas en el sector farmacéutico nacional | El Comercio», Ecuador, 2011.
- [2] Quimiz Toral, «Estudio Técnico Económico para la implementación de una empresa de mezclador Homogeneizador», Guayaquil, Ecuador, 2014
- [3] Silverson, «Mezcladores de Inmersión». [En línea]. Disponible en: <http://www.silverson.es>
- [4] «Componentes químicos que contienen las cremas». [En línea]. Disponible en: <https://zonamassein.wordpress.com>
- [5] Monzerrat Torres, «Formas Farmacéuticas Semisólidas: Cremas».
- [6] J. L. Vila, «Formas Farmacéuticas», en *Tecnología Farmacéutica*, Madrid, 2002.
- [7] Mendoza Hernández Liliana, «Ungüentos y Pomadas».
- [8] Michael E. Aulton, *Pharmaceutics: The Science of Dosage Form Design*, 2da ed. 2001.
- [9] Briceño María Rojas Orlando, Rojas Orlando, y Avendaño Jorge, «Fundamentos de Reología». 2012.
- [10] Ministerio de Salud Pública del Ecuador, «Elaboración y Control de Formas Farmacéuticas». .
- [11] John J. Corrigan y Robert M. Culbert, «High shear mixer», USD352724 S.
- [12] Edward T. Bosch, Kenneth D. Langhorn, y Douglas M. Cohen, «High shear rotors and stators for mixers and emulsifiers», US6241472 B1.
- [13] Permixon, «Mezcladores industriales | Equipo de mezcla | Mezclador de homogenización». [En línea]. Disponible en: <http://www.permixtec.com>
- [14] Silverson, « Opciones de mezcladores | Mezcladores de Inmersión». [En línea].

Disponible en: <http://www.silverson.es>.

[15] Hielscher, «Dispositivos Ultrasónicos de Laboratorio». [En línea]. Disponible en: <https://www.hielscher.com>

[16] Silverson, «Cómo funciona | Cabezales de trabajo | Mezcladores de Inmersión». [En línea]. Disponible en: <http://www.silverson.es>.

[17] Duane C. Hanselman, *Brushless Permanent Magnet Motor Design*, 2nd ed. Cranston, RI, 2003.

[18] Josue Joaquin Jimenez Rodriguez, «Control de velocidades de motores de CD sin escobillas implementando en FPGA», Mexico, DF, 2010.

[19] Silverson, «Mezcladores de Laboratorio Serie L5».

[20] Acofarma, «Fichas de informacion tecnica (Vaseline Liquida)».

[21] Jiménez, M. Córdova, *Journal of Tropical Engineering*, Determinación de modelos para evaluar el consumo de potencia en tanques agitados para soluciones pseudoplásticas, 2011.

[22] Valeria Trela, Jorge Roberto Huk, «Agitación y Mezcla». 2015.

[23] Sumitec, «Datos Tecnicos del Acero Inoxidable AISI 304».

[24] Jorge F. Ma San Zapata, *Diseño de Elementos de Maquinas*. 2010.

[25] NORTON, Robert L, *Diseño de Máquinas*. México D.F. Prentice Hall, 616 p

[26] Heinrich Shubert, Freiberg. Eberhard Heidenreich, Dresden. Friedrich Liepe, Köthen. Thomas Neebe, Mülheim/Ruhr, *Ingeniería Mecánica de Procesos*. 1ra ed. Alemania. 1994

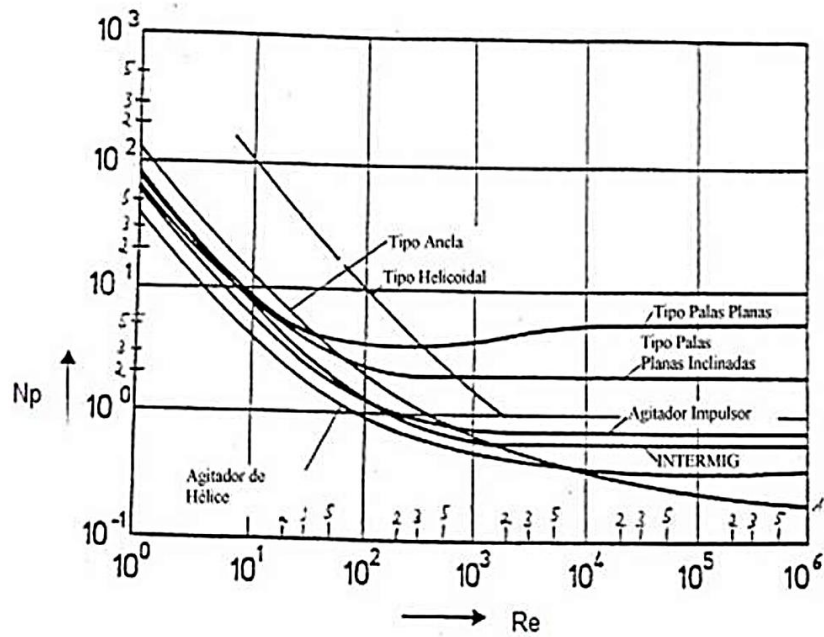
[27] F. P. Beer Johnston, *Mecánica de materiales*, 5th ed. México, DF.

[28] Carlos Rendón - Academia.edu, «LABORATORIO DE MEDIDAS, Viscosidad, Métodos de Medición», 2014.

APÉNDICES

Apéndice A.

Correlaciones de potencia



Apéndice B.

Valores aproximados de C_D , cuerpos tridimensionales:

Forma		Número de Reynolds	C_D
Placa plana paralela		$> 10^5$	0.002-0.014
Placa plana normal		$> 10^3$	2.0
Cilindro circular		$> 10^5$	0.2-1
Barra cuadrada		$> 10^4$	2.0
Barra cuadrada		$> 10^4$	1.50
Barra de triángulo equilátero		$> 10^4$	Extremo afilado hacia delante: 1.40 Cara plana hacia delante: 2.0
Sección C		$> 10^4$	2.30
Sección C		$> 10^4$	1.20
Perfil aerodinámico		Varios	

Apéndice C.

Propiedades físicas del Material.

Normas involucradas:	ASTM A 276
Propiedades mecánicas:	Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI) Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI) Elongación 30 % (en 50mm) Reducción de área 40 % Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Propiedades físicas:	Densidad 7.8 g/cm ³ (0.28 lb/in ³)
Propiedades químicas:	0.08 % C mín 2.00 % Mn 1.00 % Si 18.0 – 20.0 % Cr 8.0 – 10.5 % Ni 0.045 % P 0.03 % S

Apéndice D.

Propiedades de las barras redondas comerciales.

BARRAS DE ACERO INOXIDABLE *Barras trefiladas, torneadas o pulidas. Tolerancia h9-h11*

BARRAS 304

REDONDO

Diámetro (pulg)	Peso (kg/m)
3/16	0,1
1/4	0,2
5/16	0,4
3/8	0,6
1/2	1,0
5/8	1,6
3/4	2,2
7/8	3,0
1	4,0
1 1/8	5,0
1 1/4	6,2
1 1/2	8,9
1 3/4	12,2

Diámetro (pulg)	Peso (kg/m)
2	15,9
2 1/4	20,1
2 1/2	24,9
2 3/4	30,1
3	35,8
3 1/2	48,7
4	63,6
4 1/2	80,5
5	99,4
5 1/2	120,3
6	143,2
8	254,6

BARRAS 316-L

REDONDO

Diámetro (mm)	Peso (kg/m)
2 1/2	24,9
2	15,9
3 1/2	48,7
3	35,8
4	63,6

Apéndice E. Formato de Registro de Pruebas del Equipo:

WSBM MIXERS S.A	COMPROBACION DE HOMOGENIZADORES MECANICOS
----------------------------	--

Fecha:	Modelo:
No Pedido:	Serial:
Cliente:	Aplicación:
Contacto:	
Elaborado por:	
Cargo:	

DATOS DEL RECIPIENTE DONDE SE REALIZAN LAS PRUEBAS

Volumen de la prueba:	Fluido de prueba:
Tipo de recipiente:	
Metálico	<input type="checkbox"/>
Vidrio	<input type="checkbox"/>
Porcelana	<input type="checkbox"/>

DATOS DE LA PLACA DEL MOTOR

Marca:	Modelo:	Serial:	
RPM:	Potencia de Entrada:	Amperaje:	
Voltaje de Conexión:	Potencia de Salida:		
	Par Nominal:		

	SI	NO	
El ruido generado por el motor es molesto:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
El eje gira libremente:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Los magnéticos están en buen estado:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
El Ventilador gira sin ningún problema:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Es correcta la conexión de voltaje:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

CHEQUEO GENERAL

	SI	NO	OBSERVACIONES:
El pasador del eje giratorio está en su posición correcta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Los tornillos y demás pernos están completos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La chaveta del eje de giro está debidamente acoplada con la propela?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La propela o hélice está libre de golpes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El rotor y el estator están debidamente acoplados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Los cabezales de trabajo están en su correcta posición?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El eje está libre de desgaste y fricción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El eje está girando con libertad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La distancia entre la propela y el cabezal primario es la adecuada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si una de las preguntas es "no" verificar el equipo y pro seguir

COMPROBACION ANTES DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

- | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Compruebe que la base del equipo este en una posición fija y nivelada. 2. Verifique que el soporte del motor esté debidamente ajustada. 3. Verifique que el eje soporte esté debidamente ajustado a la base del equipo. 4. Comprobar que el equipo esté conectado al transformador de 220V 5. Colocar el recipiente para realizar la homogenización. 6. Configurar la altura del cabezal 7. Ajustar el eje del soporte del motor. 8. Encienda el motor. 9. Homogenizar el tiempo necesario dependiendo de la mezcla. 10. Si se presentan ruidos en el equipo, apáguelo y chequeelo. | <table border="1" style="width:100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td style="height: 20px;"><input type="checkbox"/></td></tr> </table> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | |

NOTA:	NO AJUSTE EL EQUIPO CUANDO ESTE EN MARCHA
	NO MEZCLAR GRANDES CANTIDADES DE VOLUMEN A LA QUE NO ESTE ADAPTADO EL EQUIPO
	NO ENCENDER EL EQUIPO EN VACIO.
Revision:3	

Fecha:	Modelo:
No Pedido:	Serial:
Cliente:	Aplicación:
Contacto:	
Elaborado por:	
Cargo:	

DATOS DE LAS PARTES DEL HOMOGENEIZADOR

Motor Eléctrico Motor Brushless

	SI	NO				L	D			
Cabezal 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		Espesores:		
Cabezal 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		Espesores:		
Barras Estabilizadoras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		.....	
Soporte eje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		.....	
Soporte de motor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		.....	
Eje giratorio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		.....	
Guía de Ajuste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		.....	
Rotor 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		.....	Tipo:	
Rotor 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		.....	Tipo:	
Rotor 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material:	Peso:	Kg	Dimensiones:		.....	Tipo:	

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Voltaje de conexión del motor:		Duración de la Prueba:	
Consumo de Amperaje al vacío.		Fluido de Prueba:	
Consumo de Amperaje arranque con fluido		Temperatura:	
Consumo de Amperaje operación normal al vacío.			
Consumo de Amperaje arranque operación norma con fluido			
Vibraciones:			
RPM:			
RESULTADOS DE LA PRUEBA:			

APROBADO: REPROBADO:

OBSERVACIONES:

.....
Firma del Técnico

.....
Firma del Jefe de Área

Apéndice G.

Ficha de préstamos de los laboratorios de Ingeniería Mecánica.

FICHA DE PRÉSTAMOS DE LABORATORIOS, MÁQUINAS Y EQUIPOS DE INGENIERÍA MECÁNICA		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	
NOMBRE: <u>WALTER SALMARTIN HURTADO</u>	FECHA: <u>24 JULIO</u>	Nº DE PERSONAS <u>3</u>	DOCENTE RESPONSABLE:
CÉDULA: <u>0302308069</u>	HORA: <u>15:20</u>		
CARRERA: <u>ING. MECÁNICA</u> CICLO: <u>EGRESADO</u>			
TELÉFONO: <u>0995129481</u> E-MAIL: <u>wsalmartin@unsa.edu.ec</u>			
LABORATORIO SOLICITADO:	MÁQUINA:		
<u>LABORATORIO VIBRACIONES</u>	<u>VIBRACIONES (Nº)</u>		
	<u>TACÓMETRO.</u>		
DEVOLUCION:	FECHA: <u>27 DE JULIO</u>	HORA: <u>16:12</u>	<u>J. P. P. H.</u> <u>W. S. H.</u> <u>27/7</u>
OBSERVACIONES:	<u>Préstado Tacómetro.</u>		
<u>W. S. H.</u> <u>27/7</u>	<u>J. P. P. H.</u>	<u>Esteban P. P.</u>	
Solicitante	Docente Responsable	Laboratorista	

Apêndice H.

Propiedades geométricas de algunas secciones.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
CENTRO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA - CESET
CURSOS SUPERIORES DE TECNOLOGIA

CZ-302 - NOÇÕES DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS I

Momentos de Inércia e módulos de resistência				
Seção	J	L	Seção	J L
	$J_1 = \frac{bh^3}{12}$ $J_2 = \frac{b^3h}{12}$			$J_1 = J_2 = \frac{5\sqrt{3}}{144} h^4$ $S = 0,866 h^2$ $L = 0,262 h$
	$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4}$ $\approx 0,05 d^4$	$L = \frac{d}{4} = \frac{r}{2}$		$J_1 = J_2 = 0,03473 h^4$ $S = 0,828 h^2$ $L = 0,257 h$
	$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$ $S = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$ $L = \frac{1}{4} \sqrt{D^2 + d^2}$			elipse $S = \pi ab$ $J_1 = \frac{\pi}{4} ab^3$ $J_2 = \frac{\pi}{4} ba^3$ $L_1 = \frac{b}{2}$ $L_2 = \frac{a}{2}$
	$J \approx \frac{\pi}{8} td^3$ maior precisão com $J \approx \frac{\pi}{8} td^3 \left(t + \frac{t^2}{d^2} \right)$	$L \approx \frac{\sqrt{2}}{4} d$ $S = \pi td$		Setor circular $S = \frac{\omega}{2} r^2$ $J_1 = \frac{r^4}{8} (\omega - \text{sen} \omega)$ $J_2 = J_3 = \frac{8}{9} \cdot \frac{r^4}{\omega} \text{sen}^2 \frac{\omega}{2}$
	$J_1 = \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi} \right) r^4$ $= 0,1098 r^4$ $J_2 = \frac{\pi}{8} r^4$	$L_1 = L_{\text{min}} = 0,2643 r$ $S = \frac{\pi d^2}{8}$		
	$C = \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{R^2 + Rr + r^2}{R+r}$ $J_1 = 0,1098(R^4 - r^4) - 0,283 R^2 r^2 \cdot \frac{R-r}{R+r}$ $J_2 = \frac{\pi}{8} (R^4 - r^4)$	$S = \frac{\pi}{8} (D^2 - d^2)$		
	$J_1 = \frac{bh^3}{36}$ $J_2 = \frac{b^3h}{48}$			

PROF. MILTON GACON JÚNIOR

ANEXOS

Anexo A Registro Fotográfico de Pruebas de Campo.



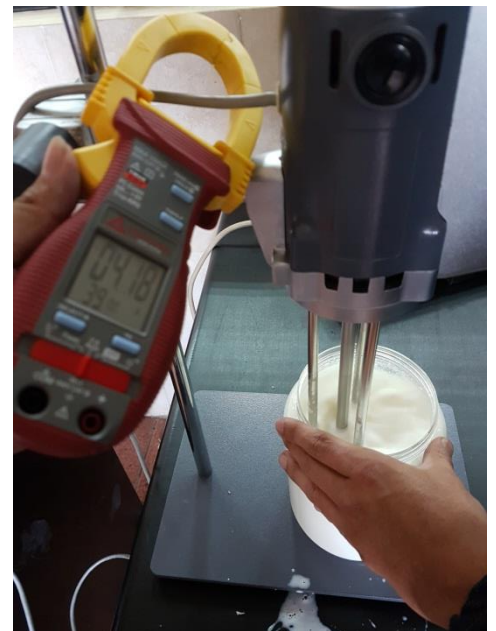
Homogenizador de Alto Cizallamiento



Consumo de amperaje
Amperaje, Equipo
Apagado



Consumo de Amperaje
En vacío

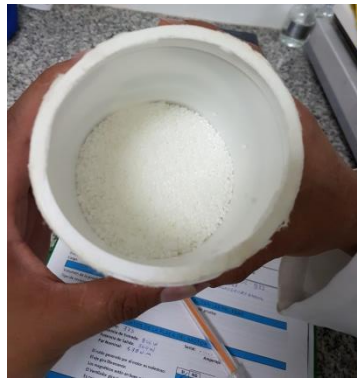


Consumo de
con Carga



Velocidad Angular 14100 RPM

Anexo B. Registro de Ensayos (método Tradicional)



Anexo C. Registro de Ensayos (Homogeneizador)



Anexo D. Registro de Pruebas del Equipo:

Fecha: 4 DE JULIO 2016 Modelo: W4070-3012-B32
 No Pedido: 01 Serial: B26 W27
 Cliente: DR. JUAN CARLOS TORRES Aplicación: HOMOGENIZADOR
 Contacto: 0994940072
 Elaborado por: AUTORES
 Cargo: TECNICOS

DATOS DEL RECIPIENTE DONDE SE REALIZAN LAS PRUEBAS

Volumen de la prueba: 1135 ml Fluido de prueba: EMULSIÓN
 Tipo de recipiente:

Metálico	<input checked="" type="checkbox"/>
Vidrio	<input type="checkbox"/>
Porcelana	<input type="checkbox"/>

DATOS DE LA PLACA DEL MOTOR

Marca: YONGBAO Modelo: 775 Serial: ---
 RPM: 2000-14000 Potencia de Entrada: 850 W Amperaje: ---
 Voltaje de Conexión: 220 V Potencia de Salida: 500 W
 Par Nominal: 1.78 Nm

El ruido generado por el motor es molesto:
 El eje gira libremente:
 Los magnéticos están en buen estado:
 El Ventilador gira sin ningún problema:
 Es correcta la conexión de voltaje:

SI	NO
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

CHEQUEO GENERAL

- El pasador del eje giratorio está en su posición correcta?
- Los tornillos y demás pernos están completos?
- La chaveta del eje de giro está debidamente acoplada con la propela?
- La propela o hélice está libre de golpes?
- El rotor y el estator están debidamente acoplados?
- Los cabezales de trabajo están en su correcta posición?
- El eje está libre de desgaste y fricción?
- El eje está girando con libertad?
- La distancia entre la propela y el cabezal primario es la adecuada?

SI	NO
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Si una de las preguntas es "no" verificar el equipo y pro seguir

COMPROBACION ANTES DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

1. Compruebe que la base del equipo este en una posición fija y nivelada.
2. Verifique que el soporte del motor esté debidamente ajustada.
3. Verifique que el eje soporte esté debidamente ajustado a la base del equipo.
4. Comprobar que el equipo esté conectado al transformador de 220V
5. Colocar el recipiente para realizar la homogenización.
6. Configurar la altura del cabezal
7. Ajustar el eje del soporte del motor.
8. Encienda el motor.
9. Homogenizar el tiempo necesario dependiendo de la mezcla.
10. Si se presentan ruidos en el equipo, apáguelo y chequéelo.

<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>

NOTA:

**NO AJUSTE EL EQUIPO CUANDO ESTE EN MARCHA
 NO MEZCLAR GRANDES CANTIDADES DE VOLUMEN A LA QUE NO ESTE ADAPTADO EL EQUIPO
 NO ENCENDER EL EQUIPO EN VACIO.**

Revision:3

Fecha: 4 DE JULIO 2016 Modelo: W4070-3012-B32
 No Pedido: 01 Serial: B26W27
 Cliente: DR. JUAN CARLOS TORRES Aplicación: HOMOGENEIZADOR
 Contacto: 0994940072
 Elaborado por: AUTORES
 Cargo: TECNICOS

DATOS DE LAS PARTES DEL HOMOGENEIZADOR

Motor Eléctrico Motor Brushless

	SI	NO			L	D	(mm)	
Cabezal 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material: AISI 304	Peso: 0,025 Kg	Dimensiones:	21	28	Espesores:
Cabezal 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material: AISI 304	Peso: 0,065 Kg	Dimensiones:	25	70	Espesores:
Barras Estabilizadoras	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material: AISI 304	Peso: 0,1 Kg	Dimensiones:	260	8	.....
Soporte eje.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material: AISI 304	Peso: 0,347 Kg	Dimensiones:	14	81	.....
Soporte de motor.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material: AISI 304	Peso: 0,35 Kg	Dimensiones:	225	16	.....
Eje giratorio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material: AISI 304	Peso: 0,36 Kg	Dimensiones:	255	10	.....
Guía de Ajuste.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material: AISI 304	Peso: 0,15 Kg	Dimensiones:	28	70	.....
Rotor 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Material: AISI 304	Peso: 0,28 Kg	Dimensiones:	20	28	..... Tipo: Hélice
Rotor 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Material:	Peso: Kg	Dimensiones:			..... Tipo:
Rotor 3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Material:	Peso: Kg	Dimensiones:			..... Tipo:

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Voltaje de conexión del motor:	220 V	Duracion de la Prueba:	5 min
Consumo de Amperaje al vacio.	1,06 A	Fluido de Prueba:	EMULSION
Consumo de Amperaje arranque con fluido	4,18 A	Temperatura:	25 °C
Consumo de Amperaje operación normal al vacio.	1,18 A		
Consumo de Amperaje arranque operación norma con fluido	4,36 A		
Vibraciones:	---		
RPM:	14100		
RESULTADOS DE LA PRUEBA:			

APROBADO: REPROBADO:

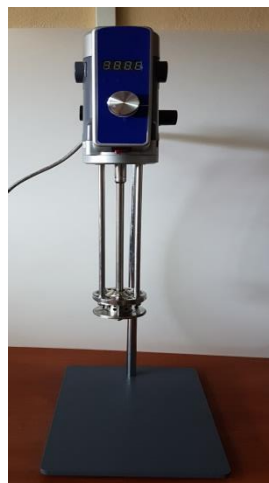
OBSERVACIONES:

SE DEBE CONTROLAR LAS REVOLUCIONES DEL MOTOR SEGUN LA CANTIDAD DE PRODUCCION, MIENTRAS MENOR SEA LA CANTIDAD LAS VELOCIDADES DE OPERACION SON BAJAS Y MIENTRAS MAYORES SEAN LAS CANTIDADES DE MEZCLA SE OPERA A ALTAS VELOCIDADES.

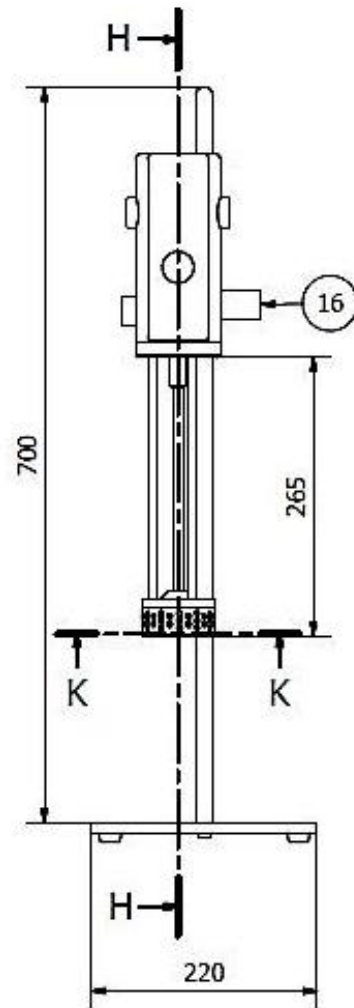
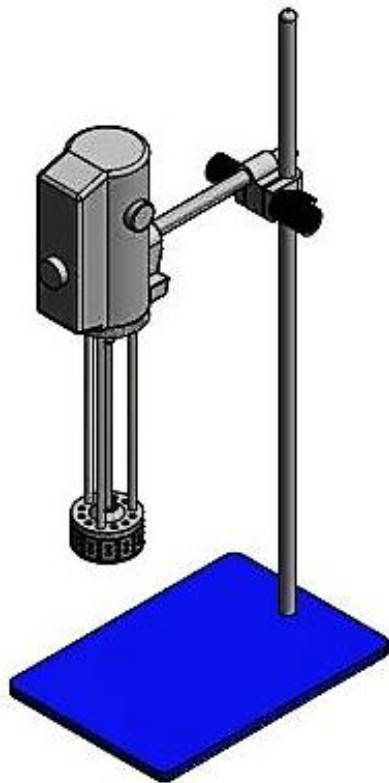
[Firma]
 Firma del Técnico

[Firma]
 Firma del Jefe de Área

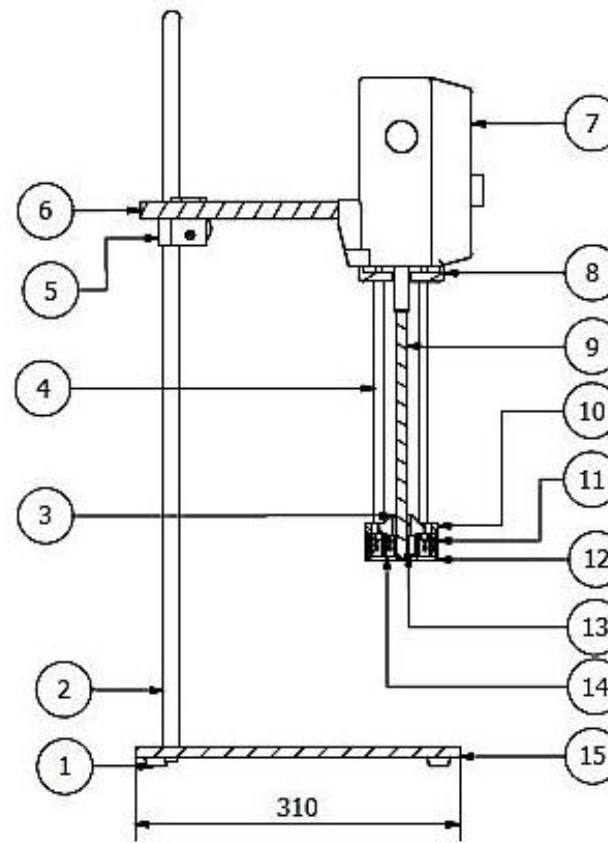
Anexo E. Registro Fotográfico de la Construcción del Equipo:



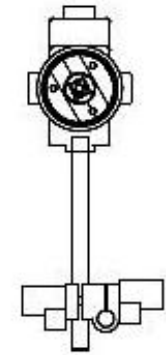
Anexo F. PLANOS.



H-H (0.2: 1)

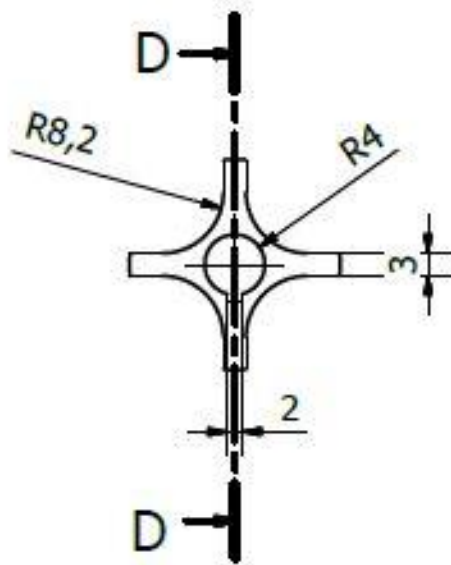


K-K (0.2: 1)

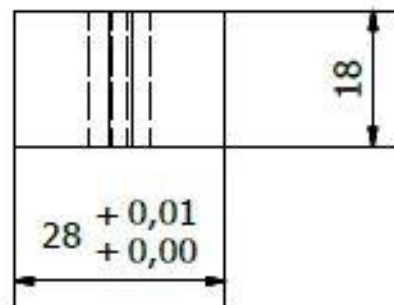
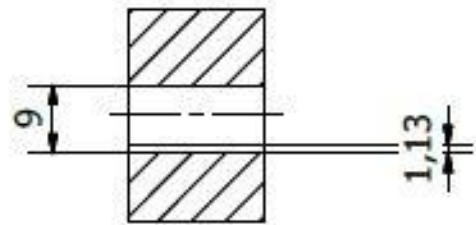



Ctd.	Número	Nombre
1	15	Base
1	2	Eje soporte
4	1	Cauchos
1	7	Motor
1	6	Soporte motor
1	5	Marco de fijacion
1	8	Tapa motor
1	9	Eje giratorio
1	3	Cojinete
1	10	Portacabezal
3	4	Columnas
1	13	Rodete
1	14	Estator
1	11	Cabezal
1	12	Arandela de cabezal
2	16	Perilla S

Diseñado por M. Benenaula - W. Sanmartin	Aprobado por Ing. Nelson Jara	Fecha 13/04/2016	Materia
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		Elemento Homogeneizador	
		Conjunto Homogeneizador	Escala 0.2:1	Pag. 1 / 11

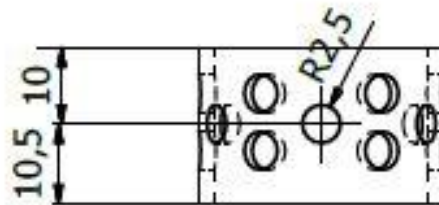
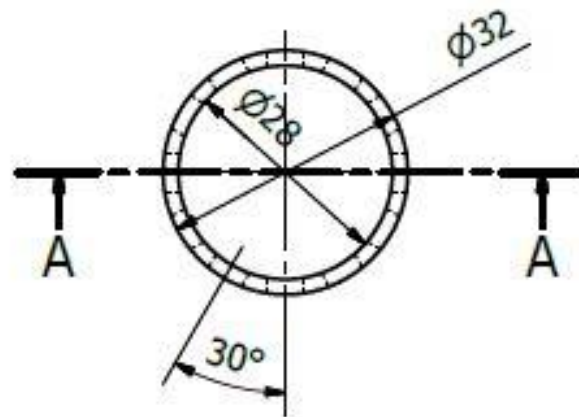
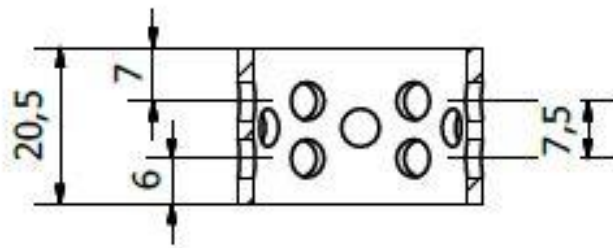


D-D (1 : 1)



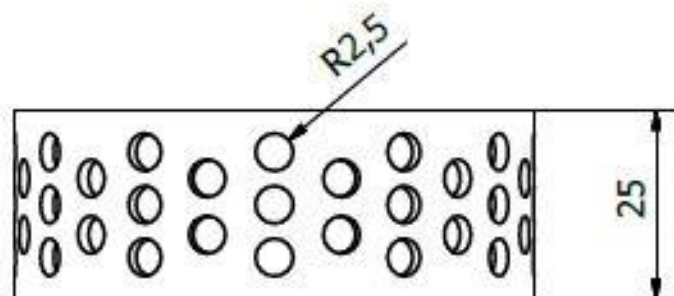
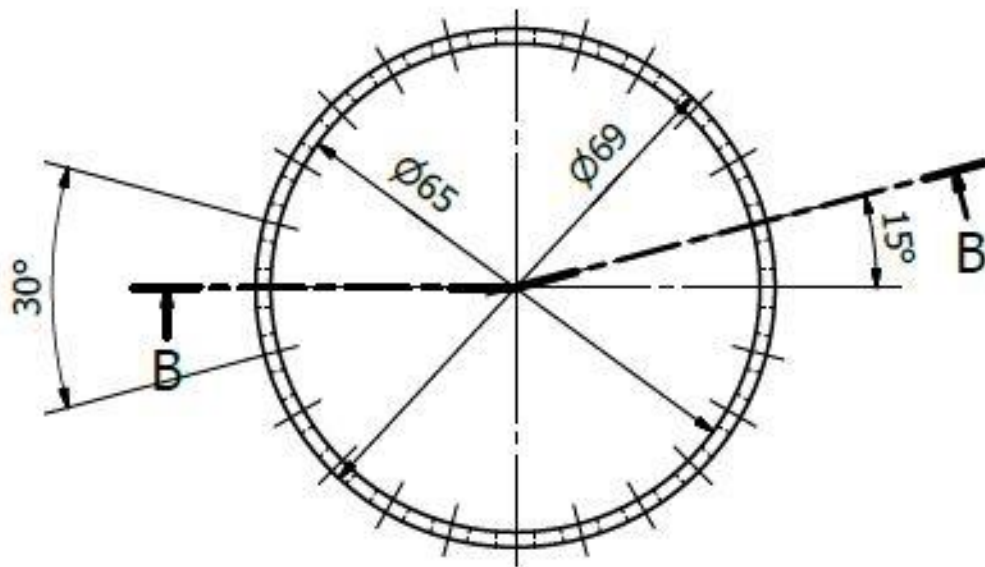
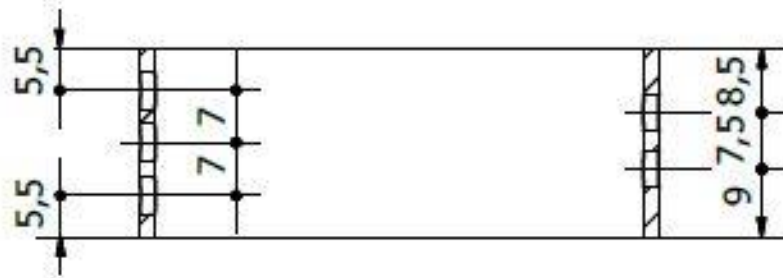
Diseñado por M. Benenaula - W. Sanmartin	Aprobado por Ing. Nelson Jara	Fecha 13/04/2016	Material Ac. Inoxidable 304
 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	Elemento Rodete		
	Conjunto Homogeneizador	Escala 1:1	Pag. 2 / 11

A-A (1 : 1)



Diseñado por M. Benenaula - W. Sanmartin	Aprobado por Ing. Nelson Jara	Fecha 13/04/2016	Material Ac. Inoxidable 304
 UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	Elemento Estator		Escala 1:1
	Conjunto Homogeneizador		Pag. 3 / 11

B-B (1 : 1)



Diseñado por M. Benenaula - W. Sanmartin	Aprobado por Ing. Nelson Jara	Fecha 13/04/2016	Material Ac. Inoxidable 304
---	----------------------------------	---------------------	--------------------------------



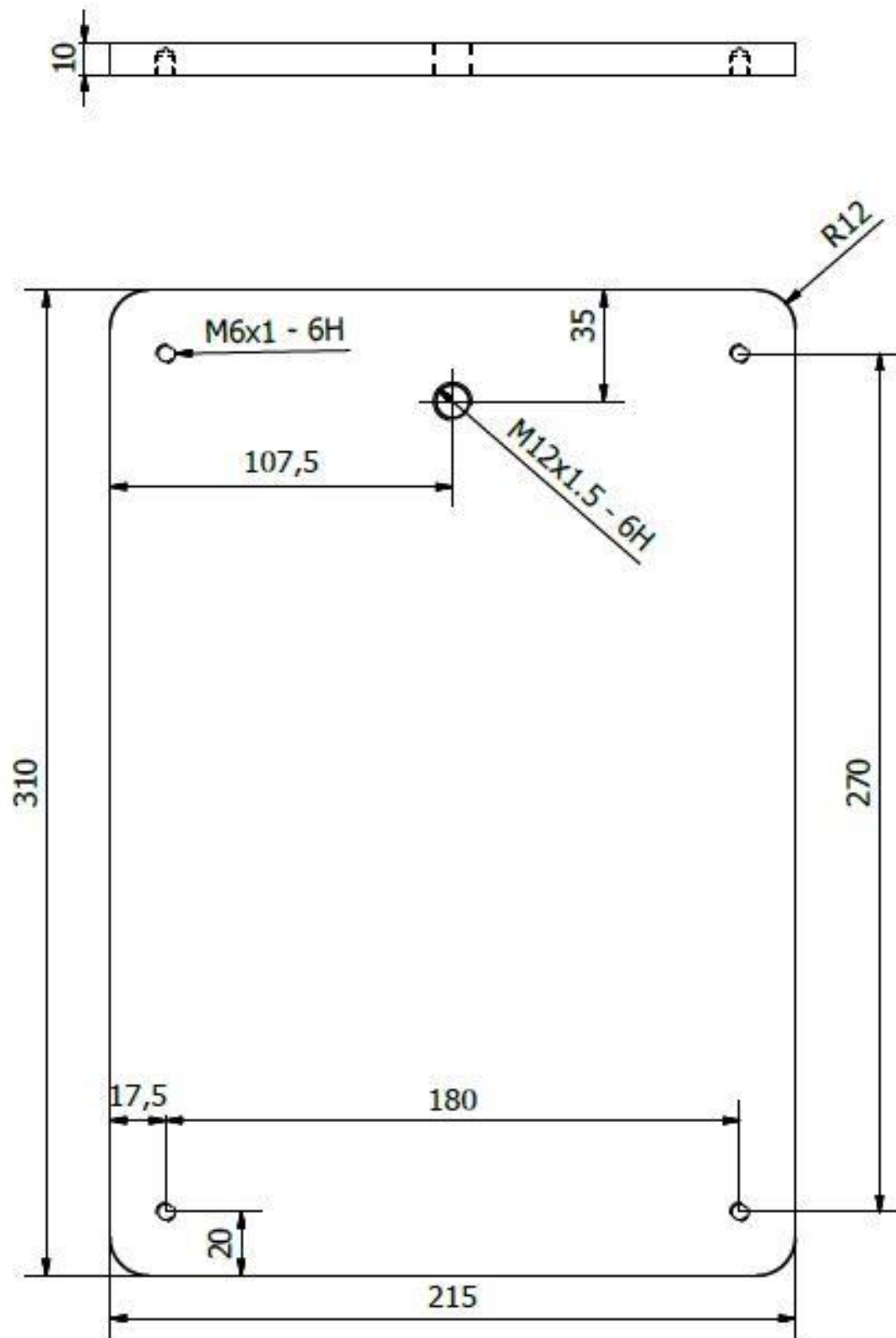
UNIVERSIDAD POLITECNICA
SALESIANA

Elemento
Cabezal

Conjunto Homogeneizador

Escala
1:1

Pag.
4 / 11



Diseñado por M. Benenaula - W. Sanmartin	Aprobado por Ing. Nelson Jara	Fecha 13/04/2016	Material
---	----------------------------------	---------------------	----------



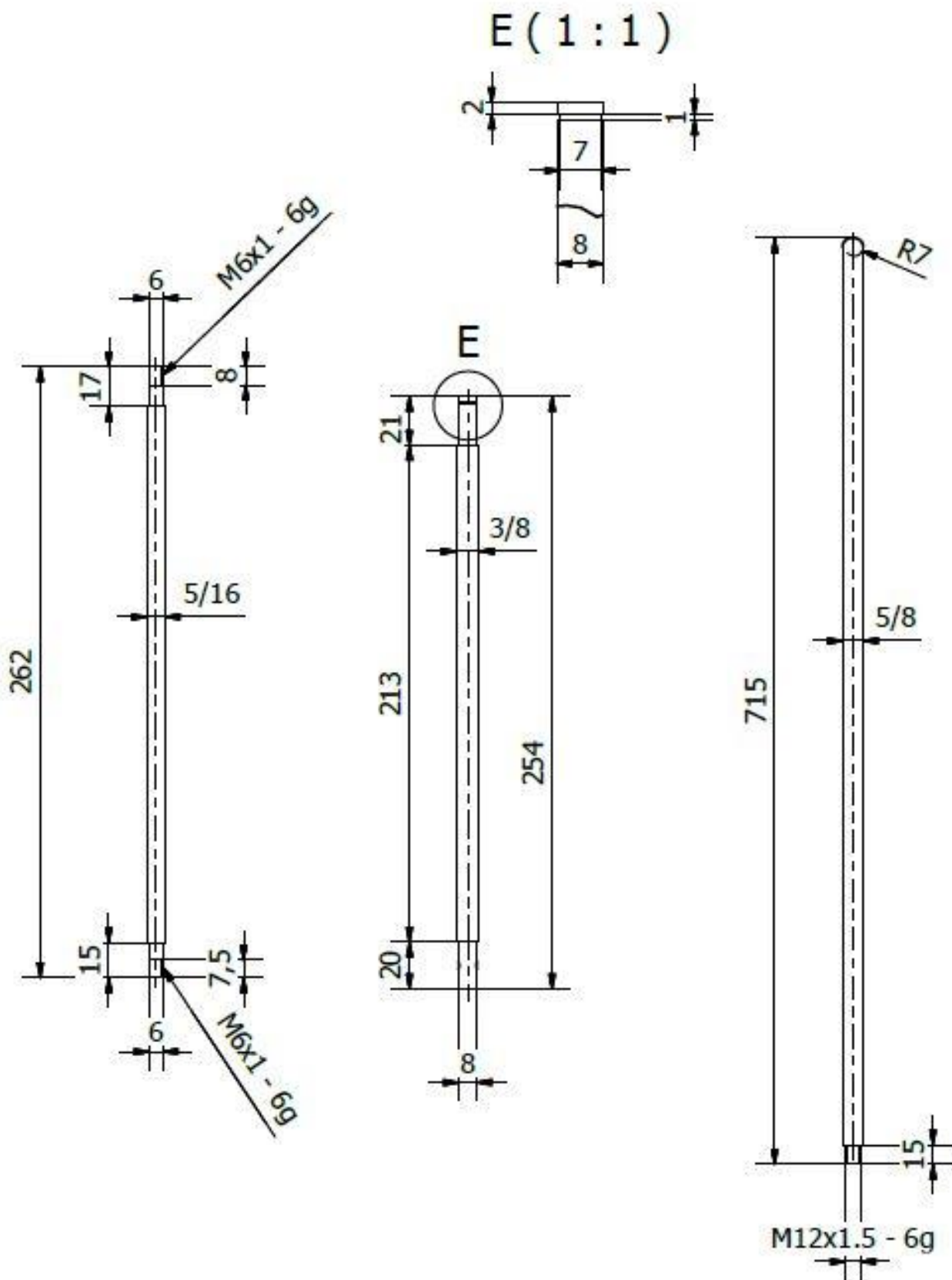
UNIVERSIDAD POLITECNICA
SALESIANA

Elemento
Mesa

Conjunto Homogeneizador

Escala
1:2

Pag.
5 / 11



Diseñado por M. Benenaula - W. Sanmartin	Aprobado por Ing. Nelson Jara	Fecha 13/04/2016	Material Ac. Inoxidable 304
---	----------------------------------	---------------------	--------------------------------

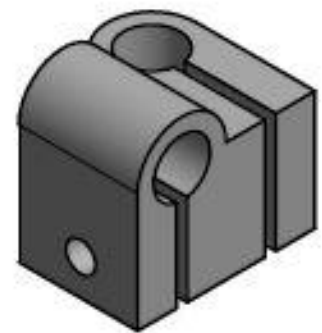
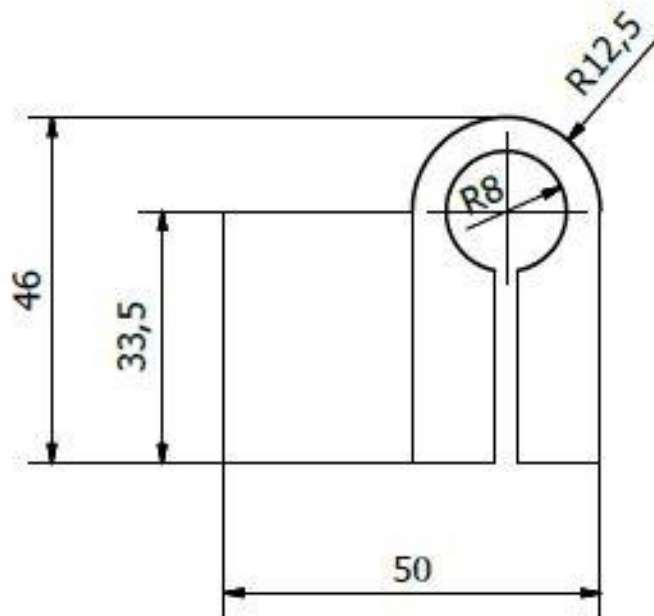
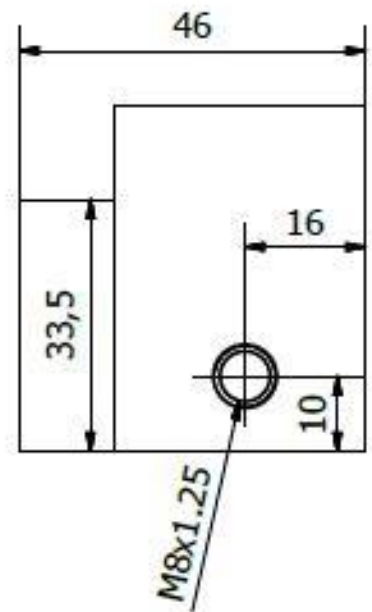
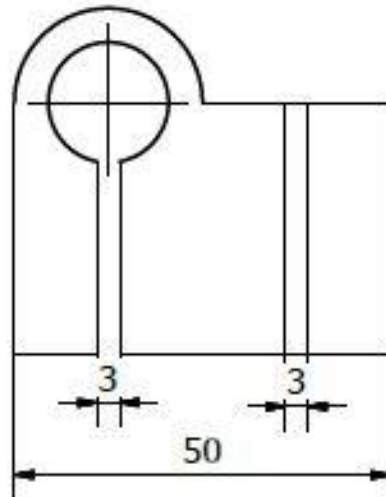
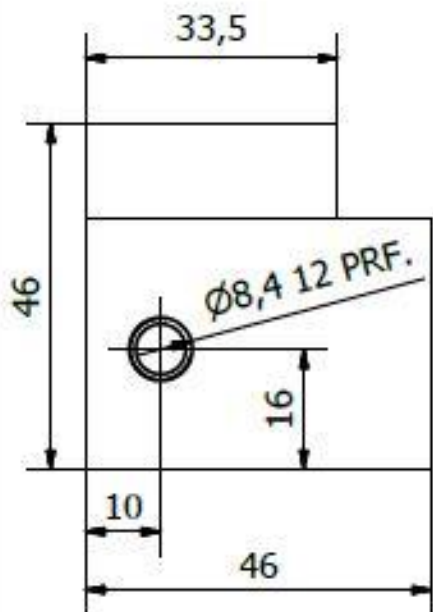


UNIVERSIDAD POLITECNICA
SALESIANA

Elemento
Columna - Eje giratorio - Eje guía

Conjunto Homogeneizador

Escala 1:2.5	Pag. 6 / 11
-----------------	----------------



Diseñado por
M. Benenaula - W. Sanmartin

Aprobado por
Ing. Nelson Jara

Fecha
13/04/2016

Material
Aluminio



UNIVERSIDAD POLITECNICA
SALESIANA

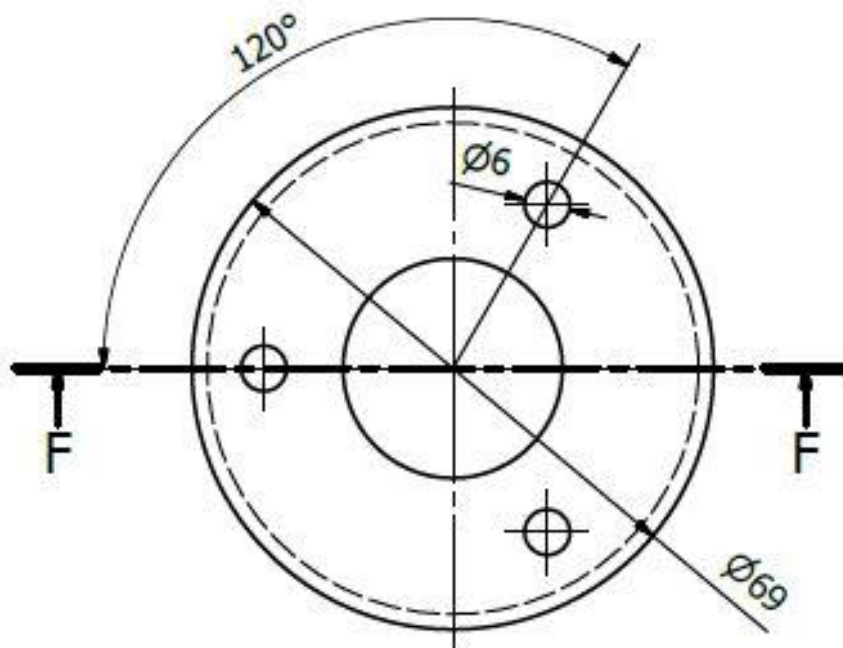
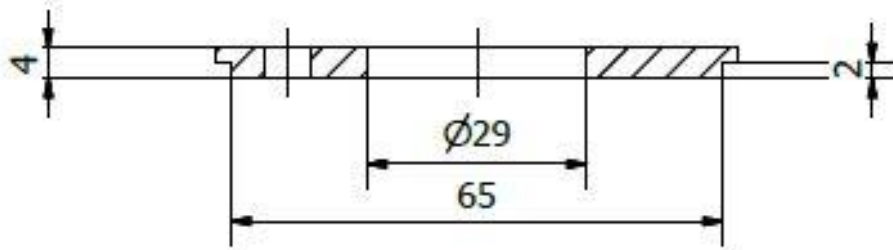
Elemento
Marco de fijación

Conjunto Homogeneizador

Escala
1:1

Pag.
9 / 11

F-F (1 : 1)



Diseñado por

M. Benenaula - W. Sanmartin

Aprobado por

Ing. Nelson Jara

Fecha

13/04/2016

Material

Ac. Inoxidable 304



UNIVERSIDAD POLITECNICA
SALESIANA

Elemento

Arandela de cabezal

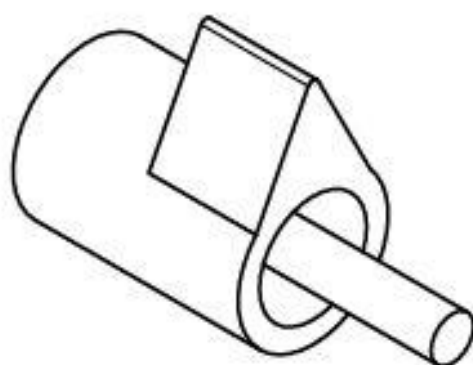
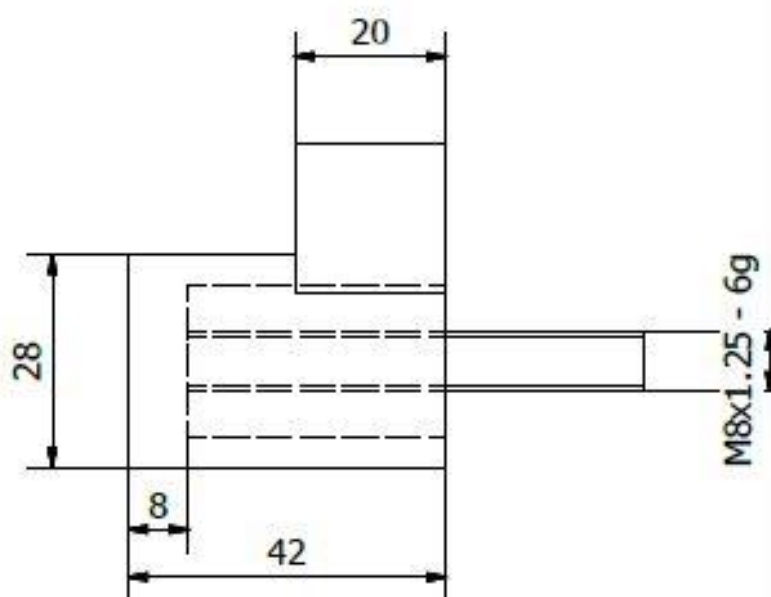
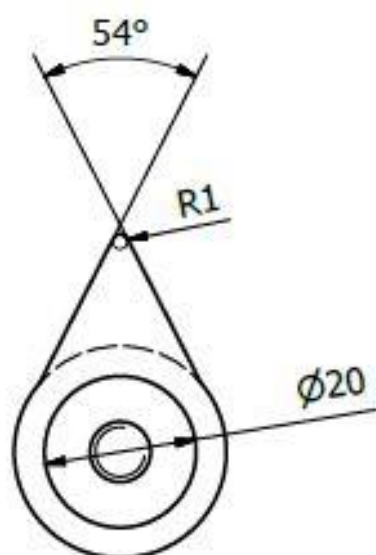
Conjunto Homogeneizador

Escala

1:1

Pag.

7 / 11



Diseñado por

M. Benenaula - W. Sanmartin

Aprobado por

Ing. Nelson Jara

Fecha

13/04/2016

Material

Grilon



UNIVERSIDAD POLITECNICA
SALESIANA

Elemento

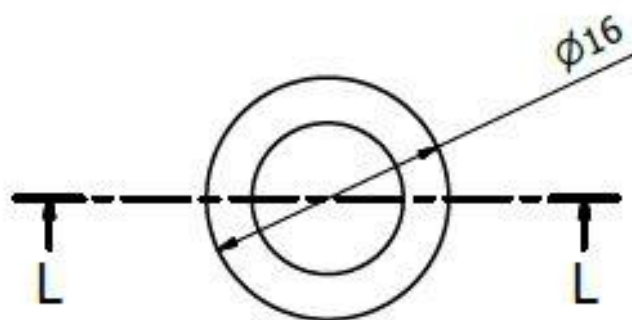
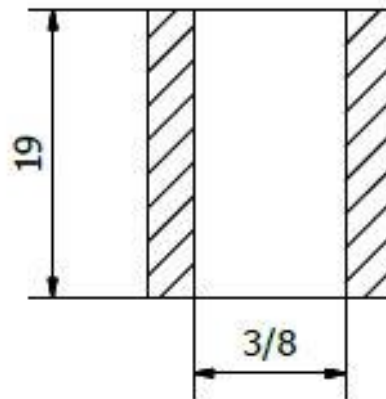
Perilla


Conjunto Homogeneizador

Escala
1:1

Pag.
10 / 11

L-L (2: 1)



Diseñado por M. Benenaula - W. Sanmartin	Aprobado por Ing. Nelson Jara	Fecha 13/04/2016	Material Bronce
	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA	Elemento Cojinete	Conjunto Homogeneizador
			Escala 2:1