



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA TAMIZADORA
VIBRATORIA PARA ARENAS DE MOLDEO EN EL
TALLER DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA DE LA ESCUELA SUPERIOR
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”**

SALAZAR GONZÁLEZ LUIS OCTAVIO

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA-ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-06-13

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

LUIS OCTAVIO SALAZAR GONZÁLEZ

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA TAMIZADORA VIBRATORIA PARA
ARENAS DE MOLDEO EN EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA ESCUELA
SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. José Pérez Fiallos
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Guamán Mendoza
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUIS OCTAVIO SALAZAR GONZÁLEZ

TÍTULO DE LA TESIS: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA TAMIZADORA VIBRATORIA PARA ARENAS DE MOLDEO EN EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2014-05-20

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. José Pérez Fiallos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ángel Guamán Mendoza ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que se presenta, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, el fundamento teórico - científico y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Luis Octavio Salazar González

DEDICATORIA

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

Luis Salazar González

AGRADECIMIENTO

Primero dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.

Un agradecimiento especial a quienes colaboraron en este proceso investigativo, al Ing. José Pérez, y al Ing. Ángel Guamán, que con sus conocimientos permitieron el desarrollo de este proyecto.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, que no es necesario nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración ánimo, pero sobre todo cariño y amistad.

Luis Salazar González

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	
2.1 Tamizado.....	3
2.1.1 <i>Definición</i>	3
2.1.2 <i>Tipos de tamizado</i>	3
2.1.2.1 <i>Tamizado manual</i>	4
2.1.2.2 <i>Tamizado giratorio</i>	4
2.1.2.3 <i>Tamizado vibratorio</i>	5
2.1.2.3 <i>Tamizado centrífugo</i>	6
2.1.3 <i>Aplicaciones</i>	6
2.2 Materiales y equipos para la construcción de la tamizadora.....	7
2.2.1 <i>Tamiz</i>	7
2.2.1.1 <i>Selección de la malla o tamiz</i>	7
2.2.2 <i>Tolva</i>	8
2.2.3 <i>Sistema de amortiguación</i>	9
2.2.3.1 <i>Suspensión neumática</i>	9
2.2.3.2 <i>Suspensión helicoidal</i>	12
2.2.4 <i>Pulsador</i>	15
2.2.4.1 <i>Interruptor</i>	16
2.2.5 <i>Contactor</i>	17
2.2.5.1 <i>Partes de un contactor</i>	17
2.2.5.2 <i>Principio de funcionamiento</i>	20
2.3 Motores electricos.....	21
2.3.1 <i>Características</i>	22
2.3.2 <i>Funcionamiento</i>	22
2.3.3 <i>Tipos de motores</i>	22
2.4 Motovibrador.....	22
2.4.1 <i>Características</i>	23
2.4.2 <i>Principio de funcionamiento</i>	23
2.4.3 <i>Aplicaciones</i>	23
2.5 Aceros.....	24
2.6 Ángulo.....	24
2.7 Arenas de moldeo.....	25
2.7.1 <i>Definición</i>	25
2.7.2 <i>Tipos de arena de moldeo</i>	26
2.7.2.1 <i>Arenas para moldeo en seco</i>	26
2.7.2.2 <i>Arenas de moldeo en verde</i>	26
2.7.3 <i>Propiedades de las arenas</i>	26
2.7.4 <i>Tamaño de grano de las arenas</i>	27
2.7.5 <i>Preparación de arenas</i>	28
2.8 Diseño conceptual.....	28
2.8.1 <i>Descripción del procedimiento</i>	28

2.8.1.1	<i>Métodos de generación de ideas</i>	28
2.8.1.2	<i>Bosquejo a mano alzada</i>	29
2.8.1.3	<i>Tabla morfológica</i>	29
2.9	<i>Diseño preliminar</i>	29
2.9.1	<i>Definición</i>	29
2.9.2	<i>Descripción del procedimiento</i>	29
2.9.2.1	<i>Método de selección</i>	29
2.9.2.2	<i>Prototipo</i>	30
2.9.2.3	<i>Ventajas y desventajas</i>	30
2.10	<i>Diseño detallado</i>	30
2.10.1	<i>Definición</i>	30
2.10.2	<i>Descripción del proceso</i>	30
2.10.2.1	<i>Planos de ingeniería</i>	30
2.10.2.2	<i>Manual de operación y mantenimiento</i>	30
3.	DISEÑO CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TAMIZADORA	
3.1	<i>Diseño conceptual</i>	31
3.1.1	<i>Lluvia de ideas</i>	32
3.1.2	<i>Bosquejo de alternativas</i>	33
3.1.3	<i>Tabla morfológica</i>	36
3.2	<i>Diseño preliminar</i>	37
3.2.1	<i>Método de selección</i>	37
3.2.1.1	<i>Matriz de selección</i>	37
3.2.2	<i>Prototipo</i>	38
3.3	<i>Diseño detallado</i>	39
3.3.1	<i>Dimencionamiento y selección de material</i>	39
3.3.1.1	<i>Estructura soporte</i>	40
3.3.1.2	<i>Cuerpo</i>	41
3.3.1.3	<i>Porta tamiz</i>	42
3.3.1.4	<i>Base soporte de motovibrador</i>	43
3.3.1.5	<i>Canales de salida y placa de retención de material</i>	44
3.3.1.6	<i>Cálculos en resortes</i>	46
3.3.1.7	<i>Esfuerzos</i>	47
3.3.2	<i>Determinación del tipo de motovirador en función de la aplicación</i>	53
3.4	<i>Construcción de la tamizadora</i>	59
3.4.1	<i>Medición</i>	59
3.4.2	<i>Corte</i>	60
3.4.3	<i>Doblado</i>	60
3.4.4	<i>Soldadura</i>	61
3.4.5	<i>Pulir</i>	62
3.4.6	<i>Pintar</i>	63
3.4.7	<i>Ensamblado</i>	63
3.4.7.1	<i>Máquinas y herramientas utilizadas</i>	66
3.4.7.2	<i>Colocación de bocas de salida</i>	67
3.4.7.3	<i>Colocación de pernos de barra estabilizadora y muelle</i>	68
3.4.7.4	<i>Colocación de cuerpo sobre la estructura soporte y muelles</i>	69
3.4.7.5	<i>Colocación del porta tamiz</i>	69
3.4.7.6	<i>Colocación del motovibrador</i>	70
3.4.7.7	<i>Colocación de botonera</i>	70
3.5	<i>Seguridad e higiene para la construcción de la tamizadora</i>	72
3.5.1	<i>Seguridad en el taller</i>	72
3.5.2	<i>Higiene en el taller</i>	74
3.6	<i>Seguridad e higiene en los procesos</i>	75
3.7	<i>Ropa y equipo de trabajo</i>	77

4	IMPLEMENTACIÓN DE LA TAMIZADORA EN EL TALLER	
4.1	Calibración y ajustes.....	80
4.2	Prueba de funcionamiento.....	81
4.3	Resultado de prueba.....	87
4.4	Detección de fallas y depuración.....	89
4.5	Elaboración de un manual de operación.....	91
4.6	Elaboración de un manual de mantenimiento.....	93
4.7	Elaboración de medidas importantes de seguridad.....	95
4.8	Costos.....	97
4.8.1	<i>Costos directos</i>	97
4.8.2	<i>Costos indirectos</i>	98
4.8.3	<i>Costos totales</i>	98
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones.....	99
5.2	Recomendaciones.....	100

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1 Comparación de mallas.....	8
2 Tabla morfológica.....	36
3 Matriz de selección.....	38
4 Cargas soportadas por la estructura.....	40
5 Aceros duros, aleados e inoxidables para resortes.....	53
6 Factor de reducción de producto terminado.....	56
7 Elementos que conforman la tamizadora.....	65
8 Máquinas y herramientas utilizadas.....	67
9 Equipos de protección personal.....	79
10 Comparación tamizado manual y vibratorio.....	88
11 Comparación tamizado manual y vibratorio 1.....	88
12 Posibles fallas y soluciones	90
13 Costos directos.....	97
14 Costos indirectos.....	98
15 Costos totales.....	98

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Tamiz simple.....	4
2	Tamiz giratorio.....	5
3	Tamiz vibratorio.....	5
4	Tamiz centrífugo.....	6
5	Tamiz.....	7
6	Tolva.....	9
7	Fuelle neumático.....	10
8	Muelle helicoidal.....	12
9	Fuerzas actuantes.....	13
10	Resorte de compresión.....	14
11	Resorte de tracción.....	14
12	Resorte de torsión.....	15
13	Contacto normalmente abierto y cerrado.....	16
14	Simbología de polos.....	18
15	Motor.....	21
16	Motovibrador.....	23
17	Clasificación del tamaño de grano.....	28
18	Tamizado vibratorio unidireccional.....	34
19	Tamizado vibratorio rotacional.....	35
20	Deformación bajo carga de la estructura de soporte.....	41
21	Cuerpo.....	42
22	Porta tamiz.....	43
23	Base motovibrador.....	44
24	Canal de salida de material no tamizado.....	45
25	Canal de salida de material tamizado.....	45
26	Placa de retención.....	46
27	Esfuerzos.....	47
28	Canal transportador.....	57
29	Diseño final.....	58
30	Medición.....	59
31	Corte.....	60
32	Doblado de tool.....	61
33	Soldadura.....	62
34	Pulir.....	62
35	Pintado.....	63
36	Ensamble.....	64
37	Ensamble de bocas de salida material.....	68
38	Ensamble de muelle y barra estabilizadora.....	68
39	Ensamble de estructura y cuerpo.....	69
40	Ensamble de porta tamiz.....	69
41	Montaje del motovibrador.....	70
42	Ensamble botonera, relé térmico y luces.....	71
43	Equipo de protección personal.....	78
44	Arena reciclada.....	81
45	Arena nueva.....	81
46	Tamizadores.....	82
47	Máquina universal.....	83
48	Martinete.....	83
49	Permeámetro.....	84

50	Higrómetro.....	84
51	Prototipo 1.....	87
52	Prototipo 2.....	88

SIMBOLOGÍA

K	Rigidez axial	Kg/mm
M_{tx}	Momento torsor	Kg/mm
τ_c	Esfuerzo cortante	Kg/mm ²
S_R	Carga de rotura a tracción	Kg/mm ²
S_{FR}	Límite de fatiga	Kg/mm ²
S_t	Deformación permanente	Kg/mm ²
Vl	Velocidad de incidencia	m/h
V_{TEOc}	Velocidad teórica	m/h
P_v	Peso total de la máquina vibrante	Kg
P_o	Peso del motovibrador	Kg
V_p	Velocidad de avance de producto	m/h
K_r	Factor de reducción de producto transportado	
Q	Caudal	m ³ /h

LISTA DE ABREVIACIONES

ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
ISO	Organización Internacional de Estandarización
CC	Corriente Continua
CA	Corriente Alterna
dA	Diámetro Atómico
AFS	Sociedad Americana de Fundidores
Lbf	Libras fuerza
RPM	Revoluciones Por Minuto
MT	Momento Estático
Hz	Hertzio
HP	Caballos de Fuerza

LISTA DE ANEXOS

- A** Propiedades del material del resorte
- B** Velocidad teórica, excentricidad y ángulo de incidencia
- C** Catálogo de selección motovibrador
- D** Diagrama de proceso
- E** Circuito de fuerza
- F** Circuito de mando

RESUMEN

La construcción e implementación de una tamizadora vibratoria para arenas de moldeo en el taller de fundición de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se realizó con la finalidad de mejorar el proceso de tamizado manual de arena para moldes, que permitirá obtener un tamaño de grano óptimo para lograr un acabado de calidad.

Con la ayuda de un soporte informático de diseño y modelo de mecanismos se obtuvo los planos de la tamizadora y las especificaciones técnicas de los materiales para su construcción.

Para la construcción de la máquina se empleó el corte, doblado y soldadura como procesos de operación más importantes. El ensamblaje de los elementos se realizó colocando los ductos de descarga de material al canal principal de la máquina, en la barra estabilizadora fueron acoplados los muelles, posteriormente se situó el porta tamiz a la estructura soporte, para finalizar con la colocación del motovibrador y la botonera.

En el proceso de control y seguridad de elementos ensamblados se procedió a realizar la prueba de funcionamiento tamizando 1 m^3 de arena de moldeo donde la máquina cumplió con todos los parámetros establecidos en las etapas de diseño, el tamiz seleccionado fue el adecuado porque permite lograr el tamaño de grano óptimo para el moldeo; y, el caudal de tamizado supera las expectativas planteadas debido a que la máquina puede procesar 9 m^3 de arena por hora.

Se recomienda no sobrecargar la máquina para obtener mejores resultados y prolongar el tiempo de vida útil de cada uno de los elementos que la constituyen.

ABSTRACT

The construction and implementation of the vibrating-sieve for molding sand in the smelter of the Faculty of Mechanics at the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, was performed with the aim of improving the manual screening process of molding sand, which will produce optimum size to achieve a quality finish.

By using a computer-support for design and molding mechanism the planes of sieving and technical specifications of materials to build it was obtained.

For the construction of the machine it was used cutting, bending and welding processes as major operation. The assembly of the elements was performed by placing the pipeline material discharge to the main channel of the machine, the stabilizing bar were coupled to the springs, subsequently the base for the sieve was joined to the support structure, and finally the motor-vibrator and keypad were placed.

In the control and safety process of the assembled elements a function test was performed sieving 1m^3 molding sand were the machine met all the parameters of the design stages, the selected sieve was appropriate because it allows achieving optimum grain size molding; and screening flow exceeds expectations raised because the machine can process 9m^3 sand per hour.

It is recommended not to overload the machine in order to obtain better results and extend the lifetime of each of its parts.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo cuenta con varios talleres con propósitos académicos, donde profesores y estudiantes desempeñan alguna actividad con el fin de reforzar sus conocimientos a través de la práctica. Uno de ellos es el taller y laboratorio de fundición, en el cual desde su creación ocasionalmente se elaboran de forma artesanal piezas de distinta índole tamaño y fin.

La innovación de equipos en el taller de fundición, cumplir con parámetros técnicos a fin de obtener una fundición de calidad, es una prioridad de la Facultad de Mecánica.

El proceso tradicional utilizado en el taller de fundición es el moldeo en arena y el tamizado simple manual, por ser la arena un material refractario muy abundante en la naturaleza y que mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido.

Es debido a esto que el proceso de tamizado es factor muy importante en la fundición ya que de este dependerá el acabado del material fundido y la resistencia del molde al verter la colada.

1.2 Justificación

Debido al giro que viene dando en la actualidad el control de procesos en la industria, y viendo la necesidad que los estudiantes de Ingeniería Industrial, se familiaricen con estos temas de forma práctica, en este proyecto se ha plasmado la idea de mejorar el proceso de tamizado de arenas para moldes de fundición del taller de fundición de la Facultad de Mecánica.

Para integrar el talento humano a los recursos tecnológicos y las competencias intelectuales se hace necesario que este tipo de proyectos y herramientas de aprendizaje se faciliten a los estudiantes en primera instancia en los talleres y laboratorios de la escuela de Ingeniería Industrial y sea un programa piloto, modelo de innovación con muestra de colaboración obteniendo como valor agregado el posicionamiento de nuestra escuela a nivel regional y nacional, ganando de este modo el desempeño brillante de sus egresados y el deseo de muchos ecuatorianos de formarse y capacitarse en tan prestigiosa institución.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Implementar una tamizadora vibratoria para arenas de moldeo en el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

1.3.2 Objetivos específicos:

Diseñar, construir y comprobar el funcionamiento de la tamizadora.

Cambiar el sistema de tamizado manual por un sistema vibratorio.

Optimizar el proceso de tamizado de arenas para moldes de fundición.

Disminuir el esfuerzo humano que se genera al tamizar la arena.

Realizar el estudio de costos de construcción.

CAPÍTULO II

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Tamizado

2.1.1 Definición. El tamizado es un método físico para separar mezclas, el cual consiste en hacer pasar una mezcla de partículas de diferentes tamaños por un tamiz, cedazo o cualquier equipo con el que se pueda colar. Las partículas de menor tamaño pasan por los poros del tamiz o colador atravesándolo y las grandes quedan retenidas por el mismo. También parte del cuerpo o radicación sobre ella. Un ejemplo podría ser, si se saca tierra del suelo y se espolvorea sobre el tamiz, las partículas finas de tierra caerán y las piedritas y partículas grandes de tierra quedarán retenidas en el tamiz. (MORENO, 2012)

En el tamizado industrial los sólidos se sitúan sobre la superficie del tamiz. Los de menor tamaño o finos pasan a través del tamiz, mientras que los de mayor tamaño o colas, no pasan. Un solo tamiz puede realizar una separación en dos fracciones. Dichas fracciones se dice que no están dimensionadas, ya que si bien se sabe cuáles son los límites superior e inferior de los tamaños de partícula de cada una de las fracciones, no se conocen los demás límites de tamaños.

El material que se hace pasar por una serie de tamices de diferentes tamaños se separa en fracciones clasificadas por tamaños, es decir fracciones en las que se conocen los tamaños máximos y mínimos de las partículas. En algunas ocasiones el tamizado se lo realiza en húmedo, pero la mayoría de las veces se opera en seco.

2.1.2 Tipos de tamizado. Existe una gran variedad de procesos de tamizado para distintas finalidades en este caso solamente se considerarán los tipos más representativos. En la mayoría de las tamizadoras las partículas pasan a través de las aberturas por gravedad, pero en algunos casos las partículas son forzadas a través del tamiz por medio de un cepillo o mediante fuerza centrífuga.

Existen partículas que pasan fácilmente a través de aberturas grandes en una superficie estacionaria, pero otras precisan de alguna forma de agitación, tal como sacudidas, giro, vibración mecánica o eléctrica.

2.1.2.1 Tamizado manual. Tamiz manual simple o también llamado zaranda a una especie de instrumento cuadrangular, compuesto de cuatro tablas que se estrechan hacia el suelo el cual está compuesto de una red hecha de lías delgadas.

La pendiente y el camino que sigue el material son generalmente paralelos a la longitud de las barras. La alimentación de partículas muy gruesas, como la procedente de un triturador primario, se deja caer sobre el extremo más elevado de la parrilla.

Los trozos grandes ruedan y se deslizan hacia el extremo de los rechazos mientras que los trozos pequeños pasan a través de la parrilla y se recogen en un colector.

Figura 1. Tamiz simple



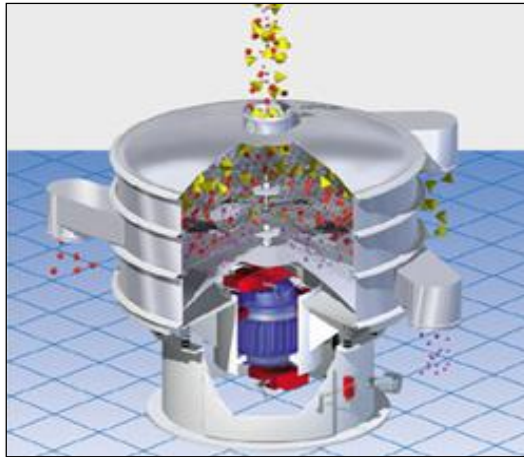
Fuente: <http://tallerdebelenismo.forocreacion.com/t138-zaranda>

2.1.2.2 Tamizado giratorio. En casi todos los tamices que producen fracciones clasificadas por tamaños, el material grueso es el primero que se separa mientras que el más fino es el último.

Estos aparatos constan de varios tamices, acoplados unos encima de otros, formando una caja o carcasa. El tamiz más grueso se sitúa en la parte superior y el más fino en la inferior todos ellos están provistos de las adecuadas conducciones para permitir la separación de

las distintas fracciones. La mezcla de partículas se deposita sobre el tamiz superior, los tamices y la carcasa se hacen girar para forzar el paso de las partículas a través de las aberturas de los tamices.

Figura 2. Tamiz giratorio



Fuente: <http://www.kason.com/sp/Vibroscreen/>

2.1.2.3 Tamizado vibratorio. Son tamices que vibran con rapidez y pequeña amplitud se obstruyen con menos facilidad que los tamices giratorios. Las vibraciones se pueden generar mecánica o eléctricamente. Las vibraciones mecánicas generalmente se transmiten desde excéntricas de alta velocidad hasta la carcasa de la unidad y desde ésta hasta los tamices inclinados.

Las vibraciones eléctricas generadas por grandes solenoides se transmiten a la carcasa o directamente a los tamices.

Figura 3. Tamiz vibratorio

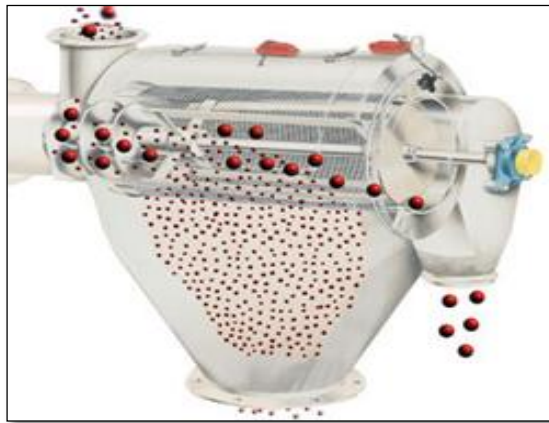


Fuente: <http://masqmáquinas.com/cms/home/productos/cribas-vibratorias-industriales.html>

2.1.2.4 Tamizado centrífugo. El tamiz centrífugo consiste en un cilindro horizontal de tela metálica o de material plástico, palas helicoidales de alta velocidad dispuestas sobre un eje central impelen los sólidos contra la parte interior del tamiz estacionario, con lo cual las partículas finas pasan a través del tamiz mientras que el rechazo es transportado hasta el lugar de descarga.

Los tamices de materiales plásticos se expansionan algo durante la operación y los pequeños cambios que se producen en las aberturas tienden a impedir la obstrucción o cegado. Algunos equipos incluyen cepillos adosados a las palas que colaboran con la acción centrífuga en hacer pasar los sólidos a través del tamiz.

Figura 4. Tamiz centrífugo



Fuente: <http://www.kason.com/sp/centrifugal/>

2.1.3 Aplicaciones. Independientemente que se trate de un polvo, granulo, líquido, lodo o suspensión, normalmente son necesarios los equipos de separación después de cada proceso, como una forma de control de calidad o para refinar o corregir los productos químicos antes de que puedan pasar a la siguiente fase de producción.

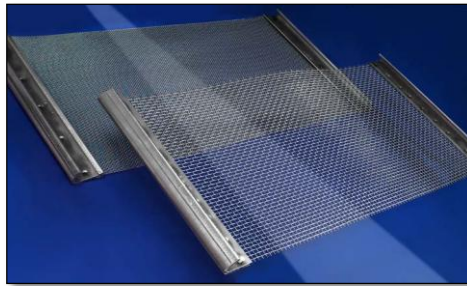
Existen muchas aplicaciones diferentes para las tamizadoras uno de los usos más comunes del tamizado es cuando se trata de materiales que han sido mezclados y no se puede separar de forma individual.

Hay tamizadoras que están diseñados de tal manera que son capaces de filtrar materiales muy finos, por lo general son hechos con agujeros muy pequeños, por lo que las partículas más grandes se quedan en el cedazo.

2.2 Materiales y equipos para la construcción de la tamizadora

2.2.1 Tamiz. Un tamiz es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio entre sí por donde se hace pasar el material previamente triturado. Las aberturas que deja el tejido y que en conjunto constituyen la superficie de tamizado, pueden ser de forma distinta según la clase de tejido. Las mallas cuadradas se aconsejan para productos de grano plano, escamas, o alargado.

Figura 5. Tamiz



Fuente:<http://www.tamices.cl/imagenes/grandes/tamices-industriales.jpg>

2.2.1.1 Selección de la malla o tamiz. Las telas y mallas son tejidos metálicos de cualquier tipo de acero inoxidable, estas son utilizadas para la fabricación de cribas vibratorias, filtros y tamizadoras. La malla de acero inoxidable es un medio de filtración eficaz utilizada para separar, cribar o tamizar diferentes tipos de productos y puede ser utilizada en cualquier industria.

Para la construcción de un tejido metálico, se realiza mediante el entrelazamiento de alambres que forman entre sí las mallas, estos alambres se identifican como urdimbre y trama. La distancia entre los ejes de las mallas la representa el espacio entre la línea central de un alambre y la del otro de la misma malla.

Se entiende por luz de la malla a la abertura útil de pasaje, y la superficie de paso es la relación al tanto por ciento entre la superficie total de los ojos de las mallas y la superficie total de la tela. Para elegir la malla y para optar por alguna opción en caso de no poder conseguir o no existir en el mercado el que se necesita, se da a continuación una tabla que correlaciona los números de mesh y la apertura de malla en tres sistemas distintos de normas utilizados internacionalmente. (NÚÑEZ, 2008)

Mesh: Lo representa el número de luces de mallas dentro de una pulgada inglesa, equivalente a 25.4 mm. En la siguiente Tabla podemos observar la comparación entre la abertura de malla y número de mesh en los sistemas ASTM, Tyler y British Estándar.

Tabla 1. Comparación mallas

Abertura en (mm)	USA standard ASTM E 11-61	Número de mesh de tyler (mesh/in.)	British standard (mesh/in.)
0,0037	400	400	-----
0,044	325	325	-----
0,045	-----	-----	350
0,053	270	270	300
0,063	230	250	240
0,074	200	200	-----
0,075	-----	-----	200
0,088	170	170	-----
0,090	-----	-----	170
0,105	140	150	150
0,125	120	115	120
0,149	100	100	-----
0,150	-----	-----	100
0,177	80	80	-----
0,180	-----	-----	85
0,210	70	65	72
0,250	60	60	60
0,297	50	48	-----
0,300	-----	-----	52
0,354	45	42	-----
0,355	-----	-----	44
0,420	40	35	35
0,500	35	32	30
0,595	30	28	-----
0,600	-----	-----	25
0,707	25	24	-----
0,710	-----	-----	22
0,841	20	20	-----
1,00	18	16	16
1,19	16	14	-----
1,20	-----	-----	14
1,41	14	12	-----
1,68	12	10	10
2,00	10	9	8

Fuente: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/55-Enrelacinalostamicenormalizados.pdf>

2.2.2 Tolva. Se denomina tolva a un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados entre otros. En ocasiones se monta sobre un chasis que permite el transporte.

Generalmente es de forma cónica y siempre es de paredes inclinadas como las de un gran cono, de tal forma que la carga se efectúa por la parte superior y forma un cono la descarga se realiza por una compuerta inferior. Son muy utilizadas en agricultura, en construcción de vías férreas y en instalaciones industriales.

Figura 6. Tolva



Fuente: <http://www.yeraymaquinaria.com/33.html>

2.2.3 Sistema de amortiguación. El amortiguamiento se define como la capacidad de un sistema o cuerpo para disipar energía cinética en otro tipo de energía. Típicamente los amortiguados disipan la energía cinética en energía térmica y/o en energía plástica.

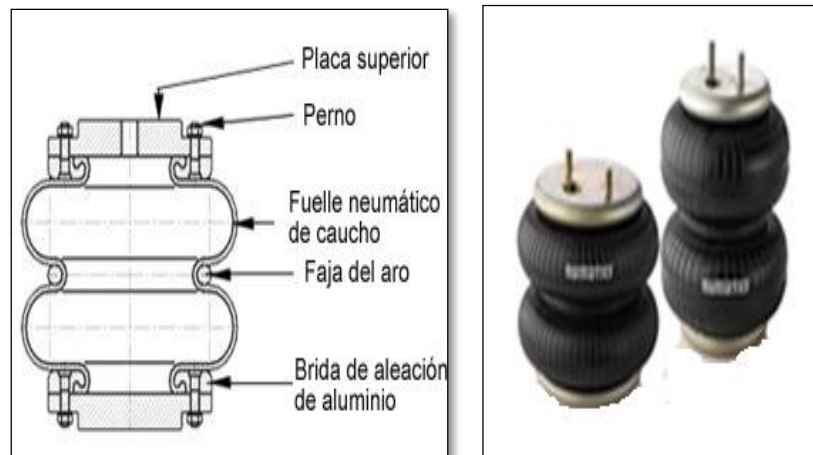
La amortiguación es un parámetro fundamental en el campo de las vibraciones, fundamental en el desarrollo de modelos matemáticos que permiten el estudio y análisis de sistemas vibratorios, como lo son: estructuras metálicas, motores, maquinaria rotativa, turbinas, automóviles, etc. Esto va encaminado a la teoría de que todo sistema vibratorio regularmente sistemas mecánicos tiene la capacidad de disipar energía.

Para el control de vibraciones e impactos en maquinaria, se utiliza el concepto de amortiguamiento como una técnica para disipar energía del sistema, manipulando así la amplitud de vibración en el sistema y otros parámetros de estudio.

2.2.3.1 Suspensión neumática. El resorte neumático está formado por una estructura de goma sintética reforzada con fibra de nailon que forma un cojín o balón vacío en su interior. (MOVIDAS, 2012)

La capa del cable de hilo funciona para recubrir la carga, la capa de caucho interior sirve para obtener un rendimiento sellado y la capa de caucho externo sirve para el sellado y protección. Un fuelle de suspensión neumática, de caucho se refiere a un cacho cuidadosamente diseñado para contener en la parte inferior una columna de aire comprimido la cual funciona para proporcionar fuerza y soporte de carga. También se llama fuelle de suspensión neumática o fuelle neumático, o elastómero inferior

Figura 7. Fuelle neumático



Fuente: http://www.ascovalve.com/ApplicationsSpanish/Markets/Air_Suspension.aspx

Principio de Funcionamiento. Ya sea un estilo de fuelle de suspensión tipo manga o cilindro de fuelle de suspensión neumática, funciona bajo el mismo principio.

El fuelle de suspensión neumática contiene una columna de aire comprimido con una carga en aumento, la altura del fuelle de suspensión neumática disminuye, mientras tanto el volumen de la columna de aire se reduce y la parte rígida del fuelle de suspensión neumática se incrementa, debido a esto la capacidad efectiva de soporte del fuelle de suspensión neumático es mayor.

Cuando la carga disminuye aumenta la altura del fuelle de suspensión neumática, y al mismo tiempo, la rigidez del fuelle de suspensión neumática se disminuye y la capacidad de soporte es reducida.

Ventajas. Un fuelle de suspensión neumática tiene las siguientes ventajas:

1. **Capacidad variable de carga.** Como se mencionó en la sección de principio de funcionamiento, la capacidad de carga del fuelle de suspensión neumática es ajustable a través de diversas formas.
2. **Control de altura fácil de usar.** Tomando la ventaja de la presión del compresor, la altura del fuelle de suspensión neumática puede ser ajustada a la altura deseada o mantenerla cerca del circuito de control de sistema.

- 3. Acción de baja fricción.** A diferencia de la hoja de acero, suspensión de bobina, el fuelle de suspensión neumática viene con un miembro separado de caucho flexible que separa de los puntos de anclaje rígido al bastidor y la suspensión, etc. Por lo tanto, hay libertad para moverse sin resistencia y fricción.

Aplicaciones. El fuelle de suspensión neumática fuelle neumático se utiliza ampliamente en sistemas de suspensión de vehículos, sistemas de elevación, aislantes de vibración, asientos de los conductores, vehículos ferroviarios y más.

- 1. Se utiliza en el sistema de suspensión de vehículos.** El uso del fuelle de suspensión neumática ayuda a conseguir que se ajuste automáticamente la altura del vehículo, por lo tanto la constante realización de la altura del vehículo. Esto permite a que los vehículos funcionen sin problemas, y mejore la comodidad y la suavidad de los asientos, y al mismo tiempo, el fuelle de suspensión neumática tan bien tiene las funciones de proteger los dispositivos eléctricos, los dispositivos de precisión y la carrocería del vehículo, etc. de los daños causados por la vibración severa, etc.
- 2. Utilizado en sistema de elevación.** Los sistemas de elevación, como los sistemas de carga hidráulica y neumática, requieren de un espacio amplio y son de peso pesado por lo que resultan es ser poco convenientes para el mantenimiento. Sin embargo, el sistema de elevación utilizando el fuelle de suspensión neumática tiene las ventajas de bajo mantenimiento, larga vida útil y fácil sustitución. Debido a estas ventajas, el fuelle de suspensión neumática es cada vez más popular dentro de la industria de equipos de elevación.
- 3. Utilizado en el aislador de vibraciones.** Las ventajas como la frecuencia baja de vibración y el buen aislante de sonido como también el rendimiento del aislador de vibraciones de alta frecuencia permiten al fuelle de suspensión neumática a realizar un excelente aislamiento de vibración. El fuelle de suspensión neumática puede garantizar el rendimiento de seguridad y estabilidad de la base de los equipos y el control de sistema, etc. se ha encontrado las aplicaciones en el aislador de vibraciones para la pantalla de vibraciones y los asientos de vehículos de alto grado.

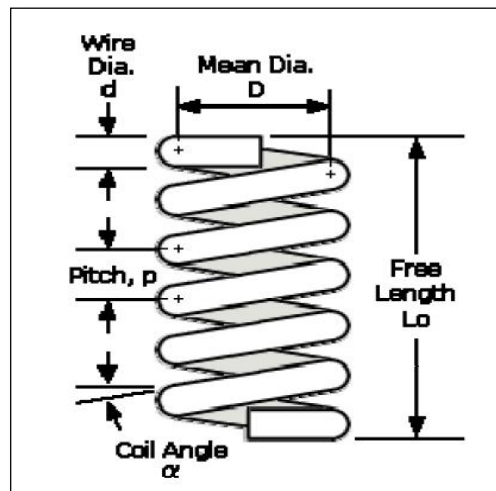
2.2.3.2 Suspensión helicoidal. Un resorte helicoidal también conocido como un muelle helicoidal, es un dispositivo mecánico que se utiliza normalmente para almacenar energía que posteriormente es liberada para absorber los golpes, es decir mantienen una fuerza entre superficies de contacto.

En otras palabras, se pueden definir como elementos mecánicos que se montan entre dos partes mecánicas de una máquina, con el fin de amortiguar impactos o almacenar energía y devolverla cuando sea requerida. (ONDINA, 2012)

Por otra parte se puede decir que los resortes helicoidales, son en la actualidad el tipo de muelle más utilizado, el mismo puede almacenar gran cantidad de energía por unidad de volumen de material y posee además un mínimo de rozamiento interno.

Estos están elaborados mediante un hilo metálico normalmente circular o elíptico, enrollados en caliente o frío sobre un cilindro, en los lineales el diámetro del hilo se conserva constante en todas las espiras del muelle, en tanto que los variables el diámetro del hilo varía de unas espiras a otras.

Figura 8. Muelle helicoidal

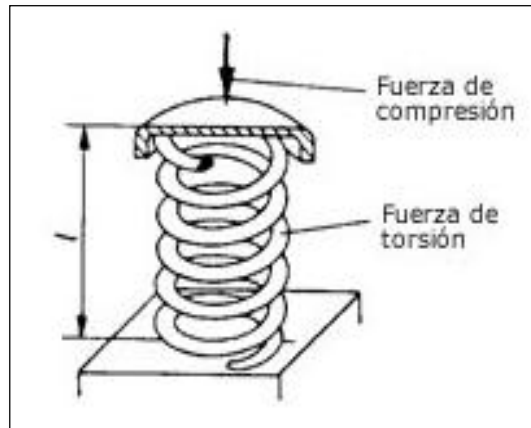


Fuente: <http://www.unav.es/adi/UserFiles/File/4000005038/cap11-muelles.pdf>

Características. No pueden transmitir esfuerzos laterales y requieren por tanto en su montaje bielas de empuje lateral y transversal para la absorción de las reacciones. Trabajan a torsión, retorciéndose proporcionalmente al esfuerzo que tienen que soportar,

acortando su longitud y volviendo a su posición de reposo cuando cesa el efecto que produce la deformación.

Figura 9. Fuerzas actuantes



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension2.htm>

La flexibilidad de los muelles está en función de las espiras, del diámetro del resorte, del paso entre espiras, del diámetro del hilo o de las características del material. Se puede conseguir muelles con una flexibilidad progresiva, utilizando diferentes diámetros de enrollado por medio de muelles helicoidales cónicos, por medio de muelles con paso entre espiras variables o disponiendo de muelles adicionales.

Resorte helicoidal cilíndrico de compresión. Los resortes de compresión son helicoidales abiertos ofreciendo resistencia para una fuerza compresiva aplicada axialmente. Estos resortes son generalmente de diseño cilíndricos, los resortes de compresión se utilizan para resistir la fuerza y/o para almacenar energía, dependiendo del uso. Se utilizan en auto partes, lapiceras de pluma, elevadores, accesorios eléctricos, paraguas, artículos de la casa, válvulas, etc. Está formado por un hilo de acero de sección redonda o cuadrada, arrollado en forma de hélice cilíndrica a derecha con paso uniforme.

Para conseguir un buen apoyo y un funcionamiento correcto, los extremos del resorte han de presentar superficies de apoyo planas y perpendiculares a su eje, por este motivo las dos espiras extremas (espiras de apoyo) están más próximas entre sí (disminución del paso) y esmeriladas. A su vez las espiras extremas se pueden presentar arrolladas con un diámetro más pequeño, para facilitar su montaje en cilindros con ensanche lateral.

Figura 10. Resorte de compresión



Fuente: <http://www.aapasresortes.com.ar/fabricaderesortes.html>

Resorte helicoidal de tracción. Estos resortes también llamados “resortes de extensión” actúan absorbiendo y/o acumulando energía, mediante la creación de resistencia a una fuerza de tracción. La forma de los extremos varía en forma para satisfacer el usuario y la aplicación o uso.

Los resortes de tensión se utilizan en telefonía, pilates, juguetes, auto partes, etc. Es un resorte que ejerce la acción hacia su interior, oponiéndose a una fuerza exterior que trata de estirarlo en la dirección de su eje. En reposo, las espiras de este tipo de resorte están normalmente juntas, por lo que el paso de las espiras es igual al diámetro del hilo. Por su modo de acción, un resorte de tracción debe presentar sus extremos curvados en forma de gancho, los cuales pueden presentar diversas formas, según la finalidad a que están destinados.

Figura 11. Resorte de tracción



Fuente: <http://www.aapasresortes.com.ar/fabricaderesortes.html>.

Resorte de torsión. Los resortes de torsión ofrecen resistencia rotacional “torque” al aplicarse una fuerza en sus extremos. Estos resortes se utilizan en juguetes, accesorios del

pelo, clips, electrodomésticos, partes de automotrices, etc. Este tipo de resorte se deforma al ser sometido por sus extremos a un par de fuerzas perpendiculares a su eje.

Está formado por un hilo de acero arrollado en forma de hélice cilíndrica con dos brazos extremos, los cuales se deforman angularmente al estar apoyados en los elementos que tienen el giro relativo.

Las diferentes formas que pueden presentar sus extremos son muy variadas, en consecuencia, habrá que representarlos y acotarlos siguiendo las normas de carácter general.

Figura 12. Resorte de torsión



Fuente: <http://www.aapasresortes.com.ar/fabricaderesortes.html>.

2.2.4 Pulsador. Un botón o pulsador es un interruptor de encendido o apagado que conectado a un componente eléctrico hace funcionar o apaga el mismo. Los pulsadores existen de diversas formas y tamaños que se encuentran en diferentes equipos electrónicos pero también muy usados en el campo de la electricidad industrial.

Un pulsador permite el paso o interrupción de la corriente eléctrica mientras esté presionado o accionado y cuando deja de presionarse este vuelve a su estado original o de reposo. El Contacto puede ser de dos tipos.

Normalmente cerrados (NC=Normal Close) que son los pulsadores de paro.

Normalmente abiertos (NA=NO= Normal Open) que son los pulsadores de marcha.

Los pulsadores internamente consta de una lámina conductora que establece el contacto o desconexión de sus terminales y un muelle o resorte que vuelve a su estado de reposo sea NC o NA. (PULSADORES, 2012)

Figura 13. Contactos normalmente abierto y cerrado



Fuente: <http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-422047574-pulsadores-de-22-mm-para-controles-electricos>

2.2.4.1 Interruptor. Un interruptor es parte de un circuito eléctrico, el que permite interrumpir el paso de la corriente, o también desviarlo a otro conductor.

El ejemplo más simple es el "switch" que tenemos en casa para apagar o prender las luces, elemento mecánico con contactos que se juntan o separan para dejar o no pasar la corriente eléctrica.

Lo anterior es un interruptor mecánico, para ser operado por una persona, pero también los hay electromecánicos, como en el caso de un portón eléctrico, cuyo motor debiera dejar de operar al llegar a la posición de apertura o cerrado para este tipo de aplicaciones se emplean sensores de presión, fuerza, temperatura, que llevarán el interruptor a dejar o no pasar la corriente.

Tomando el caso de un sensor de temperatura, tenemos por ejemplo la operación de un aire acondicionado: al llegar a la temperatura deseada debiera el equipo apagarse momentáneamente, de lo contrario seguiría enfriando.

El botón que presionamos, o sea la parte móvil que hace la fuerza mecánica para activar el interruptor es lo que llamamos el "actuador", como dato interesante de la jerga electrónica. Asimismo el tipo de interruptor viene definido por una serie de siglas, como

SPST, SPDT, SPCO, etc. Que se refieren a diferentes configuraciones de conexión y desconexión, para diferentes usos.

2.2.5 Contactor. Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina. (WIKIPEDIA, 2009)

Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable cuando actúa dicha acción.

2.2.5.1 Partes de un contactor. Básicamente lo conforman los siguientes elementos:

Carcasa. Es el soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor, además es la presentación visual del contactor.

Electroimán. Es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos los más importantes son el circuito magnético y la bobina, su finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando así un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.

Bobina. Es un enrollamiento de alambre de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético, este a su vez produce un campo electromagnético superior al par resistente de los muelles que a modo de resortes se separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente. Cuando una bobina se alimenta con corriente alterna la intensidad absorbida por esta, denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito solo se tiene la resistencia del conductor.

Núcleo. Es una parte metálica de material ferromagnético generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que

genera la bobina colocada en la columna central del núcleo, para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Espira de sombra. Forma parte del circuito magnético, situado en el núcleo de la bobina, y su misión es crear un flujo magnético auxiliar desfasado 120° con respecto al flujo principal, capaz de mantener la armadura atraída por el núcleo evitando así ruidos y vibraciones.

Armadura. Elemento móvil cuya construcción es similar a la del núcleo pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizadas las bobinas ya que debe estar separado del núcleo por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada.

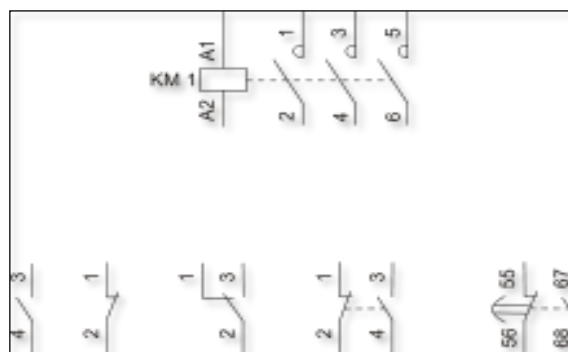
Las características del muelle permiten que tanto el cierre como la apertura del circuito magnético se realicen de forma muy rápida alrededor de unos 10 milisegundos.

Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no logrará atraer a la armadura o lo hará con mucha dificultad.

Por el contrario si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

Contactos. Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice.

Figura 14. Simbología de polos



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>

Todo contacto está compuesto por tres conjuntos de elementos:

Dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura para establecer o interrumpir el paso de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva el mencionado resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.

Contactos principales: Su función es establecer o interrumpir el circuito principal, consiguiendo así que la corriente se transporte desde la red a la carga. Se referencian con una sola cifra del 1 al 6.

Contactos auxiliares: Son contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas. Los tipos más comunes son:

- Instantáneos: actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor, se encargan de abrir y cerrar el circuito.
- Temporizados: actúan transcurrido un tiempo determinado desde que se energiza la bobina o desde que se desenergiza la bobina.
- De apertura lenta: el desplazamiento y la velocidad del contacto móvil es igual al de la armadura.
- De apertura positiva: los contactos cerrados y abiertos no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

En su simbología aparecen con dos cifras donde la unidad indica:

- 1 y 2. Contacto normalmente cerrado, NC.
- 3 y 4. Contacto normalmente abierto, NA.
- 5 y 6. Contacto NC de apertura temporizada o de protección.
- 7 y 8. Contacto NA de cierre temporizado o de protección.

Por su parte la cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.

Relé térmico. El relé térmico es un elemento de protección que se ubica en el circuito de potencia, contra sobrecargas.

Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos, bimetales bajo el efecto de la temperatura, para accionar cuando este alcanza ciertos valores unos contactos auxiliares que desactiven todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

El bimetálico está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación y unidos firmemente entre sí, regularmente mediante soldadura de punto. El calor necesario para curvar o reflexionar la lámina bimetálica es producido por una resistencia, arrollada alrededor del bimetálico, que está cubierto con asbesto, a través de la cual circula la corriente que va de la red al motor.

Los bimetales comienzan a curvarse cuando la corriente sobrepasa el valor nominal para el cual han sido dimensionados, empujando una placa de fibra hasta que se produce el cambio de estado de los contactos auxiliares que lleva.

Resorte. Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez que cesa el campo magnético de las bobinas.

2.2.5.2 Principio de funcionamiento. Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente podrá ser bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases: abiertos NA y cerrados NC. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las auto alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, esta mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos, el circuito entre la red y el receptor.

Este arrastre o desplazamiento puede ser.

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie.

2.3 Motores eléctricos

Son máquinas eléctricas rotatorias, transforman la energía eléctrica en energía mecánica, algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras o en automóviles híbridos realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos regenerativos.

Tienen múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria como en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.

Figura 15. Motor



Fuente: <http://www.beanuvi.es/motor-electrico-asincrono-trifasico-atex-lsp/>

2.3.1 Características. En los motores se utiliza la electricidad para crear campos magnéticos que se opongan entre sí de tal modo que hagan mover su parte giratoria llamado rotor. En el rotor se encuentra un cableado, llamado bobina, cuyo campo magnético es opuesto al de la parte estática del motor.

2.3.2 Funcionamiento. Su funcionamiento se basa en las fuerzas de atracción y repulsión establecidas entre un imán y un hilo por donde hacemos circular una corriente eléctrica. Entonces solo sería necesario una bobina un imán y una pila para hacer pasar la corriente eléctrica por las espiras. Los motores eléctricos que se utilizan hoy en día tienen muchas espiras llamadas bobinado en el rotor y un imán grande llamado estator colocado en la parte fija del motor alrededor del rotor.

2.3.3 Tipos de motores. La clasificación de los motores eléctricos depende de la fuente de electricidad que se suministre.

- **Motor de Corriente Continua (CC).** Se utiliza en casos en los que es importante el poder regular continuamente la velocidad del motor. Este tipo de motor debe tener en el rotor y el estator el mismo número de polos y el mismo número de carbones. Los motores de corriente directa pueden ser de tres tipos: Serie, Paralelo y Mixto.
- **Motor de Corriente Alterna (CA).** Son aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

2.4 Motovibrador

Los motovibradores externos son aparatos accionados por un motor eléctrico, que por medio de un desequilibrio definido generan vibraciones mecánicas de diferente frecuencia y amplitud dependientes de los caballos de fuerza del motor.

Los motovibradores rotativos ofrecen el medio más efectivo y económico para mantener el flujo constante y uniforme de materiales.

Figura 16. Motovibrador



Fuente: <http://www.beanuvi.es/motor-electrico-asincrono-trifasico-atex-lspx/>

2.4.1 *Características.* Dentro de las características principales de los motovibradores podemos citar las siguientes:

- Cuerpo y escudos de hierro fundido de alta calidad y robusto diseño.
- Estator tropicalizado con bobinado especial antivibratorio.
- Rotor en cortocircuito armado con barras de cobre.
- Eje de acero aleado.
- Rodamientos lubricados de por vida están preparados para soportar altas velocidades de giro.
- Contrapesos fácilmente regulables en cinco posiciones.
- Cubierta de aluminio fundido altamente resistente a la torsión.

2.4.2 *Principio de funcionamiento.* El principio de funcionamiento de los motovibradores se basa en una masa excéntrica colocada en el eje principal que al girar por la acción de un motor eléctrico produce una vibración. En los motovibradores las masas desequilibradas están situadas a ambos extremos del accionamiento eléctrico, la fuerza centrífuga es regulable en reposo, mediante la variación de la posición relativa de dichas masas.

2.4.3 *Aplicaciones.* Sus aplicaciones son para alimentación de material, separación, compactación, proyección, etc., para sectores como el químico, alimentario, farmacéutico o de embalaje, explotación minera, metalurgia, industria hullera, construcción, industria química, bastidor, alimento e industria ligera.

2.5 Aceros

Acero es la denominación que comúnmente se le da en ingeniería metalúrgica, a una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,03% y el 1,76% en peso de su composición, dependiendo del grado. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,0% se producen fundiciones que, en oposición al acero son mucho más frágiles y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas. No se debe confundir el acero con el hierro, que es un metal relativamente duro y tenaz, con diámetro atómico (dA) de 2,48 Å con temperatura de fusión de 1.535 °C y punto de ebullición 2.740 °C. Por su parte el carbono es un no metal de diámetro menor (dA) = 1,54 Å), blando y frágil en la mayoría de sus formas alotrópicas (excepto en la forma de diamante). La difusión de este elemento en la estructura cristalina del anterior se logra gracias a la diferencia en diámetros atómicos.

La diferencia principal entre el hierro y el acero se halla en el porcentaje del carbono: el acero es hierro con un porcentaje de carbono de entre el 0,03% y el 1,76%, a partir de este porcentaje se consideran otras aleaciones con hierro. Cabe destacar que el acero posee diferentes constituyentes según su temperatura, concretamente, de mayor a menor dureza, perlita, cementita y ferrita, además de la austenita.

2.6 Ángulo

Un ángulo es una barra de metal plana que se ha doblado en un ángulo de 90 grados a lo largo de su longitud, resultando en una pieza en forma de L. Normalmente los dos lados del ángulo son de igual longitud. El ángulo pesado es a menudo un elemento estructural en edificios, puentes y así sucesivamente, mientras que el más ligero se utiliza para una variedad de soportes. Hierro y acero son los materiales más comunes utilizados para hacer el ángulo especialmente cuando se utilizan en un marco estructural.

El ángulo está disponible en varios tamaños estándar, generalmente expresada por la longitud de nombres de un lado. Hablamos de cuatro pulgadas (10. De 16 cm). El ángulo con lados más largos es típicamente más grueso de metal y tiene un grueso roto, la zona donde la curva se encuentra puede soportar cargas más pesadas.

El ángulo con agujeros o perforado tiene agujeros a intervalos estándar a lo largo de ambos lados. Normalmente son los agujeros de una pulgada (2,54 cm) de separación, medido desde el centro de cada hoyo. Los agujeros son de forma ovalada y no redonda para permitir el estrés diferente en el producto terminado.

El ángulo ranurado se utiliza a menudo para montantes en estanterías comerciales, ya que las secciones son fáciles de montar con tuercas y tornillos.

2.7 Arenas de moldeo

2.7.1 Definición. Pastor Mario menciona que las arenas se definen como partículas granulares de la desintegración o la molienda de rocas, la arena es un material agregado que consiste esencialmente de pequeños granos minerales de rocas, cuyas dimensiones extremas están comprendidas entre 2,2 y 0,06 mm. (PASTOR, 2014 pág. 46)

Para determinar la calidad esencial de la arena de fundición se hace necesaria algunas pruebas periódicas. Las propiedades cambian por contaminación con materiales extraños, por la acción del desmoldeo, por el cambio gradual y la distribución de los tamaños de grano y por la continua exposición de esta a altas temperaturas, las pruebas pueden ser tanto químicas como mecánicas.

Capello Eduardo menciona que no siempre puede emplearse la arena en la fundición tal como llega a los depósitos, sino que debe someterse a algunos procesos de modificación que se efectuarán después de una serie de pruebas adecuadas para el estudio de sus características técnicas. (CAPELLO, 1989 pág. 38)

Aditivos de las arenas. Los aditivos normalmente se dividen en dos grupos:

Aglutinantes: Son sustancias que se mezclan con las arenas destinadas al moldeo de machos y aportan una serie de cualidades o mejoran las ya existentes. Tienen la capacidad de volatilizarse produciendo muy pocos gases, hacen que la arena se desmorone con más facilidad, provocando cavitación o presencia de burbujas que produce que la pieza obtenida presente no rugosidades.

Los más utilizados son:

- Aceites: El más usado es el de linaza
- Dextrinas: Se obtienen a partir de la harina de trigo
- Resinas sintéticas: Son derivados plásticos termoestables.

2.7.2 *Tipos de arena de moldeo*

2.7.2.1 *Arena para moldeo en seco.* Es aquella a la que se le ha eliminado toda la humedad antes de efectuar la colada, mediante el secado de enfurtas.

La arena seca es una mezcla de arena de sílice seca, aglomerantes orgánicos y fijados con otros materiales que no sea la arcilla usando adhesivos de curado rápido. Antes de la colada, el molde se seca a elevada temperatura entre 200 y 300 °C.

De este modo se incrementa la rigidez y cohesión del molde lo que permite fundir piezas de mayor tamaño, geometrías más complejas con mayor precisión dimensional y mejor acabado superficial, sin embargo el molde de arena seca es más costoso y la velocidad de producción es reducida debido al tiempo de secado.

2.7.2.2 *Arena para moldeo en verde.* Se hacen de una mezcla de arena, arcilla y agua el término "verde" se refiere al hecho de que el molde contiene humedad al momento del vaciado. Los moldes de arena verde tienen suficiente resistencia en la mayoría de sus aplicaciones así como buena retractibilidad, permeabilidad y reutilización también son los menos costosos.

Por consiguiente son los más ampliamente usados aunque también tienen sus desventajas, la humedad en la arena puede causar defectos en algunas fundiciones, dependiendo del metal y de la forma geométrica de la pieza.

2.7.3 *Propiedades de las arenas.* Dentro de las propiedades técnicas de las arenas vamos conocer y hablar sobre las más importantes dentro del proceso de moldeo que son, la permeabilidad, plasticidad, refractariedad cohesión y resistencia.

Permeabilidad. Es la capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Se dice que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. Para ser permeable un material debe ser poroso es decir contener espacios vacíos o poros que le permitan absorber fluido.

Plasticidad. Pastor Mario define por plasticidad de las arenas de moldeo a la aptitud de estas para reproducir los detalles de los modelos, aptitud que depende de dos propiedades: Deformabilidad y la fluencia. (PASTOR, 2014 pág. 52)

Refractariedad. Es la cualidad que representa la arena de resistir las temperaturas elevadas a los metales colados. La refractariedad propia de la arcilla es la función de la presencia de impurezas básicas, óxidos metálicos o materiales orgánicos. Es conveniente que la arena conserve una refractariedad suficiente.

Cohesión o resistencia. La cohesión de una arena es consecuencia directa de la acción del aglutinante y depende de la naturaleza y contenido de este último y el porcentaje de humedad.

2.7.4 Tamaño de grano de las arenas. Es un número que indica de forma ponderada contra el peso, el tamaño representativo del grano de una arena.

El tamaño de grano determina en gran medida el acabado de la superficie de la pieza siendo las arenas más finas las que mejor acabado se obtiene.

La superficie específica también es determinada por el tamaño de grano y es importante porque define la cantidad necesaria de la cantidad de bentonita para recubrir todos los granos con un espesor uniforme, siendo así como una arena más fina. Existen asociaciones en los países desarrollados, que han implementado ensayos y definido normas para llevarlos a cabo pero los más ampliamente utilizados son los desarrollados por la Sociedad Americana de Fundidores A.F.S.

Figura 17. Clasificación del tamaño de grano

Arena	Índice AFS (i)	Tamaño de grano (mm.)
Muy gruesa	18	1 - 2
Gruesa	18 - 35	0,5 - 1
Media	35 - 60	0,25 - 0,5
Fina	60 - 150	0,10 - 0,25
Muy fina	150	0,05 - 0,10

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Arena>

2.7.5 Preparación de arenas. Para llevar a cabo la preparación de la arena que se utiliza en la fabricación de moldes para productos pequeños se ocupan los siguientes componentes:

- Arena reciclada
- Arena nueva
- Bentonita
- Carón marino
- Agua

2.8 Diseño conceptual

El diseño conceptual es una parte fundamental en el proceso de diseño de una máquina ya que en este se generan las posibles opciones y alternativas a tomar en cuenta para el diseño final. En primer lugar se deben tomar en cuenta los requerimientos planteados para la necesidad a cubrir siguiendo las recomendaciones del diseñador y requerimientos del usuario.

2.8.1 Descripción de procedimiento

2.8.1.1 Métodos de generación de ideas. Es un método de generación de ideas que consiste en formar un grupo de personas las cuales generan 3 alternativas de solución, las soluciones presentadas son analizadas y evaluadas por los miembros del grupo.

Lluvia de ideas. También denominada tormenta de ideas, es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado.

2.8.1.2 *Bosquejo a mano alzada.* También llamado esbozo o borrador, es un dibujo o exposición de una idea o plan realizado de forma esquemática y sin preocuparse de los detalles o terminaciones para representar ideas, lugares, u objetos.

Puede ser un primer apunte del objeto ideado que aún no está totalmente definido, se pueden utilizar tanto técnicas de perspectiva como vistas ortogonales.

2.8.1.3 *Tabla morfológica.* La matriz morfológica es una serie de cuadros en donde se comparan opciones de diseño para cada una de las diferentes partes del objeto diseñado, en este cuadro se analizan las ventajas y desventajas de cada una de las opciones y se selecciona la mejor de acuerdo a los criterios analizados en la misma.

2.9 **Diseño preliminar**

2.9.1 *Definición.* El diseño preliminar es una etapa de análisis de las alternativas de diseño y definición basada en tres ejes principales rendimiento, coste y calidad es decir analiza un gran número de factores tales como: componentes, tamaño y forma, tiempo, materiales a emplear, costo de producción etc.

Esta etapa del proceso del diseño de un producto se relaciona con el desarrollo del mejor diseño para la idea del nuevo producto. (VEGA, 2007)

2.9.2 *Descripción del procedimiento*

2.9.2.1 *Método de selección*

Matriz de selección. Se debe elaborar un matriz de evaluación en donde se encuentren todas las opciones antes mencionadas de las matrices morfológicas.

En esta matriz se comparan todas las opciones de diseño que se contemplaron y de acuerdo a diversos criterios se les va asignando un valor a cada una de las opciones dichos valores conceden un puntaje final a cada una estas y este puntaje final nos deja ver claramente que opción conviene más para el diseño.

2.9.2.2 Prototipo. Es aquel que una vez encontrado la alternativa más adecuada, se ha creado con la finalidad de realizar pruebas en situaciones reales o explorar su uso creando así un proceso de diseño de iteración que genera calidad. Los prototipos son útiles para comunicar discutir y definir ideas entre los diseñadores y las partes responsables.

2.9.2.3 Ventajas y desventajas. Una vez elaborado el prototipo servirá para realizar las pruebas respectivas, esto nos ayudará a conocer las ventajas y desventajas que presenta a pesar de haber sido la mejor alternativa.

2.10 Diseño detallado

2.10.1 Definición. Es un proceso de definición y ampliación del diseño preliminar de un sistema o de un componente hasta un grado de detalle suficiente para llevar a cabo la implementación. El diseño detallado representa el vínculo para integrar todos los datos preliminares y conceptuales interdisciplinarios en una definición completa y terminada del producto requerido. Con el diseño detallado se elabora toda la documentación que se necesita para la fabricación con el fin de entregar un producto completo y totalmente definido para de esta manera satisfacer las necesidades del producto.

2.10.2 Descripción del procedimiento

2.10.2.1 Planos de ingeniería. Son los que servirán como guía para la fabricación del prototipo seleccionado en ellos se reflejarán dimensiones, tolerancias, detalles, etc., de cada una de las partes del prototipo, para de esta forma proporcionar toda la información requerida por el constructor.

2.10.2.2 Manual de operación y mantenimiento. Terminada la construcción de la tamizadora y comprobado su funcionamiento es necesario elaborar un manual de operación y mantenimiento el cual contendrá el procedimiento para la puesta en marcha y operación de la máquina además este manual debe contener las instrucciones acerca del tipo de mantenimiento que se dará a la máquina después de cada práctica realizada para esta manera evitar que se deterioren sus partes constitutivas y prolongar su tiempo de vida útil.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TAMIZADORA

3.1 Diseño Conceptual

El diseño conceptual en si se refiere a la etapa más creativa en el desarrollo de una máquina, tiene que ver con la ingeniería del objeto con sus respectivas funciones y sus características, es por ello que el diseño conceptual solo se refiere a la primera fase del desarrollo de un producto.

En esta fase se requiere de la aportación de ideas en relación a las funciones que tendrá el producto el ingeniero o diseñador debe apoyarse en su experiencia y en obtener información variada de la máquina a fabricar, las técnicas que se utilizarán para desarrollar las ideas han de ser un conjunto formado por técnicas de mucha creatividad previamente conocidas

Ante la necesidad de diseñar una máquina denominada tamizadora vibratoria para arenas de moldeo que permita optimizar el tamaño de grano y disminuir el esfuerzo humano en el proceso de tamizado, se requiere establecer requerimientos que se deben satisfacer en el diseño a realizar por lo tanto se tomará en cuenta todos los detalles para su construcción.

La máquina debe cumplir con las siguientes características:

- La estructura debe estar diseñada para soportar el peso del material a cernir y los componentes que la conforman.
- La máquina debe ser diseñada con cierto grado de inclinación para facilitar la salida del material cernido.
- El diseño de la tamizadora debe ser ergonómico y seguro.
- El motovibrador debe ser el adecuado para generar las vibraciones requeridas por el sistema.

3.1.1 Lluvia de ideas. Antes de iniciar el proceso de diseño se realizaron varias reuniones entre el diseñador o dueño de la idea el director y asesor de tesis para verificar la viabilidad del diseño tomando en cuenta las especificaciones constructivas, aquí se plantearon alternativas específicas y se estimuló la creatividad del grupo de trabajo.

Las ideas comenzaron a fluir y al cabo de una hora ya se obtuvieron las más adaptables a la necesidad basadas en los siguientes cuatro principios para que su deliberación alcance un máximo de eficacia:

- No se permitió la crítica (los comentarios negativos se dejaron a un lado).
- Fue bienvenida la espontaneidad (mientras más original la idea fue mejor).
- Se estimuló la cantidad (mientras más ideas, mayor probabilidad).
- Se estimuló la combinación y mejora de ideas (para de esta forma integrar ideas nuevas)

No todas las ideas generadas se desarrollaron, en este caso se identificaron las mejores para someterlas a un posterior análisis y a pruebas piloto los métodos de tamizado vibratorios seleccionados fueron los siguientes:

- Método unidireccional.
- Método rotacional.

Pensamiento proyectado. En este caso se trabajó de manera individual cada uno de los integrantes que componen el equipo de diseño, es decir el director, asesor y el estudiante, aquí se critican las ideas de cada uno de los integrantes ya que se ponen en evidencia para ser evaluadas.

La crítica cuanto más fuera de lugar es mejor, se van escribiendo todas las ideas que van surgiendo de cada integrante.

Sinéctica. Una vez determinado el problema se inició una tormenta de ideas buscando analogía de problemas similares, de esta manera se trata de olvidar el problema principal y se consigue resolver el problema planteado a través de otra perspectiva.

Métodos de velocidad. De manera individual y con cronómetro en mano en una hoja de papel, se van realizando pequeños bosquejos para ejercitar los músculos mentales tratando de desarrollar el problema generado con el fin de obtener una idea bien clara de lo que se desea.

Futurismo. Aquí se piensa cómo se resolverá el problema hoy en día con las tecnologías necesarias y materiales óptimos, En definitiva es pensar en una solución de futuro y analizar que puede impedir realizarlo.

3.1.2 Bosquejo de alternativas. También llamado esbozo o borrador, es un dibujo de una idea o plan realizado de manera esquemática sin preocuparse de detalles solo se representa las ideas del diseño.

Al analizar las posibles alternativas de diseño, es necesario realizar un bosquejo que permita mostrar una idea clara de los diferentes elementos que posiblemente formen el diseño final, dentro de las posibles alternativas se seleccionó el método unidireccional y el método rotacional.

La construcción del prototipo puede tener varias formas diferentes o iguales al producto final, un bosquejo podría ser solo un punto en donde se pueda probar el concepto de servicio de uso real de la máquina.

Una vez encontrada la alternativa más adecuada se creará este prototipo para explorar su uso creando un proceso de diseño de iteración en pruebas de calidad.

Aquí nos enfocaremos principalmente en las funciones que ha de satisfacer dicho objeto, pero también se debe tener en cuenta su compleja interrelación con los usuarios.

Se considera solo la forma externa del producto sin importar las funciones técnicas que realizarán el producto y las piezas elementales que permitirán su funcionamiento.

Esta es la parte más creativa dentro del desarrollo del producto ya que se podrán observar como estarán acoplados los elementos que conforman la máquina.

Método unidireccional. La fuerza vibrante se dirige en todas las direcciones, es decir 360° a lo largo de la horizontal rotativamente en sentido horario o antihorario.

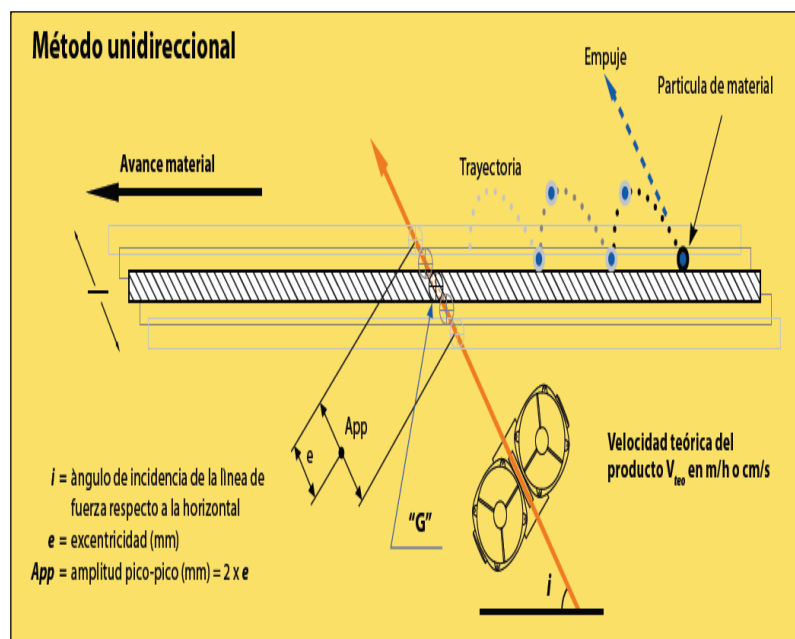
Este sistema es conocido como unidireccional porque su movimiento se obtiene por medio de un solo eje giratorio con masas excéntricas fijas a él, utilizando como suspensión intermedia masas móviles en este caso fuelles neumáticos que por una simple variación de presión en el llenado hace variar las características del resorte.

Para regular las vibraciones se debe tener en cuenta:

- Parar la máquina.
- Soltar los pernos y quitar piezas
- Sustituir las masas excéntricas
- Volver a sujetar las piezas

Este principio tiene numerosas formas prácticas de realización que pueden reconocerse, las ventajas que presente se encuentra el tamaño, capacidad, sencillez economía bajo consumo de energía en relación a otros sistemas conocidos.

Figura 18. Tamizado vibratorio unidireccional

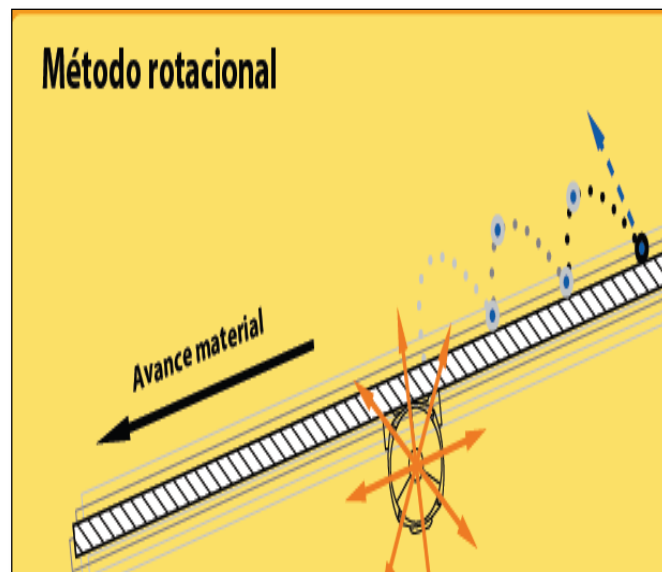


Fuente: http://www.dimet.cl/sitio/bin/catalogo_generale_SP.pdf

Una de las desventajas y no utilización de este sistema es la obturación de la malla y el pandeo que se genera durante el proceso de tamizado de las arenas de moldeo.

Método rotacional. En este método la fuerza vibrante se dirige a lo largo de una sola dirección en modo alternativo sinusoidal a través del tiempo, lo que permite una mejor salida del material tamizado y que se obstruya con menor facilidad la malla y se genere el pandeo de la misma

Figura 19. Tamizado vibratorio rotacional



Fuente: http://www.dimet.cl/sitio/bin/catalogo_generale_SP.pdf

Para la elección de este sistema de debe tener en cuenta factores importantes como son:

- El ángulo de incidencia de la máquina con respecto a la horizontal
- Velocidad de incidencia
- Factor correctivo
- Excentricidad

Las vibraciones producidas son generadas por un motovibrador transmitidas por resortes helicoidales a la carcasa y son directas, la pendiente formada con el ángulo de incidencia con respecto a la horizontal permite que el material ya cernido sea vertido en la caja donde se desarrollara el moldeo.

3.1.3 Tabla morfológica. Una vez analizadas las alternativas de diseño generadas anteriormente, acerca de los métodos de vibración se ha considerado tomar en cuenta los métodos de vibración unidireccional y rotacional, ya que estos son los más óptimos para la fabricación del producto deseado.

Se incluye en la siguiente tabla los principales componentes de la tamizadora para determinar el diseño más adecuado del cual se realizará el análisis correspondiente, donde S = satisfactorio y Ns = no satisfactorio.

Tabla 2. Tabla morfológica

TABLA MORFOLÓGICA		Tamizado Vibratorio	
		Tamizado vibratorio rotacional	Tamizado vibratorio unidireccional
Sistema de transmisión de movimiento	Motovibrador	S	S
	Motor, banda, polea	S	Ns
Suspensión	Neumática	Ns	S
	Resorte (Muelle)	S	S

Fuente: Autor

En base a la tabla se ha encontrado diferentes alternativas de solución las que se describen a continuación.

- Tamizado vibratorio rotacional con sistema de transmisión de movimiento por motovibrador y suspensión con resorte.
- Tamizado vibratorio rotacional con sistema de movimiento motor, banda, polea y suspensión con resorte.
- Tamizado vibratorio unidireccional con sistema de transmisión de movimiento por motovibrador y suspensión neumática
- Tamizado vibratorio unidireccional con sistema de movimiento motovibrador, banda polea y suspensión de resorte.

3.2 Diseño preliminar

En esta etapa sigue la evaluación y selección para el diseño de la máquina, se la relacionó con el desarrollo de la mejor alternativa, aquí se tomó en cuenta como la máquina va a funcionar cuando sea puesta en marcha. Si las decisiones que se tomaron fueron las adecuadas puede desarrollarse el prototipo el mismo que se someterá a pruebas. En el diseño preliminar se toma en cuenta un gran número de compensaciones entre costo, calidad y rendimiento del producto. (VEGA, 2007)

3.2.1 Método de selección

3.2.1.1 Matriz de selección. Se requiere elaborar una matriz de evaluación en donde se encuentra todas las opciones antes mencionadas de las matrices morfológicas.

En esta matriz de evaluación realizaremos las comparaciones todas las opciones presentes que se contemplaron y de acuerdo a diversos criterios se les va asignar un valor en una escala de 1 a 10 a cada una de las opciones dichos valores conceden un puntaje a cada una de las opciones y este puntaje final nos deja claramente que opción conviene seleccionar.

Para esta matriz se tomó en cuenta detalles de fabricación:

- Función a realizar. Aquí se identificó claramente la función que la máquina va a cumplir, que es tamizar arena de moldeo.
- Calidad. Debe ser compatible con el propósito, ya que una calidad insuficiente podría dar lugar a reclamos.
- Costes. El costo de fabricación no debe ser excesivo en cuanto al beneficio brindado.
- Tamaño y forma. Debe ser compatible con la función y ser aceptable por el usuario final.
- Seguridad. Seguridad que ofrece la máquina al usuario.
- Producción. Considerar como se va a fabricar simultáneamente.
- Impacto ambiental. No debe dañar el ambiente.

Tabla 3. Matriz de selección

Tipo de tamizado Características	Rotacional Motovibrador	Rotacional Banda Polea
Seguridad	10	8
Peso	10	8
Costos	10	10
Ergonomía	10	10
Vibración	10	7
Mantenimiento	10	7
Transmisión de movimiento	10	7
Disponibilidad de material	9	8
TOTAL	79	65

Fuente: Autor

En base a los diferentes detalles de fabricación comparados en la matriz de selección, hemos optado por el tamizado rotacional accionado por sistema con transmisión de movimiento por motovibrador ya que reúne las mejores condiciones, requerimientos y funciones del producto que se desea fabricar.

3.2.2 Prototipo. Aquí se pretende reflejar las características más importantes que la máquina debe presentar en su estado final, se ha determinado en base a la matriz de selección que el método más adecuado sería el tamizado vibratorio accionado con un sistema de transmisión por motovibrador.

Ventajas

- Mejor sistema de vibraciones
- Menor tiempo en el proceso de tamizado.
- El mantenimiento en lo que refiere al sistema de transmisión de movimiento es mínimo.

3.3 Diseño detallado

El diseño detallado se desarrollarán dibujos y especificaciones para la máquina, aquí se incorporan ciertos cambios previo al diseño definitivo, cuando se realiza algún tipo de cambio el producto puede someterse a pruebas adicionales para así certificar el desempeño del producto final.

Para realizar la tamizadora debemos considerar los siguientes parámetros.

- La estructura de la máquina a vibrar debe ser lo suficientemente rígida para evitar la rotura de la misma por fatiga y evitar la pérdida de onda vibratoria .
- La abertura y número de mesh del tamiz debe ser el adecuado ya que al momento del vaciado de material podría sufrir deformaciones.
- La fuerza que deberá vencer el motovibrador será igual o mayor a la columna de arena vertida.
- Hay que recalcar que todo el proceso de fabricación se realizará utilizando el diagrama de proceso.
- El equipo deberá ser fabricado ergonómicamente, que no exija mayor detalle para su uso y sea adaptable a toda persona.
- Debe ser construido de tal manera que pueda desmontarse fácilmente ante una avería que pudiera presentarse.
- Debe tener ruedas que permita transportarla.

3.3.1 Dimensionamiento y selección de material. El dimensionamiento y selección del material para los distintos elementos es una de las decisiones centrales del proceso de diseño de una máquina, para ello se utilizará un soporte informático que permita visualizar los parámetros técnicos a seleccionar y si son adaptables al producto que se desea fabricar para ello debemos considerar las siguientes consideraciones.

Respuesta a la función. En este caso el material seleccionado debe responder a todas las exigencias de la función del elemento, Este aspecto debe estar relacionado con sus características físicas y mecánicas.

Conformación y fabricación. La elección del material no puede desligarse del método de conformado y del proceso de fabricación de algún elemento, aunque el material tenga las propiedades requeridas para realizar una función, debe prestarse al método de elaboración deseado con un coste razonable.

Costo y suministro. Entre materiales candidatos equivalentes, el costo y todas las condiciones de suministro son determinantes en la selección del material.

Facilidad de reciclaje. Se debe incorporar en la selección del material, que debe ser reciclable, tanto por imposición legal como por la creciente sensibilidad ciudadana.

Los materiales metálicos son los más utilizados en el diseño y fabricación de máquinas, Sus características más importantes son: excelentes propiedades mecánicas, buena conductividad térmica, entre otras. El dimensionamiento se realizó de la siguiente forma.

3.3.1.1 Estructura soporte. Se diseñó de tal forma que soporte las cargas de todos los elementos constitutivos del prototipo, el material utilizado para la construcción de la estructura es de tubo cuadrado de 40 mm, y un espesor de 2 mm.

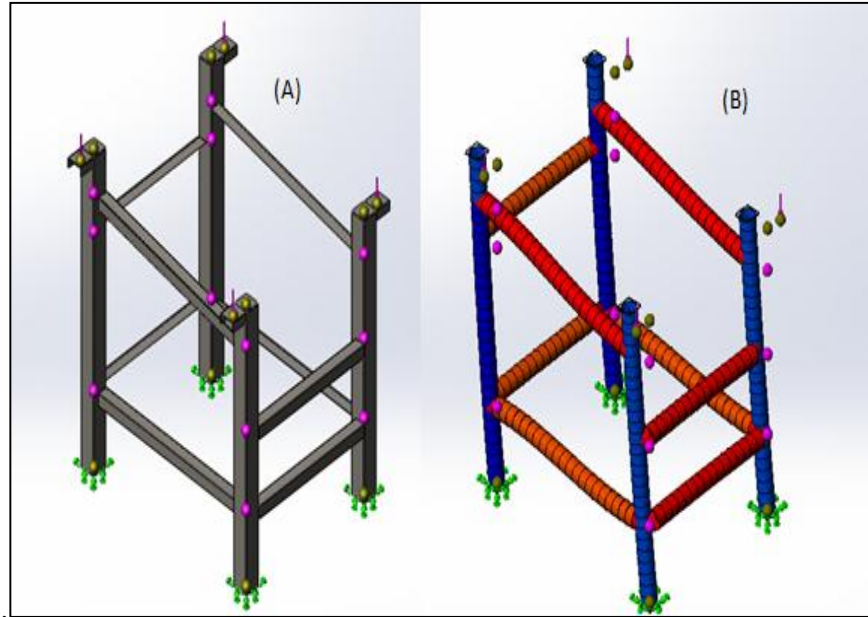
En la Figura 20 podemos observar la deformación que va a sufrir la estructura, considerando las siguientes cargas.

Tabla 4. Cargas soportadas por la estructura

CARGA A SOPORTAR	CANTIDAD	PESO (kg)
Motovibrador	1	5.5
Porta tamiz	1	3.4
Cuerpo	1	13.4
Base motovibrador	1	3.27
Bocas de salida	2	4.21
Malla	1	0.65
Peso material	1	14
TOTAL		44.43

Fuente: Autor

Figura 20. Deformación bajo carga de la estructura de soporte



Fuente: Autor

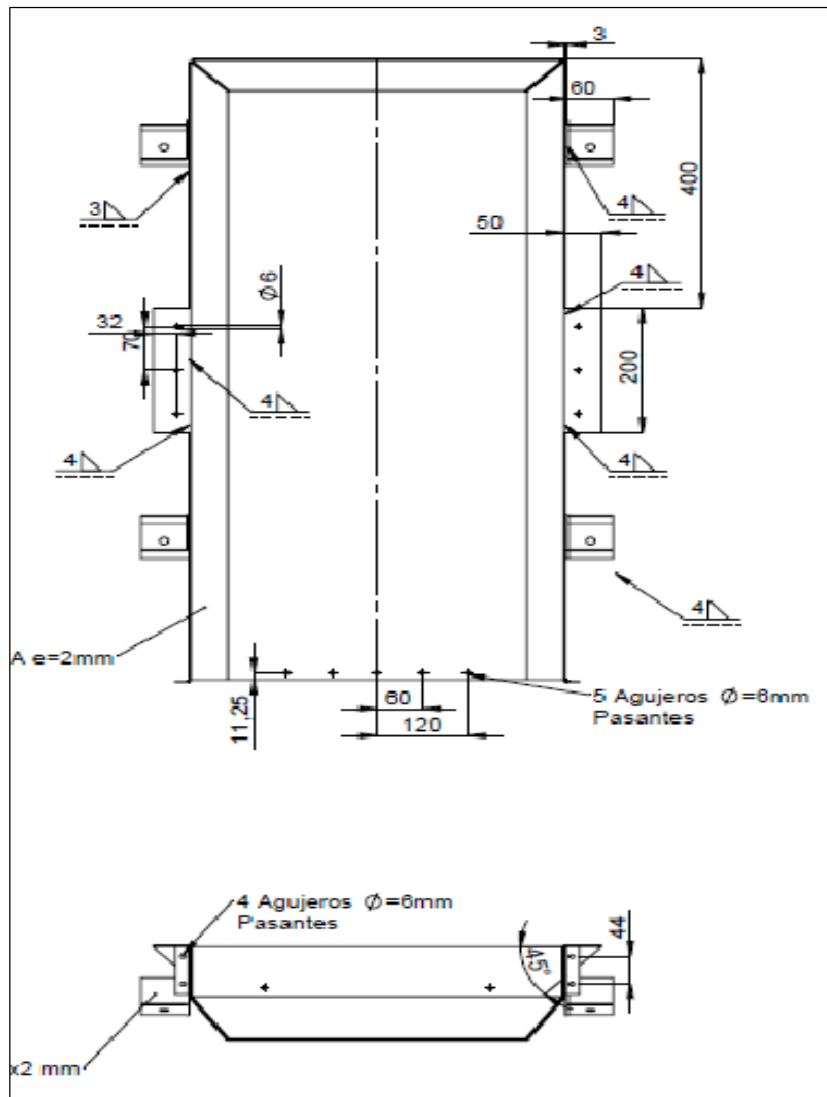
Mediante código de colores podemos observar el comportamiento de la estructura, en la Figura A se indica los puntos donde van a actuar las cargas. En la Figura B se muestra el comportamiento de la estructura sometida a carga, el color azul muestra que no hay deformación mientras que el color rojo indica los puntos donde la estructura puede llegar a fallar.

Se verificó mediante un soporte informático de diseño y simulación que la estructura soportará satisfactoriamente a todas las cargas que va a estar sometida, ya que según el código de colores las cargas no superan la resistencia a la ruptura del material de la estructura.

3.3.1.2 *Cuerpo.* Para el diseño del cuerpo de la tamizadora se consideró lo siguiente:

- El material para su construcción se utilizó lámina de toll e 2mm.
- Suficiente área de contacto y grado de inclinación lo cual permita una mejor circulación del material.
- Deben ser unidas las piezas complementarias a esta con pernos y tuercas.
- Será desmontable, para permitir la extracción para su debido mantenimiento.
- Material resistente a la deformación, en el proceso de soldadura.

Figura 21. Cuerpo



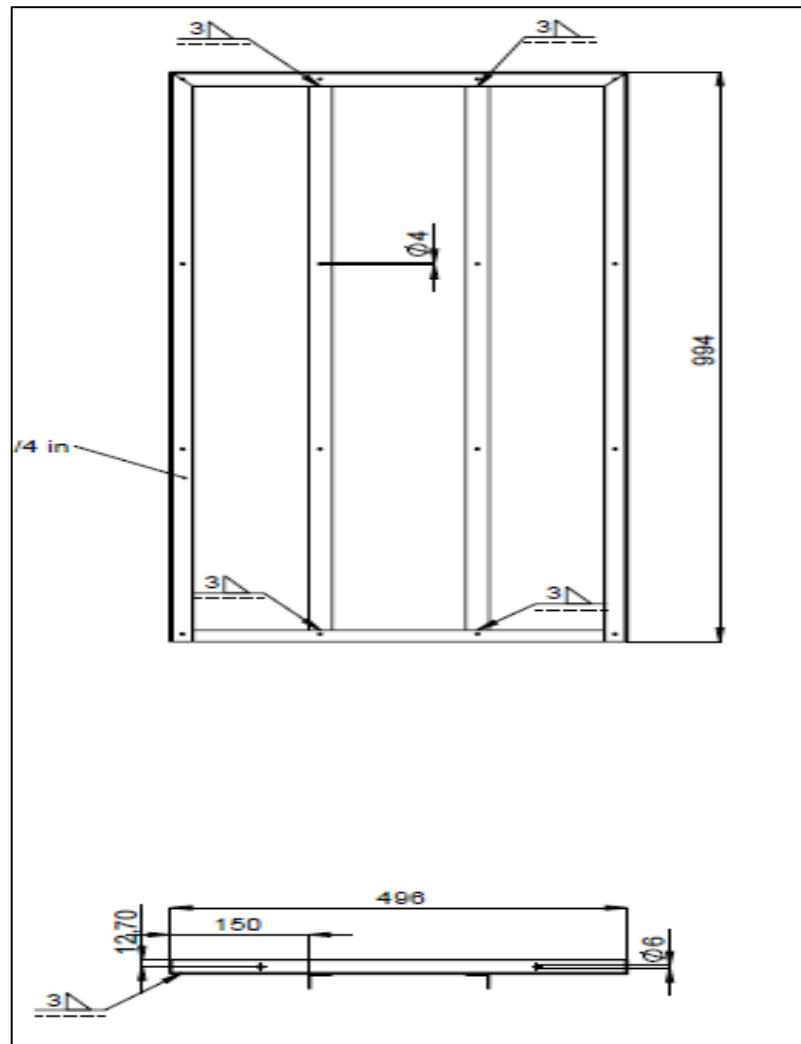
Fuente: Autor

3.3.1.3 *Porta tamiz*. Se diseñó tomando en cuenta lo siguiente:

- El material para su construcción será perfil angular de ($1\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$),
- Se sujetara por los lados con tornillos autoroscable.
- Se seleccionó un tamiz ASTM E 30 con tamaño de grano 0,6 mm.

Se utilizó este material ya que este permitirá soportar las cargas generadas al momento del vaciado del material a cernir estando la máquina ya en funcionamiento esto evitará que en la malla colocada se genere el fenómeno denominado pandeo y se tenga que cambiar la malla repentinamente.

Figura 22. Porta tamiz



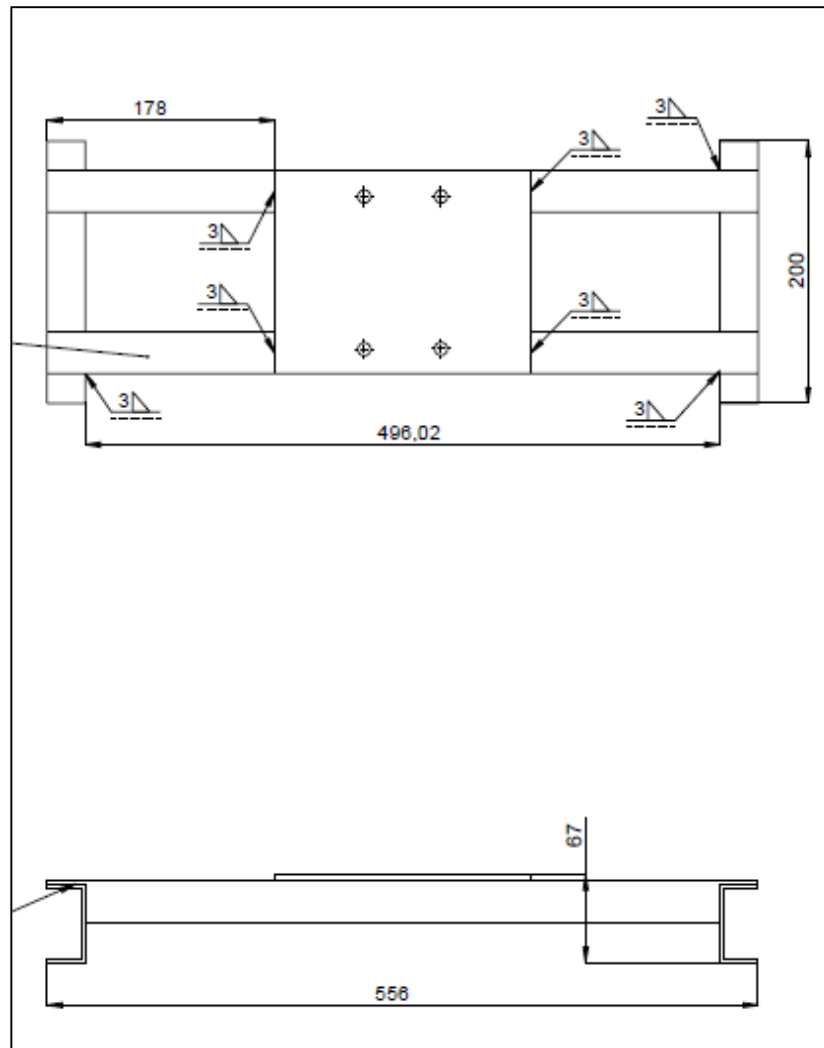
Fuente: Autor

3.3.1.4 Base soporte de motovibrador. Para su construcción se utilizó los siguientes materiales.

- Perfil angular de 1 ¼
- Perfil 60x30x2mm
- Lamina de acero 2mm

Se seleccionó estos materiales ya que esta es una de las partes más importantes de la máquina ya que aquí se situará el motovibrador y debe mantenerse lo más estable posible, esta debe ser lo suficientemente rígida para evitar la rotura por fatiga en el proceso de tamizado.

Figura 23. Base motovibrador

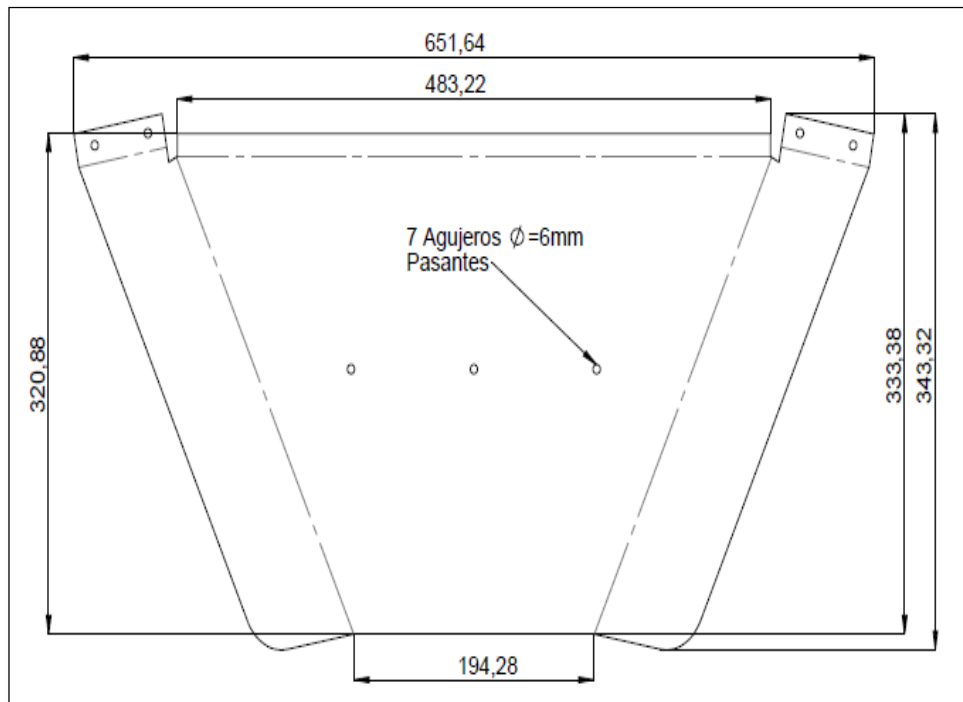


Fuente: Autor

3.3.1.5 *Canales de salida y placa de retención del material.* Para su construcción se tomó en cuenta las siguientes consideraciones las cuales permitirán mejorar el proceso de fabricación.

- Utilizar lámina de acero 1,5mm.
- No soldar, si se hace soldar por puntos.
- Deben permitir un buen desalojo de material.
- Puntas redondeadas para evitar cortes.
- Serán sujetas con pernos al canal principal.
- Se realizaran los dobleces en la troqueladora cuidadosamente para que no sufran deformaciones el material.

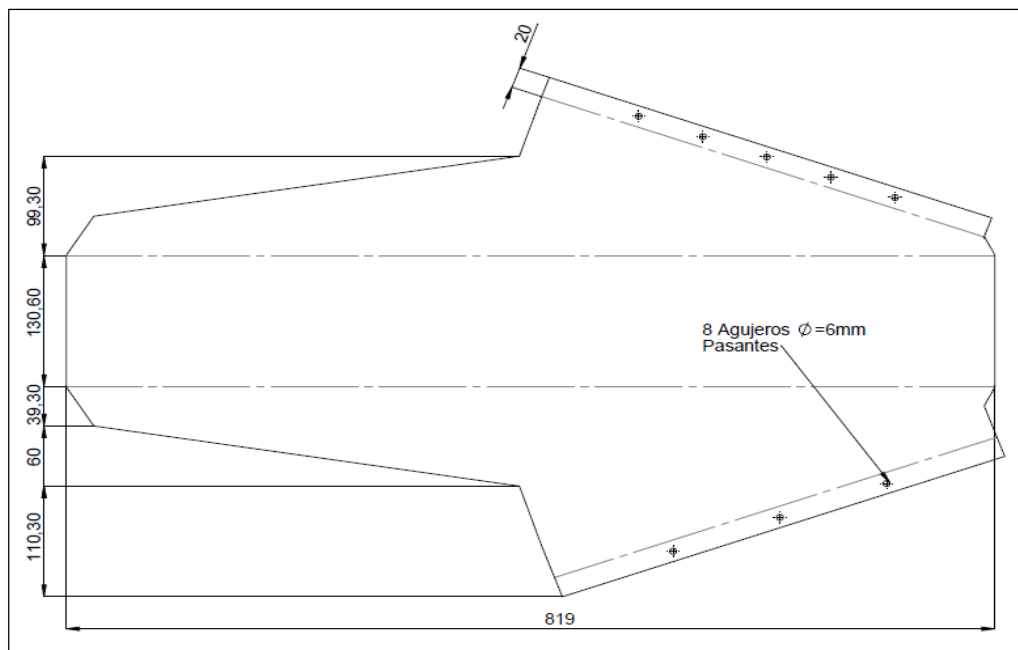
Figura 24. Canal de salida de material no tamizado



Fuente: Autor

Se diseñó y dimensionó de esta forma para permitir que el material descargado por esta sea de manera frontal, y no permita que se mezcle con el material ya tamizado.

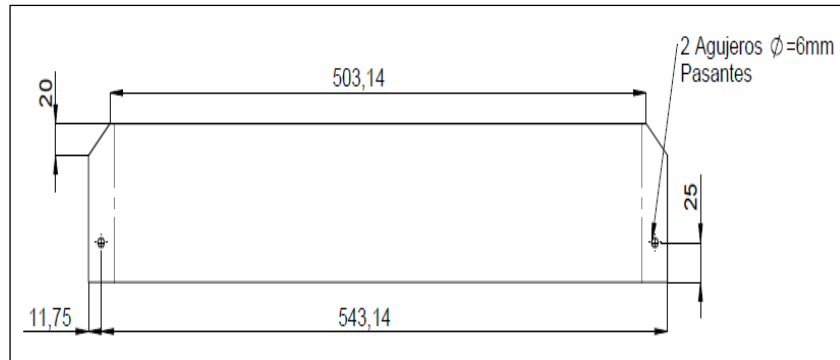
Figura 25. Canal de salida de material tamizado



Fuente: Autor

Se dimensionó con las medidas señaladas para permitir que se encuentre alejado del canal principal y a la vez facilite que el material tamizado sea directamente vertido a la caja de moldeo.

Figura 26. Placa de retención



Fuente: Autor

Tiene por objeto retener la arena de moldeo para disminuir la salida de material para su dimensionamiento se tomó en cuenta el ancho del canal principal y su altura.

3.3.1.6 Cálculos en resortes. Los resortes seleccionados son los helicoidales a compresión, para el cálculo de la rigidez axial partiremos de la siguiente fórmula.

$$K = \frac{G * d^4}{8 * D^3 * N_a} \quad (1)$$

$$K = \frac{8050 \text{Kg/mm}^2 * (5\text{mm})^4}{8 * (45\text{mm})^3 * 9}$$

$$K = 0,76 \text{ Kg/mm}$$

Donde:

D = Diámetro del resorte

d = Diámetro del alambre

N_a = Número de espiras activas

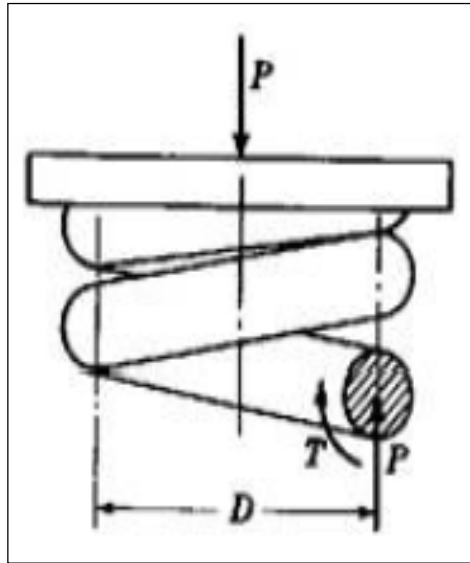
p = Paso

G = Módulo de cizalladura

Esta es la capacidad máxima de elasticidad que van a tener los resortes 0,76 Kg/mm, permitiendo que se mantenga estable la máquina estando en movimiento.

3.3.1.7 Esfuerzos. Para el cálculo de los esfuerzos partiremos analizando las cargas que actúan sobre el resorte.

Figura 27. Esfuerzos



Fuente: <http://www.unav.es/adi/UserFiles/File/4000005038/cap11-muelles.pdf>

Los esfuerzos que tendremos bajo la carga P, aplicando sumatorias de fuerzas en los ejes serán los siguientes:

$$\Sigma f_x = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma f_y = P \quad (3)$$

$$\Sigma f_y = 46Kg$$

$$M_{tx} = \frac{PD}{2} \quad (4)$$

$$M_{tx} = \frac{46Kg * 45mm}{2} = 1035Kg/mm$$

Las tensiones en esta sección serán las siguientes

- Momento torsor.

$$\tau_t = \frac{M_{tx}}{\left(\frac{\pi d^3}{16}\right)} \quad (5)$$

Si $M_{tx} = \frac{PD}{2}$ Reemplazando obtenemos:

$$\tau_t = \frac{8PD}{(\pi * d^3)}$$

$$\tau_t = \frac{8 * 46Kg * 45mm}{(\pi * (5mm)^3)}$$

$$\tau_t = 42,16Kg/mm^2$$

- Esfuerzo cortante.

Siendo $c = \frac{D}{d}$ obtenemos.

$$\tau_c = \frac{1,23 * P}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (6)$$

$$\tau_c = \frac{0,615}{c} * \frac{8PD}{\pi d^3}$$

$$\tau_c = \frac{0,615}{9} * \frac{8 * 46Kg * 45mm}{\pi * (5mm)^3}$$

$$\tau_c = 2,88Kg/mm^2$$

- Tensión resultante.

$$\tau = \left(1 + \frac{0,615}{c}\right) * \frac{8PD}{\pi d^3} \quad (7)$$

$$\tau = K_s * \frac{8PD}{\pi d^3}$$

$$\tau = 1,0638 * 42,17Kg/mm^2$$

$$\tau = 44,86 Kg/mm^2$$

Debido a la curvatura aumenta la tensión en la parte inferior de las espiras es por ello que tenemos K_w es el factor de corrección de Wahl.

$$\tau = \left[\left(\frac{4c-1}{4c-4}\right) + \frac{0,615}{c}\right] * \frac{8PD}{\pi d^3} \quad (8)$$

$$\tau = K_w * \frac{8PD}{\pi d^3}$$

$$\tau = 1,16 * 42,17Kg/mm^2$$

$$\tau = 48,91 Kg/mm^2$$

Cálculo estático. Para hallar el cálculo estático debemos partir de la expresión hallada anteriormente utilizando el factor de corrección de Wahl, luego de eso debe cumplir la siguiente condición.

$$\tau \leq \tau_{adm}. \quad (9)$$

$$\tau_{adm}. = \alpha * S_R \quad (10)$$

Dónde:

$\tau_{adm.}$ = Tensión admisible

α = Coeficiente de tipo de rotura

S_R = Carga de rotura a tracción

$$\tau_{adm.} = 0,405 * 189 / (5)^{0,19}$$

$$\tau_{adm.} = 56,37 \text{ Kg/mm}^2$$

En este caso se cumple la condición por lo que resistirá a los esfuerzos sometidos.

$$\tau \leq \tau_{adm.}$$

$$48,91 \text{ Kg/mm}^2 \leq 56,37 \text{ Kg/mm}^2$$

Cálculo a fatiga. Para el cálculo a fatiga es necesario conocer la carga media y la carga alternada, de la resistencia a la fatiga retenida S_{FR} y de resistencia a la deformación permanente S_T . Para el cálculo utilizamos la tabla de propiedades del resorte la cual podemos observar en el Anexo A.

- Tensión media.

$$\tau_m = K_s * \frac{8 * P_m * D}{\pi d^3} \quad (11)$$

$$\tau_m = 1,0683 * \frac{8 * 23 \text{ Kg} * 45 \text{ mm}}{\pi (5 \text{ mm})^3}$$

$$\tau_m = 22,52 \text{ Kg/mm}^2$$

- Tensión alternada.

$$\tau_a = K_w * \frac{8 * P_a * D}{\pi d^3} \quad (12)$$

$$\tau_a = 1,16 * \frac{8 * 34,5Kg * 45mm}{\pi(5mm)^3}$$

$$\tau_a = 36,68 Kg/mm^2$$

Una vez hallado estos valores realizamos la siguiente comparación:

$$\tau_m > \tau_a \quad \text{O} \quad \tau_m < \tau_a \quad (13)$$

En vista de que $\tau_m < \tau_a$ se procede a utilizar la siguiente fórmula para hallar el coeficiente de seguridad.

$$\frac{2\tau_a}{S_{FR}} = \frac{1}{CS} \quad (14)$$

$$CS = \frac{\frac{45,5}{(5)^{0,1}}Kg/mm^2}{2(36,68)Kg/mm^2}$$

$$CS = 0,52$$

Es importante saber que si un resorte a compresión está sometido a cargas dinámicas debemos conocer su frecuencia propia, para el cálculo de esta partimos de la siguiente fórmula:

$$\omega = \frac{d}{D^2 * N_a} \sqrt{\frac{G}{2P}} \quad (15)$$

$$\omega = \frac{5}{45^2 * 9} \sqrt{\frac{8050}{2 * 46}}$$

$$\omega = 0,0026$$

Diseño de resorte. Se lo realizó mediante el cálculo por tanteo ya que no existe una solución única, para ello se necesitó conocer los siguientes datos:

- Fuerza máxima y fuerza mínima.
- Limitaciones de espacio.
- Deformación máxima y mínima.
- Disponibilidad de material

Luego se determinó el material, el diámetro del resorte, la longitud, el número de espiras móviles y el número de espiras fijas, para finalizar con la verificación de:

- Resistencia estática
- Resistencia a fatiga
- Posibilidad de pandeo
- Frecuencias naturales

Materiales para resortes. Dentro de los requisitos que debe tener el material para la fabricación de los resortes mencionamos a los siguientes.

- Elevada resistencia de fluencia
- Elevada resistencia de fatiga.
- Bajo módulo de elasticidad.
- Alto contenido de magnesio
- Buena maquinabilidad
- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la torsión

Los aceros más comunes para la fabricación son aceros de medio y alto carbono de aleación, laminados o estirados en frío o en caliente, el alambre más utilizado es el redondo.

Tabla 5. Aceros duros, aleados e inoxidables para resortes

Material	Designaciones	Descripción
Alambre estirado en frío (estirado duro) (0.60 - 0.70 C)	UNS G10660 AISI/SAE 1066 ASTM A227-47	Es el acero de resorte de uso general de menor costo. Se usa cuando la exactitud, la deformación y la duración no son muy importantes (no adecuado para cargas variables o de impacto). Diámetros de 0.8 a 12 mm ^[3] (o 0.8 a 16 mm ^[1]). Rango de temperaturas 0 a 120 °C.
Alambre revenido en aceite (0.60 - 0.70 C)	UNS G10650 AISI/SAE 1065 ASTM A229-41	Mayor costo que el del SAE 1066 pero menor que el del SAE 1085. No es adecuado para cargas variables o de impacto. Diámetros de 3 a 12 mm ^[3] , aunque es posible obtener otros tamaños (0.5 a 16 mm ^[1]). Rango de temperaturas 0 a 180 °C.
Alambre para cuerda musical (0.80 - 0.95 C)	UNS G10850 AISI/SAE 1085 ASTM A228-51	Es el mejor, más resistente a la tracción, más resistente a la fatiga, más tenaz, y más utilizado para resortes pequeños. Diámetros de 0.12 a 3 mm ^[3] (o 0.10 a 6.5 mm ^[1]). Rango de temperaturas 0 a 120 °C.
Alambre revenido en aceite	AISI/SAE 1070 ASTM A230	Calidad de resorte de válvula. Adecuado para cargas variables.
Al cromo-vanadio	UNS G61500 AISI/SAE 6150 ASTM A231-41	Es el acero aleado más utilizado para aplicaciones con esfuerzos más elevados que los que soportan los aceros duros al carbono, y aquellas donde se necesiten altas resistencia a la fatiga y durabilidad. Soportan cargas de impacto. Ampliamente utilizado en válvulas de motores de avión. Diámetros de 0.8 a 12 mm. Temperaturas hasta 220 °C.
Al cromo-silicio	UNS G92540 AISI/SAE 9254 ASTM A401	Es excelente para aplicaciones con altos esfuerzos, en las que se requiera tenacidad y gran duración. El segundo más resistente después del alambre para cuerda musical. Dureza Rockwell aproximadamente entre C50 y C53. Diámetros de 0.8 a 12 mm. Temperaturas hasta 220/250 °C.
Acero inoxidable	SAE 30302 ASTM A313 (302)	Adecuado para carga variable.

Fuente: <http://www2.ula.ve/dsiportal/dmdocuments/elementos/resortes.pdf> las

Funciones que cumplirán los resortes serán las siguientes:

- Absorber la energía o cargas de choque.
- Ejercer fuerza o mantener la posición de la máquina.
- Absorber las vibraciones producidas.
- Convertir la deformación en fuerza.

3.3.2 *Determinación del tipo de motovibrador en función de la aplicación.* En base al proceso y a la granulometría del material se selecciona el método de vibración, el número de vibraciones por minuto necesarias y el ángulo de incidencia “i” preestablecido de la línea de fuerza.

En este caso se ha seleccionado el método de vibración rotacional con un número de 3600 rpm y un ángulo de inclinación de 10° con respecto a la horizontal.

Una vez seleccionado lo anterior se procede a elegir la curva correspondiente para determinar la velocidad teórica de avance del producto en (m/h o cm/s) como esta

máquina posee un grado de inclinación debemos proponer un valor de excentricidad amplitud pico-pico medida en mm, necesaria para obtener la citada velocidad teórica de avance del producto. En el Anexo B podemos observar la excentricidad y selección de la velocidad teórica de avance del producto.

Con un valor de excentricidad de 1mm y un ángulo de incidencia de 80° se determinó la velocidad teórica del producto obteniendo un valor de $V_{teo} = 150m/h$.

Una vez obtenido este valor mediante siguiente fórmula obtenemos la velocidad teórica real.

$$V_{TEOc} = \frac{V_{teo} + V_l}{Fa} \quad (16)$$

Dónde:

V_{TEOc} = Velocidad teórica para tener en cuenta la inclinación de la máquina

V_{teo} = Velocidad teórica del producto

V_l = Velocidad de incidencia

Fa = Factor correctivo para el cálculo de la velocidad correcta.

Se procede a determinar el valor de la velocidad teórica aplicando un factor correctivo por el grado de inclinación.

Cálculos:

$$V_{TEOc} = \frac{150m/h + 80m/h}{0,81} = 283m/h \quad (17)$$

Conocido el valor de la excentricidad “e” es posible determinar el valor del momento estático M_t (Kg.mm) del motovibrador, dicho valor lo obtenemos por la siguiente fórmula:

$$M_t = e * P_v \quad (18)$$

$$P_v = P_c + P_o \quad (19)$$

Dónde:

P_v = Peso total de la máquina vibrante

P_c = Peso de la estructura de la máquina vibrante

P_o = Peso del motovibrador, peso hipotético a confrontar sucesivamente con el del motovibrador que se determine.

$$P_v = 24,28kg + 7kg$$

$$P_v = 32Kg$$

Reemplazando este valor de P_v en la ecuación 18 tenemos.

$$M_t = 1mm * 32Kg$$

$$M_t = 32Kg/mm$$

Conocido el momento estático consultando con el catalogo se determina el tipo de motovibrador a utilizar, en el Anexo C podemos observar el catálogo de selección.

En este caso se seleccionó el motovibrador MVE 160/2 con las siguientes características:

- Debe ser de 150 lb de fuerza
- 220- 440 Voltios 60Hz
- 3600 rpm a trabajo continuo o intermitente
- Se recomienda las condiciones de trabajo continuo

Cálculo de la velocidad y caudal del producto. Para realizar este cálculo se debe partir de la siguiente fórmula.

$$V_p = V_{TEOC} * K_r \quad (20)$$

Dónde:

V_{TEOC} = Velocidad teórica del producto.

K_r = Factor de reducción que depende del tipo de producto transportado.

$$V_p = 283\text{m/h} * 0,70$$

$$V_p = 198.1\text{m/h}$$

El factor de reducción de producto transportado se lo obtuvo de la Tabla 6, que se muestra a continuación.

Tabla 6. Factor de reducción de producto transportado

Factor de reducción de producto transportado	
Verdura en hojas....0,70	Virutas de madera o gránulos de pvc0,75-0,85
Grava.....0,95	Arena.....0,70
Carbón fino.....0,80	Azúcar.....0,85
Carbón grueso.....0,85	Sal.....0,95

Fuente: http://www.dimet.cl/sitio/bin/catalogo_generale_SP.pdf

Una vez conocida la velocidad del producto podemos hallar el caudal del producto transportado utilizando la siguiente fórmula.

$$Q = V_p * L * S \quad (21)$$

Dónde:

Q = Caudal

V_p = Velocidad del producto

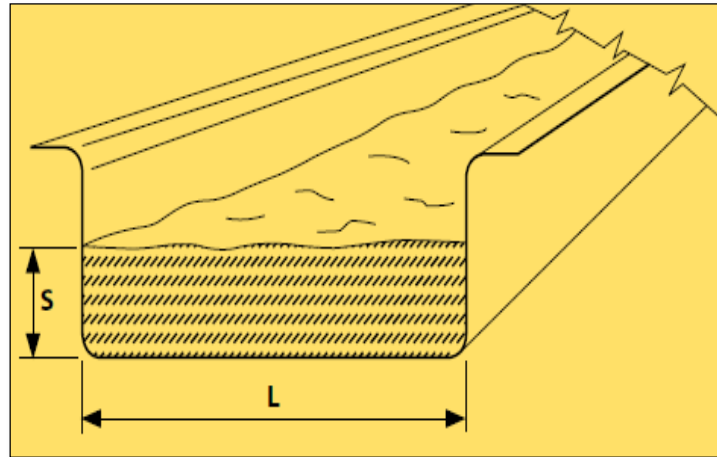
L = Ancho del canal

S = Capa del material

$$Q = 198,1 \text{ m/s} * 0,5 \text{ m} * 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 9.90 \text{ m}^3/\text{h}$$

Figura 28. Canal transportador



Fuente: http://www.dimet.cl/sitio/bin/catalogo_generale_SP.pdf

Aquí se tomó en cuenta el ancho largo del canal y la capa de material a ser tamizado obteniendo un caudal de $9.90 \text{ m}^3/\text{h}$.

Aislamiento mecánico del equipo vibrante respecto a la estructura portante

En lo que se refiere a los sistemas de oscilación libre, se aconseja el uso de elementos elásticos (como muelles helicoidales de acero, soportes de goma o amortiguadores neumáticos) para permitir la plena libertad de movimiento del equipo vibrante en todas las direcciones.

Para dichos sistemas de oscilación libre, no usar bielas, resortes de láminas, resortes planos, etc.

El elemento antivibrante debe tener la capacidad adecuada, tal de poder soportar un peso igual al peso total es decir suma de los pesos del equipo aislado elásticamente, del o de los motovibradores y del material que descansa sobre el equipo multiplicado por un coeficiente de seguridad con valor comprendido entre 2:2,5.

Por lo tanto la capacidad del elemento elástico será:

$$K_{kg} = \frac{P_v + P_s}{N} \times 2,5 \quad (22)$$

Dónde:

P_v = peso total del grupo vibrante

P_s = peso estático del material sobre el equipo

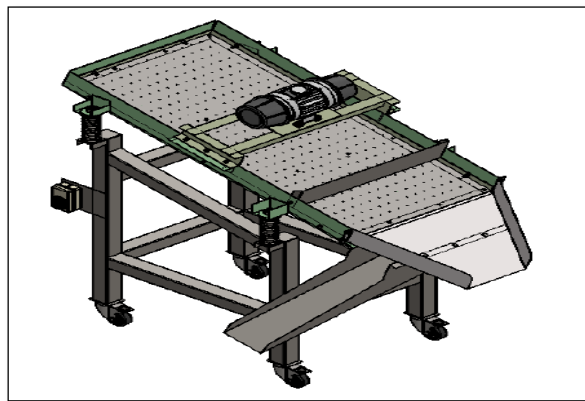
N = número de elementos elásticos

$$K_{kg} = \frac{32kg + 14kg}{4} \times 2,5$$

$$K_{kg} = 28,75 kg$$

Una vez analizadas las opciones de diseño el dimensionamiento y seleccionado el material es así como nos queda el diseño final de la tamizadora a ser fabricado.

Figura 29. Diseño final



Fuente: Autor

El abastecimiento de arena para moldeo sobre el porta tamiz se lo realizará por medio de los operarios o encargados durante todo el proceso de tamizado, una vez cargada la máquina se procederá a encenderla para así activar el motovibrador el cual generará las vibraciones necesarias para producir el paso de las partículas de menor diámetro por los poros de la malla de manera forzada.

Las partículas pequeñas que atravesaron la malla se transportaran mediante la vibración generada, a lo largo del canal principal o cuerpo de la máquina hacia el canal de salida de material tamizado ubicado lateralmente para evitar que se junten las arenas al final del proceso y posteriormente hacia la caja donde se realizará el molde de la pieza debido a que esta ya cumple con el tamaño de grano óptimo y requerido para iniciar el proceso de moldeo.

Las partículas mayores que han sido retenidas por la malla se transportaran a lo largo del porta tamiz hasta llegar al canal o boca de salida de material no cernido ubicado frontalmente en la máquina mismo que será recogido en una carretilla para devolverlo al montículo o área de almacenamiento de la arena.

El ángulo de inclinación con el que se construirá la tamizadora permitirá un mejor desalajo del material, evitará la generación de pandeo y evitará que se obstruyan los poros de la malla.

3.4 Construcción de la tamizadora

Para la fabricación del producto utilizó una herramienta del diseño denominada diagrama de proceso en el cual se indica la secuencia de operaciones que debe tener durante la construcción de la máquina, éste diagrama se lo puede observar de forma detallada y clara en el Anexo D.

3.4.1 Medición. Utilizando un flexómetro se procedió con toma de medidas exactas de cada uno de los elementos que conforman la tamizadora antes de ser cortados.

Figura 30. Medición



Fuente: Autor

3.4.2 Corte. Para la construcción de la tamizadora, se procedió a realizar la operación de corte con precisión, para obtener las medidas ya establecidas de los diferentes elementos que conforman a ésta, el material utilizado para la construcción de la estructura es tubo cuadrado de acero, este corte se lo realizó con una trozadora de disco para metales.

El material utilizado para el cuerpo de la máquina fue tool galvanizado de 1/16, para su corte se utilizó una cizalladora y tijeras de hojalatero.

Figura 31. Corte



Fuente: Autor

3.4.3 Doblado. Una vez medido y cortado se procedió a doblar el tool para así formar el cuerpo de la tamizadora y las bocas de salida, este se lo realizó en una máquina troqueladora manual. Este proceso de doblado se lo realizó mediante el doblado por estiramiento.

Existen técnicas matemáticas para hallar un radio y ángulo de doblado las que son entregadas al operario para aplicar en el doblado y obtener piezas exigidas de mayor precisión.

En éste caso se realizó el doblado mediante un proceso consiste en sujetar la lámina y someterla a una tracción mientras es doblada, esta técnica se utiliza para reducir la recuperación en el conformado por estiramiento de las piezas con elevada profundidad, cabe recalcar que en ciertos momentos y condiciones se genere un fenómeno de recuperación negativa la cual se da cuando el ángulo final de la pieza es mayor.

Figura 32. Doblado de tool



Fuente. Autor

3.4.4 Soldadura. Una vez realizado el corte y doblado de las diferentes partes con las dimensiones exactas se procedió con la soldadura de la estructura de soporte, el proceso utilizado fue de soldadura por arco eléctrico, en el cual se aprovecha una fuente de calor con el fin de unir los metales en los puntos que han de unirse.

Para ello se utilizó electrodo revestido 6011, hay que tener en cuenta que para conseguir un cordón de soldadura correcto, se debe controlar factores como:

- Ángulo de trabajo adecuado.
- Selección adecuada del amperaje.
- Evitar que el material base esté contaminado.
- Martilleo después de realizado el cordón para evitar tensiones.
- Enfriamiento lento para evitar la formación de estructuras duras.

Hay que tomar en cuenta que se debe tener cuidado, ya que este proceso de soldadura provoca irradiaciones de rayos luminosos, ultra violetas e infrarrojos, los cuales producen trastornos orgánicos.

Por ello se debe utilizar durante este proceso el equipo de protección personal ya que éste nos permitirá disminuir de alguna manera la exposición directa a estos factores mencionados.

Figura 33. Soldadura



Fuente: Autor

3.4.5 Pulir. Una vez soldadas las partes, se procede a pulir o limar las juntas soldadas para eliminar todo tipo de irregularidad producto de la suelda, pequeñas fallas y toda esquina sobrante que pueda causar algún tipo de daño físico.

Una vez terminado el proceso de pulido se procede a limpiar con tiñer o desoxidante a todos los componentes para quitar la grasa y todo tipo de impureza previo a la operación de pintado para obtener un mejor acabado.

Figura 34. Pulir



Fuente: Autor

3.4.6 Pintar. Luego de quitar las impurezas se procedió con el pintado de todos los elementos de la máquina lo que permitirá que el material se oxide. Primero se colocó una pintura de fondo y luego el pintado final

Figura 35. Pintado



Fuente: Autor

3.4.7 Ensamblado. Luego de realizar todas las operaciones anteriores procedimos a unir la estructura con el cuerpo, muelles y los demás elementos que conforman la tamizadora, cabe recalcar que existen varios procesos de ensamble entre ellos tenemos:

Permanentes. Algunas partes en el proceso de ensamblado, se unen de modo permanente mediante soldadura eléctrica dura, la soldadura se efectúa con el uso de calor, de presión o ambos tipos, el calor producirá cierto efecto sobre las partes unidas y de esta manera quedarán ensambladas.

No permanentes. Su función es unir dos o más partes entre sí para formar un solo conjunto o subconjunto completo. La unión de los componentes constitutivos se puede realizar con soldadura por arco blanda, o con uso de sujetadores mecánicos adhesivos. La sujeción mecánica se logrará por medio de tornillos, remaches, pasadores, cuñas y uniones por ajuste a presión.

Semipermanentes. Los tornillos y pernos son sujetadores con roscas externas. Hay una diferencia técnica entre un tornillo y un perno, que con mucha frecuencia confunde.

Un tornillo es un sujetador de rosca externa que por lo general se ensambla en un orificio roscado ciego.

Un perno es un sujetador de rosca externa que se inserta a través de orificios y se asegura con una tuerca en el lado opuesto.

Para la selección de métodos de ensamble se destacan los siguientes:

- Manual. Aquel donde la mano del hombre literalmente es parte del ensamblado del producto
- Mecánico. Aquel en donde el ensamble es realizado y controlado por una máquina.

El montaje de la máquina se lo realizó utilizando el método de ensamblado de forma manual ya que no hubo la necesidad de utilizar una máquina para esta operación, solo el uso de herramientas, luego de montar todos sus elementos constitutivos, se puede observar en la Figura 35 la máquina completamente ensamblada obteniendo así un producto final.

Figura 36. Ensamble



Fuente: Autor

En la siguiente Tabla se puede observar el listado de todos los elementos que conforman la tamizadora.

Tabla 7. Elementos que conforman la tamizadora

N.º DE ELEMENTO	ELEMENTOS	CANTIDAD
1	Estructura tubo cuadrado IPAC 2in x 2mm	1
2	Porta tamiz , perfil angular de 1 1/4 in	1
3	Cuerpo, plancha acero e= 2 mm	1
4	Base motovibrador perfil angular de 1 1/4 in perfil C 60x30x2 mm	1
5	Boca de salida 1 plancha acero e= 1.5 mm	1
6	Boca de salida 2 plancha acero e= 1.5 mm	1
7	Placa de retención plancha de acero e= 1.5 mm	1
8	Botonera AISI 1045	1
9	Muelle de compresión	4
10	Goma estabilizadora SAE 5	4
11	Arandela plana SAE 5	8
12	Perno de cabeza hexagonal ϕ 5/8 x 6 in	4
13	Malla 492 x 992 mm	1
14	Motovibrador MVE 160/2 modelo MDE 1/4 HP trifásico 3600rpm	1
15	Tuerca hexagonal ϕ M10	4
16	Tuerca hexagonal ϕ 5/8	4
17	Tuerca hexagonal ϕ 5/8	24
18	Perno de cabeza hexagonal 1/4 x 3/4	24
19	Tornillo autorroscante ST 3.4	16
20	Perno de cabeza hexagonal M6 x 16	4
21	Ruedas soporte 70 Kg	4

Fuente: Autor

3.4.7.1 Máquinas y herramientas utilizadas. El mal uso de máquinas y herramientas puede generar un desgaste superior al normal en ellas, ocasionando un deterioro rápido lo que hace peligroso su uso, debido a que pueden fallar en cualquier momento.

Por ello que se debe garantizar un uso correcto de máquinas y herramientas para así evitar accidentes o lesiones humanas.

En este caso se hará referencia a las máquinas y herramientas utilizadas en el proceso de montaje mecánico en el taller.

Riesgos más importantes

- Golpes y cortes en manos u otras partes del cuerpo.
- Lesiones oculares por proyección de fragmentos o partículas.
- Contactos eléctricos.
- Ruido.
- Incendios.

Causas principales

- Inadecuada utilización de las máquinas.
- Utilización de máquinas defectuosas.
- Empleo de máquinas de mala calidad.
- No utilización de equipos de protección personal
- Falta de inspección del entorno de trabajo.

Medidas preventivas

- Comprobar que la máquina o herramienta se encuentra en buen estado.
- Usar máquinas y herramientas de calidad y que sean acordes al trabajo a realizar.
- Instruir adecuadamente al personal para la utilización de las máquinas y herramientas.

- Comprobar si las máquinas o herramientas contienen elementos adecuados de protección.
- Las piezas a colocar se colocarán con la máquina apagada.
- Mantener limpio y ordenado el lugar de trabajo
- Utilizar gafas protectoras o pantalla facial cuando haya riesgo de proyección de partículas.
- Utilizar guantes de protección mecánica para labores de virutas.
- No utilizar anillos relojes o cualquier prenda que pudiera quedar atrapada por órganos móviles de las máquinas.

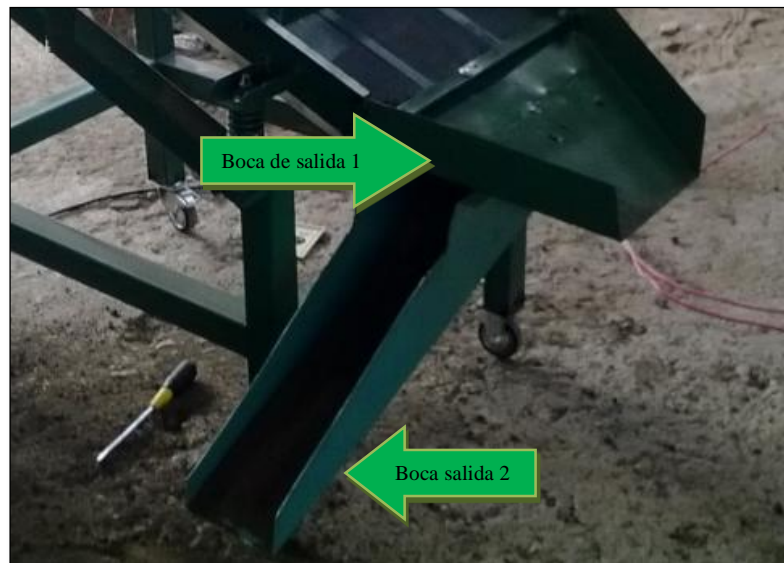
Tabla 8. Máquinas y herramientas utilizadas

MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA TAMIZADORA					
Parte elaborada	Proceso	Máquina		Herramienta	
Estructura de soporte	Medición			Flexómetro	1
	Corte	Trozadora	1		
	Soldadura	Soldadora	1		
	Pulida	Amoladora	1		
	Limpieza			Cepillo, metálico, lija	1
	Pintura	Compresor	1	Pistola	1
	Roscado			Terraaja	1
Cuerpo, bocas de salida, porta tamiz	Medición			Flexómetro	1
	Corte	Cizalladora,	1	Tijera de hojalatero	
	Doblado	Troqueladora	1		
	Taladrado	Taladro	1	Broca	1
Ensamble	Ajuste			Llave de boca	2
	Nivelación			Comprobador de nivel	1
	Total:	Máquinas	7	Herramientas	9

Fuente: Autor

3.4.7.2 Colocación de las bocas de salida al cuerpo. Estos elementos constitutivos fueron acoplados mediante pernos al cuerpo de la tamizadora como ya se indicó anteriormente de manera que queden fijos, formen un solo elemento, puedan ser montadas y desmontadas fácilmente, en este caso se utilizó el proceso de montaje semi permanente.

Figura 37. Ensamble de bocas de salida material



Fuente: Autor

3.4.7.3 Colocación de pernos de barra estabilizadora y muelles. La barra estabilizadora es el mecanismo de servodirección y limitador de dirección de los muelles.

La cabeza de barra estabilizadora será colocada dentro del descanso de platina, entre los dos extremos de éste va alojado un muelle helicoidal el cual en su extremo superior e inferior contiene un aislador de goma, con esto se garantiza una correcta transmisión de movimiento en el proceso de tamizado.

Figura 38. Ensamble de muelle y barra estabilizadora



Fuente: Autor

3.4.7.4 *Colocación de cuerpo sobre la estructura de soporte y muelles.* Antes de colocar el cuerpo sobre el soporte estructural debemos verificar que la posición de los pernos de la barra estabilizadora y los muelles se encuentren paralelos a los agujeros donde van a ser acoplados para garantizar el correcto montaje y lograr un mejor trabajo de los muelles.

Una vez comprobado esto se procedió a acoplar los elementos ya mencionados y a realizar el apriete de los pernos de la barra estabilizadora.

Figura 39. Ensamble de estructura y cuerpo



Fuente: Autor

3.4.7.5 *Colocación del porta tamiz.* Antes de colocarlo se debe revisar que el tamiz se encuentre bien fijo y tensado, para no tener inconvenientes en el momento del vaciado del material a tamizar.

Figura 40. Ensamble de porta tamiz



Fuente: Autor

3.4.7.6 Colocación del motovibrador. Parte importante de la tamizadora es el motovibrador para su fijación debemos cumplir con las siguientes condiciones.

La placa base sobre la que se va a fijar el motovibrador

- Debe ser adecuadamente sólida.
- Debe tener la mayor planitud posible para evitar tensiones innecesarias sobre las patas del equipo.
- Debe estar libre de rebabas, oxido, grasa y todo elemento extraño que impida el buen contacto con el equipo.
- Nunca suelde la estructura con el motovibrador colocado ya que puede producir daños a los rodamientos o al bobinado del mismo.

Figura 41. Montaje del motovibrador



Fuente: Autor

3.4.7.7 Colocación de botonera. Antes de colocar el pulsador o botonera se debe realizar lo siguiente:

- Verificar los polos del motovibrador.
- Verificar el diagrama de conexiones.
- Configurar el ingreso de energía 220V.
- Observar la placa característica del motovibrador.

Figura 42. Ensamble botonera, relé térmico y luces



Fuente: Autor

En la botonera se instaló un pulsador de arranque color verde y uno de paro color rojo, junto a ellos se instalaron luces pilotos las cuales nos indican lo siguiente:

- Luz piloto amarilla encendida. El sistema se encuentra energizado siempre que esté enchufado a la red de alimentación de energía.
- Luz piloto verde encendida. El motor se encuentra en marcha caso contrario se encuentra apagado.
- Luz piloto roja encendida. Ocurrió un fallo térmico debemos esperar cierto tiempo para volver a encender la máquina.

Se instaló un guardamotor formado por contactor, un relé térmico y un interruptor, con el fin de proteger al motovibrador de una sobrecarga de energía.

La botonera instalada como elemento de protección debe evitar que las personas entren en contacto con los peligros, o bien reducirlos a un nivel seguro antes que las personas entren en contacto con ellos.

Las protecciones en sí mismas pueden ser fijas para cercar o distanciar un peligro, o bien móviles para que puedan cerrarse automáticamente o se accionen o se enclaven eléctricamente.

Antes de la instalación de cada una de los equipos mencionados, se procedió a realizar los circuitos de fuerza y de mando para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de ellos. Anexo E y F

3.5 Seguridad e higiene para la construcción de la tamizadora

La seguridad es una disciplina que tiene por objeto el estudio de los accidentes de trabajo analizando las causas que lo provocan.

La higiene es una disciplina que estudia las enfermedades profesionales a las cuales pueden verse sometidos los trabajadores.

Una vez conocidas las operaciones a realizar en el proceso es importante tener en cuenta factores de seguridad e higiene en el lugar de trabajo, esto nos ayudara a crear un ambiente sano y seguro libre de accidentes y enfermedades profesionales durante la construcción de la tamizadora.

3.5.1 Seguridad en el taller. No es fácil determinar dónde empiezan y terminan las tareas vinculadas con el trabajo que se va a realizar en este caso la construcción de la tamizadora, es por ello que enfocados en crear un ambiente seguro en un taller y con la finalidad de evitar un accidente o incidente, debemos hacer un análisis de las posibles causas que los pueden generar.

Un accidente o incidente dentro de un taller industrial puede ser ocasionado por la combinación de factores humanos y técnicos como:

Factores humanos.

- Económicos.
- Sociológicos.
- Psicológicos.
- Fisiológicos.

Factores técnicos.

- La tarea.
- Organización
- Material y equipo.
- Entorno.
- El individuo.
- Medio ambiente o lugar de trabajo.

Es necesario implementar un procedimiento que garantice que todas las herramientas empleadas para la ejecución de las diferentes actividades sean las apropiadas y se encuentren siempre en buen estado y se usen correctamente en el desarrollo de los trabajos asignados.

Las prácticas de seguridad siempre están asociadas a la correcta utilización de herramientas manuales entre estas podemos distinguir las siguientes.

- Seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar.
- Mantener las herramientas en buen estado.
- Usar correctamente las herramientas.
- Evitar el entorno que dificulte su uso correcto.
- Guardar las herramientas en lugares seguros.
- Asignar de manera personalizada las herramientas siempre que sea posible.

Así mismo es importante que el trabajador que posteriormente manipulará una herramienta o equipo obligatoriamente debe:

- Recibir una capacitación adecuada en el correcto uso de cada herramienta o equipo a emplear en su trabajo diario.
- No utilizar las herramientas o equipos para otros fines en el trabajo, ni sobrepasar o violar las indicaciones técnicamente especificadas.
- Utilizar oportunamente las herramientas o equipos adecuados para cada tipo de actividad previamente definida.

- Utilizar siempre los elementos auxiliares o accesorios que cada operación exija para que se cuente con etapas productivos en las mejores condiciones de seguridad
- No trabajar con herramientas ya sean interruptores, botones, partes o equipos defectuosos.
- Inspeccionar periódicamente el estado de las herramientas y equipos separando las deterioradas para su reparación o eliminación definitiva.
- Transportar las herramientas y equipos siempre en cajas específicamente diseñadas para este fin

3.5.2 Higiene en el taller. La higiene dentro del taller es muy importante ya que nos permite reconocer evaluar y controlar situaciones que pueden afectar la salud del operario, la carencia de higiene genera condiciones sub estándar para el desarrollo del trabajo.

El orden y la limpieza son elementos fundamentales de un taller mecánico, debido a que los suelos y zonas de paso pueden quedar rápidamente obstruidos por materiales y útiles capaces de provocar tropiezos, si no se tiene precaución de ubicar cada uno de los elementos en el lugar correspondiente.

Es necesario establecer un algoritmo para la elaboración del trabajo esto ayudaría a realizar cualquiera que sea el proceso de forma ordenada.

La higiene ligada a la seguridad genera un ambiente sano y seguro el cual permite un mejor desarrollo de las actividades cotidianas.

Al igual que en el factor seguridad, debemos realizar un análisis previo de varios aspectos, los cuales están ligados a los procesos a realizarse, entre los aspectos importantes a controlar tenemos:

- Falta de orden y limpieza.
- Generación de polvos.
- Emisión de gases contaminantes.
- Falta de equipo de protección.
- Falta de ventilación.

3.6 Seguridad e higiene en los procesos

Es necesario realizar un análisis general de todos los equipos a utilizar para de esta forma crear un sistema hombre-máquina que sea eficaz, de igual forma un análisis y evaluación del entorno.

Determinadas las necesidades y el análisis de operaciones del proceso, se definen las características del equipo en función de los siguientes factores: operario, producción y tiempo.

La selección del equipo y el uso adecuado del mismo ayudará a que la tarea que se vaya a desarrollar tenga éxito.

Las operaciones más importantes que se realizaron en la construcción de la máquina tamizadora como son el corte, doblado y la soldadura implican que el análisis antes mencionado sea mucho más profundo en estas tres etapas dadas las complejidades de las tareas a realizar.

Es así que antes de realizar estas operaciones debemos verificar tanto los equipos a utilizar, así como el lugar donde se desarrolla el trabajo, entre los principales factores que pueden afectar estos procesos tenemos:

- Máquinas, equipos y herramientas desprotegidas.
- Superficies de trabajo inadecuadas.
- Instalaciones de energía en malas condiciones.
- Falta de herramientas de trabajo y elementos de protección personal.
- Iluminación defectuosa.
- Organización de la tarea.

Una vez verificados y corregidos estos factores se puede dar inicio al trabajo, no obstante el personal a realizar dicho trabajo lo realizará tomando todas las debidas precauciones personales, ya que el haber corregido los factores antes mencionados no quiere decir que los riesgos se hayan eliminado.

Debido a esto se debe cumplir con todas las recomendaciones de seguridad e higiene enlistadas a continuación.

- Verificar las conexiones eléctricas y evitar su contacto.
- Almacenar los productos combustibles a una distancia prudencial.
- Utilizar equipos de protección personal.
- Verificar que no existan obstáculos en las zonas de circulación.
- Tener a la mano un equipo contra incendios.
- Tener a la mano un equipo de primeros auxilios.

Se debe tomar en cuenta la aplicación de estas medidas preventivas para minimizar todo tipo de riesgo existente en el taller. Aquí se detalla un pequeño modelo constituido por tres actividades las cuales pueden ayudarnos a crear un ambiente seguro de trabajo.

Identificación. Este es el primer paso identificar los riesgos, para ello se utilizarán herramientas como:

- Check list
- Entrevistas
- Quejas por parte del personal
- Indicadores
- Auditorias

Evaluación. Este es el segundo paso evaluar los riesgos.

- Análisis de riesgos. Se lo puede realizar por puestos de trabajo, por actividad, riesgos del entorno, equipos y herramientas.
- Priorizar riesgos. No todos los riesgos pueden ser eliminados, pero muchos pueden ser minimizados.

Control. Este es el último paso controlar los riesgos, para el control de riesgos se deberá elegir el tipo de control basado en la jerarquía de los riesgos.

Los controles de riesgos se muestran a continuación basándose en su efectividad.

1. Eliminación del riesgo o sustitución por uno menor.
2. Controles de ingeniería (modificar equipos herramientas).
3. Advertencias de identificación del riesgo (señalización).
4. Controles administrativos (Inducciones, capacitación continua).
5. Equipo de protección personal.

Se deben realizar los tres pasos para poder tener la información y las acciones que se realizarán posteriormente, y a partir de la implementación se realizará un seguimiento a los cambios implementados.

3.7 Ropa y equipo de trabajo

Tener conocimientos de las normas de seguridad y de los beneficios de respetarlas contribuye a tomar conciencia y evitar accidentes laborales, además el tipo de ropa de trabajo relacionada con cada actividad específica es de gran importancia el modo de utilización

Según las normas de seguridad industrial en el trabajo la indumentaria específica de cada actividad debe ser utilizada de modo que evite cualquier tipo de riesgo de accidente en la tarea a desarrollar

Se debe llevar ropa ajustada evitando llevar partes sueltas de tela o ropa desgarrada ya que pueden existir riesgos de engancharse.

Según las diferentes tareas, a desarrollar está prohibido guardar herramientas en bolsillos de la indumentaria, a no ser que la ropa este diseñada para contenerlas instruir detalladamente en el modo de utilizar la vestimenta.

Los riesgos de accidentes y las posibilidades de lesiones en los individuos aumentan cuando la ropa de trabajo es mal utilizada o presenta algún tipo de anomalía debido a su uso excesivo.

Siempre que se detecte algún tipo de anomalía de la fabricación se debe indicar su reemplazo por la seguridad del trabajador y del equipo que comparte actividades diarias es por ello que se debe tener siempre presente estas dos consideraciones:

Utilización de ropa indicada. Dentro del desarrollo de las actividades diarias es de suma importancia utilizar la indumentaria adecuada para cada tipo de operación.

Mantenerla en buen estado. La observación de la ropa de trabajo constantemente debe convertirse en un hábito que proporcionará muchos beneficios dentro de la prevención de accidentes laborales, cada que se verifique la existencia d alguna rasgadura lo mejor será solicitar nuevamente ropa de trabajo en buen estado.

La protección personal tiene por objeto interponer una última barrera entre el riesgo y el trabajador mediante equipos a ser utilizados, los equipos de protección personal no eliminan riesgos y su uso resulta a menudo incómodo para ciertas personas. Por ello es preferible limitar al máximo la necesidad de recurrir ellos.

Los equipos de protección personal son la barrera entre la persona y el riesgo, actúan no sobre el origen del riesgo sino sobre la persona que lo sufre, no eliminan los riesgos solo pretenden minimizar sus consecuencias.

Figura 43. Equipo de protección personal



Fuente: http://3.bp.blogspot.com/2mxqxebwxc/urclbawddii/aaaaa_aaabq8/urabhw2elg/s1600/epp+3.jpg

En la siguiente tabla podemos observar los elementos de protección personal que se deben utilizar según el proceso a realizar para la construcción de la tamizadora, el uso de todos los equipos y su correcto empleo disminuirá el riesgo de accidentes.

Tabla 9. Equipos de protección personal

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL			
SOLDADURA	DOBLADO	CORTE	PINTADO
Guantes de cuero	Guantes anti corte	Guantes anti corte	Guantes de cuero
Mangas de cuero	Overol manga corta	Overol manga larga	Mangas de cuero
Casco protector	Zapatos de seguridad	Gafas	Overol manga larga
Overol manga larga		Zapatos de seguridad	Mandil de cuero
Mandil de cuero			Protección facial
Mascarilla para vapores			Mascarilla para vapores
Zapatos de seguridad			Zapatos de seguridad

Fuente: Autor

Debido a que los trabajadores son los que sufren las consecuencias de las lesiones en el trabajo, debe quedar por parte del técnico que cada trabajador tiene su responsabilidad en cuando a seguridad se refiere, y deben seguir los reglamentos, instrucciones e indicaciones.

El técnico debe tener a su cargo la organización y guía del programa de prevención, actuando como coordinador y suministrando información a los trabajadores. Este debe velar por la correcta realización del trabajo realizado debiendo presentar actitud de consejo y persuasión.

Un buen funcionamiento de la seguridad se basará en una cooperación de todo el equipo de trabajo igualmente de los conocimientos de seguridad y del conocimiento de todos los procesos y sistemas de fabricación.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA TAMIZADORA EN EL TALLER

4.1 Calibración y ajustes

La calibración y ajuste de un conjunto es donde se establecerán ciertas condiciones específicas, la correspondencia entre los valores indicados en un instrumento, equipo o sistema de medida, o por los valores representados por una medida de referencia, y los valores conocidos correspondientes a una magnitud de medida o patrón, asegurando así la trazabilidad de las medidas a las correspondientes unidades básicas y procediendo a su ajuste.

Es importante realizar la calibración de los equipos y máquinas ya que esto proporciona la seguridad de que el producto que se fabrica reúne las especificaciones requeridas, dentro de las razones por las que se calibra un equipo se realizan con el fin de:

- Mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos.
- Responder a los requisitos establecidos en las normas de calidad.
- Garantizar la fiabilidad de las medidas.

Antes de poner en funcionamiento la tamizadora se realizó una inspección final del montaje de los elementos que la constituyen observando que:

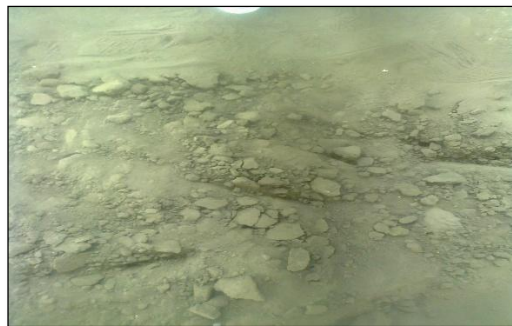
- Se encuentren bien ajustados los pernos.
- Verificar que el tamiz se encuentre uniformemente tensado.
- Verificar que el porta tamiz se encuentre debidamente colocado.
- Que el motovibrador se encuentre fijamente montado a su base.
- Eliminar esquinas sobrantes.
- Que la máquina se encuentre situada en un área plana la cual permita que ésta se mantenga firme o estable.

4.2 Prueba de funcionamiento

Antes de proceder al realizar el tamizado se procede a preparar la arena, para este proceso se debe tomar en cuenta las cantidades que van a ser utilizadas por el operador en el proceso de moldeo.

Arena reciclada. Esta arena proviene de los moldes que se destruyen después de obtener las piezas fundidas en procesos anteriores, a ésta toca eliminarle los terrones que se produjeron por el aglutinamiento

Figura 44. Arena reciclada



Fuente: Autor

Para deshacer los moldes el operario debe utilizar una varilla golpear la arena y recogerla con una pala en ocasiones se utiliza la misma pala para realizar esta operación.

Arena nueva. Se toma la arena nueva del lugar donde se encuentra almacenada se tamiza con la malla para obtener el mismo tamaño de grano que la arena reciclada.

Figura 45. Arena nueva



Fuente: Autor

Tamizar la arena. Para esto se utiliza una malla con el fin de obtener un tamaño de grano óptimo y a su vez eliminar residuos de fundiciones anteriores. Se toman las cantidades de dichas arenas necesarias en la fórmula, y se mezclan añadiendo bentonita y carbón marino. Luego se añade agua en forma uniforme, la cantidad de agua está determinada por el criterio del operario hasta que observa si la arena posee las características de aglutinamiento adecuada. Se mezcla hasta lograr una uniformidad de la mezcla, finalmente se obtiene la composición adecuada y se deposita en un lugar destinado transportándola en carreta hasta el lugar donde se desarrollara el proceso de moldeo haciendo un montículo.

Este proceso de preparación de arena para el moldeo posee una característica, no siempre se lleva a cabo ya que una vez preparada el operario la reutiliza sin agregar más cantidad de los elementos que la constituye, sin obtener el mismo tamaño de grano y sin eliminar los residuos de metales ya fundidos, sino hasta que según el criterio del operador previo a su experiencia en técnicas de moldeo observe que la arena está quemada.

Esto se determina en base al número de ocasiones que la arena ha sido utilizada en los procesos de fundición, y el cuerpo de la arena ya no es el mismo debido a la falta de aglutinantes. Para determinar las propiedades de la arena se utilizaron los siguientes equipos.

Tamizadores. Determina la fineza de la arena para moldes de fundición, su objetivo es clasificar de manera consistente todos los tipos de muestras en el laboratorio. Para ello se define el índice de finura el cual indica el tamaño de grano de la muestra.

Figura 46. Tamizadores



Fuente: Autor

Máquina universal. Este equipo se utilizó para llevar a cabo las pruebas y determinar los valores de esfuerzos cortantes y de compresión tanto para la arena húmeda y seca.

Figura 47. Máquina universal



Fuente: Autor

Martinete. Este aparato se utilizó para la construcción de las muestras con el objeto de realizar las distintas pruebas, además con este equipo se puede medir directamente la compactibilidad.

Figura 48. Martinete



Fuente: Autor

Medidor de contenido de arcilla. Se utilizó para medir el contenido de bentonita a partir del contenido de arcilla presente en la arena de moldeo.

Se tiene tres tipos de contenido de arena:

- Arcilla total. Es el contenido de arena obtenida durante la preparación de la muestra se obtiene una muestra homogénea.
- Arcilla dispersada. Es la cantidad de arena obtenida donde la arcilla se encuentra en forma no homogénea.
- Arcilla suprimida. Que es la diferencia entre la arcilla total y la suprimida.

Permeámetro. Equipo que sirvió para determinar la propiedad de la arena que permite ser atravesada por los gases y así eliminarlos del molde en el momento del vaciado del material.

Figura 49. Permeámetro



Fuente: Autor

Higrómetro. Este equipo utiliza carburo de calcio el cual reacciona con la humedad que tiene la muestra de arena, generando un gas a presión, esta presión es medida por medio de un manómetro instalado que permite traducirla a un porcentaje de humedad.

Figura 50. Higrómetro



Fuente: Autor

Equipo para prueba de moldeabilidad. Se utilizó para determinar los siguientes índices:

- Índice de friabilidad. Este indica la habilidad de la arena compactada de moldeo, para resistir la abrasión o desgaste de la superficie de un molde.
- Índice de moldeabilidad. Indica la facilidad con que la arena tomara la forma del molde

Las propiedades de las arenas de moldeo en cada uno de los diferentes procesos de fabricación de moldes, se puede observar que son diferentes a pesar de estar fundiendo el mismo tipo de metal y es por ello que para la elaboración de cada producto se necesita que el molde soporte diferentes condiciones.

El tipo de arena utilizado para el proceso de fundición es el moldeo en verde Howard Eduardo, menciona que la arena en verde es utilizada en moldes no secados (moldes de arena verde) y una aplicación de estos moldes es para la obtención de piezas coladas de dimensiones pequeñas y medianas (HOWARD, 1962 pág. 218).

Para reducir el número de incrustaciones de arena en la superficie de las piezas es muy importante tomar en cuenta el proceso de tamizado, ya que si el proceso de tamizado de la arena no es lo suficientemente bueno, la arena que se utilizará previo a la elaboración del molde estará contaminada con agentes que pueden tener afinidad por el metal líquido que pasará por el molde.

Si el tamizado utilizado genera un tamaño de grano demasiado grande posiblemente provocará un efecto de desmoronamiento cuando se vierta el material líquido. Entonces debido a esto cuando la superficie de la pieza entre en contacto con los agentes contaminantes presentes en la arena se producirán las incrustaciones obteniendo una fundición de baja calidad.

Otra forma de que se generen estas incrustaciones en las piezas fundidas es debido al desmoronamiento de arena por un mal índice de friabilidad, es decir cuando se vierte el material líquido y golpea las paredes del molde, en ese instante se desprende cierta

cantidad de grano de arena los cuales quedan atrapados en la pieza cuando el metal se solidifica.

Es por ello que la medida del tamaño de grano en el proceso de tamizado y la medida del índice de finura, serán los indicadores para saber la adherencia superficial de arena disminuye o aumenta, partiendo de la relación entre la cantidad de bentonita, cantidad de agua utilizada y el tamiz utilizado.

Una vez ensamblado cada uno de los elementos que conforman la tamizadora se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento de la siguiente manera:

- Se observó que alrededor de la máquina no se encuentre ningún objeto que impida el funcionamiento de la misma.
- Se procedió a energizar la máquina para verificar el funcionamiento del tablero de control, mediante las luces piloto instaladas.
- Una vez comprobado el tablero de control, se encendió la máquina para verificar el funcionamiento correcto del motovibrador.
- Se verificó el funcionamiento correcto de la máquina sin adicionar arena.
- Luego se colocó uniformemente la arena sobre el porta tamiz.
- Se volvió a encender la máquina estando esta previamente cargada.
- Se comprobó el funcionamiento normal de la máquina bajo carga en este caso se procedió a tamizar 1 m³ de arena de moldeo.

Cabe recalcar que se realizaron dos pruebas de funcionamiento, esto debido al rediseño de los canales o bocas de salida de material y la colocación de ruedas soporte en cada uno de los apoyos de la máquina.

Se debe realizar una variación de posición del segundo canal de salida de material que permita un mejor desalojo del material tamizado para que no se mezcle la parte tamizada con la que contiene impurezas y no ha sido tamizada.

Se debe colocar ruedas para mejorar la movilización de la máquina ya que ésta no va a permanecer en un solo lugar.

4.3 Resultados de pruebas

Para la realización de la primera prueba se utilizó el prototipo mostrado en la Figura 51 el cual fue modificado debido ya que durante el tamizado del material las arenas tanto la cernida y la no cernida se volvían a juntar al formarse los montículos.

Por las vibraciones producidas la máquina no se quedaba estable en un solo lugar y la arena no cernida bajaba de manera muy rápida por lo que era necesario colocar algún tipo de anclaje o ruedas de goma para que no se mueva la máquina y a su vez una placa de retención que permita disminuir el flujo de material.

Figura 51. Prototipo 1



Fuente: Autor

En la segunda prueba ya se realizaron las modificaciones mencionadas anteriormente lo que permitió una mejor salida de material, de esta manera ya no se mezclaron las arenas luego del tamizado, esto permitió que la arena ya cernida sea vertida de manera directa a la caja donde se realizará el moldeo, y a su vez se obtuvo el tamaño de grano adecuado para realizar el moldeo.

Al colocar las ruedas soporte de goma dos con seguro y dos móviles la máquina se mantuvo estable durante la operación permitiendo un mejor tamizado y adherencia entre las bases y la superficie de apoyo.

La placa de retención acoplada permitió controlar y disminuir el flujo de arena no cernida.

Figura 52. Prototipo 2



Fuente: Autor

Ya con el diseño final de la máquina luego de tamizar el volumen de 1 m³ de arena para moldeo de forma manual y vibratoria, se puede visualizar en los siguientes cuadros de comparación los resultados obtenidos.

Aquí se representa la comparación entre el tamizado manual y vibratorio en relación al volumen de arena tamizada.

Tabla 10. Comparación tamizado manual y vibratorio

Tamizado	Arena seca (1 m³)	Arena húmeda (1 m³)
Manual	40 min	100 min
Vibratorio	10 min	15 min

Fuente: Autor

En este cuadro se representa a los procesos de tamizado en relación al número de personas que se utilizadas para la realización del proceso.

Tabla 11. Comparación tamizado manual y vibratorio 1

Tamizado	Número de personas
Manual	8-10
Vibratorio	2-4

Fuente: Autor

Una vez analizado el sistema de tamizado vibratorio se comprobó que la máquina cumplió con todos los parámetros establecidos en el diseño.

Se puede acotar lo siguiente:

- Las R.P.M. y vibraciones generadas por el motovibrador durante el proceso fueron las adecuadas.
- La malla seleccionada fue la adecuada para lograr un tamaño de grano óptimo.
- La velocidad de salida de material es la adecuada.
- El caudal de tamizado supera las expectativas planteadas.
- Se disminuyó el número de personas requeridas para el tamizado, lo que permite que las demás se ocupen en otra actividad en la etapa de fundición.
- Se redujo el tiempo de tamizado, lo que permite acelerar el proceso de moldeo.
- Fácil de transportar por sus ruedas, bajo mantenimiento por su motovibrador cerrado lo que provee una mejor duración del mismo.

4.4 Detección de fallas y depuración

La consecuencia de una falla puede ir desde la pérdida de producción, hasta la degradación y rotura propia de la máquina. Una falla se produce cuando una pieza queda totalmente inservible, o cuando a pesar de que funciona no cumple con su función principal.

Causas de una falla

- Mal diseño.
- Mala selección de material.
- Imperfecciones del material
- Imperfecciones del proceso de su fabricación.
- Errores en el montaje.
- Errores en la inspección final de control.
- Factores ambientales o sobrecargas.

La teoría de fallas se manifiesta en tres etapas las cuales se detallarán a continuación esto permitirá identificar el tipo de falla que se suscita en caso de algún inconveniente en el proceso de funcionamiento de la máquina.

Fallos iniciales. Esta etapa tiene la característica de tener una elevada tasa de fallos que desciende rápidamente con el tiempo. Estos fallos se pueden producir debido a diferentes razones, como son por equipos defectuosos, instalaciones incorrectas, errores de diseño del equipo o desconocimiento del uso adecuado del equipo por parte de los operarios.

Fallos normales. Se caracteriza por tener una tasa menor de errores y constantes, los fallos no se producen debido a causas inherentes al equipo sino por causas aleatorias externas. Estas causas pueden ser accidentes fortuitos, mala operación, condiciones inadecuadas u otros.

Fallos por desgaste. Etapa caracterizada por una masa de errores rápidamente creciente, los fallos se producen por desgaste natural del equipo debido al tiempo transcurrido. Esta es una fase que se ha caracterizado en relación a los modos de fallas de equipos, sistemas y dispositivos.

Dentro de las fallas que pueden presentarse en el proceso de tamizado, o inconvenientes con la máquina se citó las siguientes y sus posibles soluciones.

Tabla 12. Posibles fallas y soluciones

Problema	Causa	Posible solución
No enciende el motovibrador	Al accionamiento no llega tensión de red	Comprobar el cableado si hay roto algún hilo
El vibrador trabaja muy lento	Lubricación excesiva de rodamientos (grasa)	Los vibradores necesitan más de 8 min. Para alcanzar su máxima potencia
	Poca entrada de energía	Revise que no haya demasiados consumidores de energía eléctrica que estén siendo operados al mismo tiempo con la misma acometida.
Presencia de ruidos extraños	Pernos o tuercas sueltas	Verifique que los pernos se encuentren ajustados.

Fuente: Autor

4.5 Elaboración de un manual de operación

Las siguientes recomendaciones pueden servir de guía a los operarios que van a utilizar la máquina por ello se debe tener presente que todo manual técnico, se sea elemental o profundamente detallado y debe reunir los siguientes requisitos básicos:

Debe ser versado. Para cumplir este requisito cabe recordar que no se puede hablar sobre lo que no se conoce y menos aún se puede escribir sobre ello, Se requiere que el autor tenga cierto grado de conocimiento o experiencia sobre el tema a tratar.

Mientras mayores sean los conocimientos que se tienen sobre el tema, más verdadero y completo será el manual. Estos conocimientos pueden conseguirse de diferentes maneras:

- Por experiencias propias adquiridas a través de estudios y prácticas profesionales.
- Informaciones obtenidas a través de otros manuales de fabricantes.
- Estudios de planos, diagramas y esquemas de equipos.
- Estudio de textos especializados y literatura técnica apropiada.
- Estudio comparativo con equipos parecido ya conocidos.

Se empieza por observar cuidadosamente la máquina tomando nota de su forma, dimensiones, y conexiones así mismo localizar la placa de características y tomar todos los datos consignados.

Debe ser claro. Para cumplir con este requisito el manual debe:

- Estar escrito en el idioma del país.
- Emplear un lenguaje simple.
- Ofrecer todas las ilustraciones, esquemas dibujos, que faciliten la explicación.

Existen casos en que el fabricante facilita información acerca del funcionamiento de máquinas pero esta se encuentra en otro idioma precisamente en inglés ya que actualmente es el idioma técnico universal. Para ello se deberá traducir al idioma español tratando de realizarlo de la forma más clara posible.

Debe ser preciso. El manual debe dedicarse exclusivamente al tema tratando de cumplir de forma precisa con:

- Qué parte del equipo trata?
- Cómo funciona o debe funcionar?
- Qué es lo que se debe evitar?
- Qué medidas de seguridad se requiere?
- Cómo se debe operar para obtener los resultados esperados?
- Qué hacer para tener un buen funcionamiento?

Debe ser ordenado. Se deben tratarlas parte según su importancia y relacionarlas de acuerdo a la función que desempeñan. En lo posible tratar de seguir el siguiente orden:

- En qué consiste el equipo.
- Para que sirve.
- Cómo funciona.
- Por qué funciona.
- Como mantenerlo.
- Por qué puede dejar de funcionar.

Es muy importante que antes de operar la máquina se realice la lectura del manual de operación.

Para el correcto uso de la tamizadora se procedió a la elaboración del siguiente manual de operación.

1. Comprobar que el espacio donde será colocada la máquina cuente con la superficie totalmente plana ya que de lo contrario esto afectaría a la operación de la misma.
2. Inspeccionar que se cuente con una conexión de corriente eléctrica de 220V trifásica.
3. Verificar que la máquina se encuentre en posición de apagado.
4. Presionar el botón de encendido y esperar un momento (1 min.) a que se estabilice todo el sistema.

5. La máquina comienza a vibrar automáticamente después de presionar el botón de encendido.
6. Comprobar que todos los elementos funcionen correctamente.
7. Una vez activada colocar la arena de manera uniforme sobre el porta tamiz.
8. Una vez terminado el tamizado apagar y limpiar la máquina.
9. Verificar que la máquina se encuentre conectada a la corriente eléctrica, en este caso que se encuentre encendida la luz piloto amarilla lo que muestra que existe paso de energía.

La finalidad de este manual es aportar información actualizada y objetiva para ayudar al usuario a realizar acciones seguras y eficientes a través de los pasos indicados.

4.6 Elaboración de un manual de mantenimiento

El objetivo principal de un buen mantenimiento a esta máquina es lograr que no presente fallas ni paros y al mismo tiempo trabaje lo más silenciosamente posible.

El mantenimiento está relacionado muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en los trabajadores, ya que este departamento tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo lo cual permite un mejor desenvolvimiento evitando riesgos en el área laboral.

Objetivos del mantenimiento. Su información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos.

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.
- Disminución de los costos de mantenimiento.

El mantenimiento representa una inversión que va a mediano y largo plazo acarreará ganancias no solo para el empresario a quien se le revertirá en mejoras su producción sino

también el ahorro que representa tener a sus trabajadores sanos con índices de accidentes bajos.

El mantenimiento también representa un instrumento importante dentro de la seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos los cuales pueden ser prevenidos.

Dentro de los tipos de mantenimiento podemos citar los siguientes.

Mantenimiento correctivo. Se lleva a cabo para corregir las fallas de un equipo se clasifica en:

- No planificado. Es de emergencia debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por alguna condición la cual haya que satisfacer.
- Planificado. Se sabe con atención lo que se debe hacer, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación se disponga del personal, repuestos y los técnicos para necesarios.

Mantenimiento preventivo. Se basa en la confiabilidad de los equipos sin considerar las peculiaridades de alguna instalación dada. Detectar las fallas antes de que se desarrollen en una rotura o interferencias en la producción. Está basado en inspecciones, medidas y control de nivel de condiciones de equipos, también es conocido como mantenimiento predictivo.

Mantenimiento de oportunidad. Se realiza aprovechando la parada de los equipos por otros motivos y según la oportunidad calculada sobre bases estadísticas, técnicas y económicas, se procede al mantenimiento de algunos componentes predeterminados de aquellos.

Mantenimiento de mejora. Consiste en modificaciones que se pueden hacer a los equipos, si ello constituye una ventaja técnica o económica y si permiten reducir operaciones de mantenimiento.

Para garantizar el buen funcionamiento y vida prolongada de la máquina, se debe seguir un mantenimiento adecuado en este caso será un mantenimiento por operación el cual consiste en:

- Revisar que la parte eléctrica y conexiones se encuentren limpios libres de polvo o partículas raras.
- Se recomienda limpiar el porta tamiz y cambiarlo si se comprueba que la granulometría no es uniforme.
- Comprobar el ajuste de las tuercas, pernos y barra estabilizadora ya que pueden llegar a aflojarse debido a las vibraciones, de ser necesario realizar un apriete.
- Revisar periódicamente los resortes y partes móviles comprobando que trabajen correctamente.
- Si se trabaja con arena húmeda al término de cada operación proceder a secar la máquina para evitar que se oxide.

4.7 Elaboración de medidas importantes de seguridad

El montaje y desmontaje de un equipo de trabajo deberá realizarse de manera segura, siguiendo las instrucciones dadas por el fabricante.

Antes de utilizar la máquina se comprobará que sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas y que su conexión y puesta en marcha no representa peligro para terceros, en caso de anomalía previsible deberá adoptarse las medidas de prevención para garantizar la seguridad de los trabajadores que la utilicen o se encuentren en sus proximidades.

Se deberá tener en consideración la necesidad de los elementos fijos o móviles de su entorno y de que puedan suministrarse o retirarse de manera segura, deben instalarse de forma que no puedan caer, volcar o desplazarse en forma incontrolada.

Cuando sea necesario limpiar o retirar residuos cercanos a un elemento peligroso de la máquina, esta operación deberá realizarse con los medios auxiliares adecuados que garanticen una distancia de seguridad suficiente para la máquina y realizar el proceso.

Comprobar periódicamente el buen funcionamiento de la máquina así como realizar comprobaciones adicionales en los casos de cambios accidentales o falta de uso prolongada.

Sólo se podrá utilizar en operaciones o en condiciones contraindicadas, cuando se realice una evaluación de los riesgos que conllevaría y se tomen las medidas pertinentes para su control o eliminación.

Las operaciones de mantenimiento, ajuste, revisión o reparación que pueden suponer un peligro para la seguridad de los operarios se realizarán tras haber parado o desconectado el equipo, haber comprobado la existencia de energías residuales peligrosas y haber tomado las medidas necesarias para evitar su puesta en marcha.

Cuando la desconexión o parada de la máquina no sea posible se adoptaran las medidas necesarias para que estas operaciones se realicen de forma segura y fuera de zonas de riesgo.

Específicamente se tomó en cuenta las siguientes instrucciones como las más relevantes antes del uso de la máquina.

1. Antes de enchufar la máquina asegurarse de que el voltaje especificados en la placa del motovibrador son los mismos al del taller.
2. Asegúrese de que la máquina está debidamente ensamblada.
3. Desconectar siempre la máquina inmediatamente después de haberla utilizado y antes de realizar la limpieza de la misma.
4. Nunca deje la máquina operando sin supervisión.
5. No utilizar cables en mal estado para las conexiones en caso que la máquina haya sufrido un desperfecto eléctrico.
6. Evitar sobrecargar la máquina.
7. Evite que las conexiones eléctricas entren en contacto con superficies calientes o en presencia de chispas.
8. No quitar las protecciones mecánicas ni eléctricas de la máquina.
9. Instalar la máquina según instrucciones proporcionadas en el manual.

4.8 Costos

Aquí se detallaran los costos totales de la construcción e implementación de la tamizadora para ello se los clasificó en costos directos e indirectos.

4.8.1 Costos directos. Son aquellos que pueden identificarse directamente, los costos directos se derivan de la existencia de aquello cuyo costo se trata de determinar, se tomó en cuenta materiales mano de obra directa y transporte.

Tabla 13. Costos directos

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total
MATERIALES				
Tubo cuadrado 2" acero estructural AISI 1020	6	m	7,053	42,32
Plancha acero e = 2mm	1	m ²	40,25	40,25
Perno barra estabilizadora con goma 5/8x6in	4	u	3,00	12,00
Perfil angular 3/8 in	6	m	1,00	6,00
Motovibrador trifásico OLI 90W 60 Hz 3600rpm	1	unidad	400,00	400,00
Perno con tuerca para motor M10x30	4	unidad	1,10	4,40
Perno cabeza hexagonal 1/4x3/4	24	unidad	0,12	2,88
Tuerca hexagonal 3/4	24	unidad	0,10	2,40
Tornillos con tuercas M6x16	4	unidad	0,15	0,60
Arandela plana SAE 5	8	unidad	0,10	0,80
Tornillo autoroscable ST 3.4	16	unidad	0,10	1,60
Perfil C 60x20x2mm	1	m	4,00	4,00
Malla metálica 492x992mm	1	m ²	5,00	5,00
Muelles de compresión	4	unidad	6,00	24,00
Thiner	4	litro	1,43	5,80
Pintura esmalte	2	litro	4,00	8,00
Cable concéntrico DA 48 #4x18	4	m	1,43	5,72
Cable eléctrico #18	10	m	0,39	3,90
Pulsador ON/OFF Trif. 15A	2	unidad	2,25	4,50
Contactador 18A 220V 50/60Hz	1	unidad	12,00	12,00
Relé térmico 1.25-2 A	1	unidad	8,90	8,90
Luces piloto para tablero 220V	3	unidad	2,00	6,00
Caja térmica metálica	1	unidad	18,84	18,84
Interruptor trifásico 220V 10 ^a	1	unidad	17,31	17,31
Terminales	10	unidad	0,20	2,00
Enchufe 220 V trifásico	1	unidad	3,00	3,00
Ruedas soporte 70Kg	4	unidad	7,00	28,00

Tabla 13. (Continuación)

Total Materiales				\$ 667,34
MANO DE OBRA				
Estructura de soporte	1	Unidad	100,00	100,00
Doblado tool	3	Unidad	50,00	50,00
Ensamble y conexión eléctrica	1	Unidad	150,00	150,00
Total Mano de Obra				\$ 300,00
TRANSPORTE				
Fletes y otros			100,00	100,00
Total Transporte				\$ 100,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS				\$ 1067,34

Fuente: Autor

4.8.2 Costos indirectos. Son aquellos costos cuya identificación con un objeto de costo específico es muy difícil, o no vale la pena realizarla, para imputar los costos indirectos a los distintos productos es necesario recurrir a algún tipo de mecanismo de asignación

Aquí consideramos lo que es el diseño de la máquina, el proceso de supervisión de la misma y los imprevistos presentados.

Tabla 14. Costos indirectos

Detalle	Valor
Ingenieriles (Diseño y Supervisión)	\$ 150,00
Imprevistos	\$ 80,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	\$ 230,00

Fuente: Autor

4.8.3 Costos totales. Los costos totales equivale a la sumatoria de los costos directos y los costos indirectos ya mencionados anteriormente.

Tabla 15. Costos totales.

Costos directos	\$ 1067,34
Costos indirectos	\$ 230,00
TOTAL COSTOS	\$ 1297,34

Fuente: Autor.

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al realizar la comparación entre el tamizado manual y el sistema vibratorio implementado en el taller, se observó que el tiempo de tamizado obtenido por la máquina es relativamente menor al proceso manual lo cual se pudo demostrar.

Con la implementación de la máquina se logró disminuir el esfuerzo humano que se realizaba al tamizar la arena en forma manual.

Se determinó el costo total de construcción e implementación de la tamizadora vibratoria el cual es de 1297,34 dólares, se puede decir que este es un costo muy bajo con respecto al beneficio que esta otorgara a los estudiantes.

Se evidenció que la máquina es de fácil transporte por su construcción y el acople de sus elementos, se puede montar y desmontar fácilmente favoreciendo para la revisión y mantenimiento periódico.

Se seleccionó el proceso de tamizado rotacional activado por un sistema de movimiento por motovibrador y suspensión con resortes como la mejor alternativa de diseño final ya que cumplió con todas las características técnicas evaluadas y necesarias para la construcción de la máquina.

Se obtuvo un tamaño de grano óptimo el cual permite que se produzcan desmoronamientos en el proceso de vaciado de material líquido a los moldes y un acabado de calidad de las piezas.

Se pudo tamizar 9 m³ de arena por hora trabajando la máquina en condiciones normales.

5.2 Recomendaciones

Consultar el manual de operación y mantenimiento antes de operar la máquina ya que una mala utilización puede producir fallos.

Verificar y conectar la máquina a una fuente de energía de 220V trifásica, nunca a fuentes inferiores ya que disminuiría su rendimiento.

Evitar sobrecargar la máquina para garantizar una mayor durabilidad de los elementos que constituyen a la misma.

Limpiar adecuadamente los elementos al final de cada operación.

Fomentar el diseño y construcción de máquinas similares utilizando la metodología del diseño de esta máquina.

BIBLIOGRAFÍA

CAPELLO, Eduardo.1989. *Tecnología de la fundición.* Barcelona-15: Gustavo Gili,S.A., 1989. pág. 38.

HOWARD, E.D. 1962. *Tratado practico de fundición.* Madrid : Aguilar, 1962. pág. 218.

MORENO, José. 2012.*Tamizado.*<http://procesosbio.wikispaces.com/Tamizado>. [En línea] 11 de julio de 2012. [Citado el: 12 de 08 de 2013.]

MOVIDAS,DJ.2012.*Suspensiónneumática.*<http://html.rincondelvago.com/suspensionneumatica.html>. [Enlínea] 2012. [Citado el: 25 de 08 de 2013.]

NÚÑEZ,Eduardo.2008.*Selección detamices.*<http://www.cenunez.com.ar/archivos/55Enrelacina lostamicesnormalizados.pdf>. [En línea] 2008. [Citado el: 15 de 08 de 2013.]

ONDINA, 2012. *Resortes helicoidales.* <http://www.slideshare.net/romeliamp/resorte-o-muelle-helicoidal>. [En línea] 06 de junio de 2012.

PASTOR, Mario. 2014. *Apuntes de Fundición.* Riobamba : Facultad Mecánica, 2014.

PULSADORES,2012.*Tipos de interruptores..*<http://mejoreslinks.masdelaweb.com/pulsadores-de-marcha-y-paro/>. [En línea] 01 de Agosto de 2012. [Citado el: 03 de 09 de 2013.]

VEGA,Lidia.2007.*Diseñopreliminar.*<http://www.monografias.com/trabajos13/diseprod/diseprod.shtml>. [En línea] 10 de 08 de 2007. [Citado el: 20 de 11 de 2013.]

WIKIPEDIA, 2009. *Elementos de un contactor.*<http://es.wikipedia.org/wiki/Contactor>. [En línea] 24 de Junio de 2009. [Citado el: 15 de 09 de 2013.]